

# INŻYNIER BUDOWNICTWA

NUMER 2/2026

PL ISSN 1732-3428

Cena 25,00 (w tym 8% VAT)

**Technologie stosowane  
w zrównoważonej  
geoinżynierii**

**Systemy detekcji gazów**

**METODY WZMACNIANIA  
KONSTRUKCJI ŻELBETOWYCH**

# AthGreen

Wszystko dla zrównoważonego budownictwa

**NOWOŚĆ!**



Aplikacja  
**AthGOZ**



Aplikacja  
**AthCO<sub>2</sub>**



Aplikacja  
**AthDNSH**



Wyższa konkurencyjność



Zgodność z wymaganiami UE



Rozwiązania sprawdzone przez ekspertów



Optymalizacja i porządek w dokumentacji

Twórz odpowiedzialnie.

Buduj w zgodzie ze środowiskiem.



# Zaprojektuj swoją ochronę – razem z Compensą

Jesteś inżynierem  
budownictwa?

Odpowiadasz za wielkie  
projekty, decyzje i ludzi.  
My odpowiadamy za Twoje  
bezpieczeństwo.

Compensa, partner  
ubezpieczeniowy Polskiej Izby  
Inżynierów Budownictwa,  
przygotowała dedykowany  
program ubezpieczeniowy  
dla 120 000 członków PIIB –  
skrojony na miarę potrzeb  
Twojej profesji.




P O L S K A  
I Z B A  
I N Ż Y N I E R Ó W  
B U D O W N I C T W A

**COMPENSA**   
VIENNA INSURANCE GROUP

## Kompleksowa ochrona ubezpieczeniowa dla członków PIIB

### Dlaczego warto?

-  **OC Zawodowe z sumą 100 000 EUR**  
Wyższa ochrona, zgodna z ustawą
-  **Dodatkowe OC dla specjalizacji**  
Architekci, certyfikatorzy energetyczni,  
działalność gospodarcza (500 000 zł)
-  **Bezpłatna Asysta Prawna**  
Profesjonalne porady i wsparcie  
w sprawach zawodowych
-  **Gwarancje ubezpieczeniowe**  
Przetargi, kontrakty, dobre wykonanie  
– decyzja w 3 dni
-  **Ubezpieczenie NNW**  
Od 30 zł/rok – wsparcie finansowe  
po wypadkach
-  **Szeroka oferta dodatkowa**  
Ubezpieczenie samochodu, domu  
lub podróży

**Compensa TU S.A. Vienna Insurance Group**  
Twój partner w odpowiedzialnym budowaniu  
przyszłości

-  [www.inzynier-ubezpieczenia.pl](http://www.inzynier-ubezpieczenia.pl)
-  **Asysta prawna: 22 749 62 23**
-  **Szkody OC: 22 469 69 69**
-  [inzynier@asystaprawnika.pl](mailto:inzynier@asystaprawnika.pl)





Fot. © bruno135\_406 - stock.adobe.com

## 28 Nowoczesne metody wzmocnienia konstrukcji żelbetowych

## 44 Detektory i systemy detekcji gazów – podstawa prawna, charakterystyka i zastosowanie

## 66 Materiały alternatywne i nowoczesne technologie stosowane w zrównoważonej geoinżynierii

### PRAWO

- 12 Publiczna infrastruktura techniczna w praktyce inżyniera budownictwa  
Przemysław Gogojewicz
- 15 Oddanie obiektu budowlanego do użytkowania – cz. II  
Piotr Jarzyński
- 24 Kalendarium  
Aneta Malan-Wijata

### 22 INŻYNIER PYTA – PRAWNIK ODPOWIADA

### 26 NORMALIZACJA I NORMY

### ARTYKUŁY NAUKOWE

- 50 Problematyka pomiarów dynamicznych kominów i masztów wyposażonych w masy tłumiki drgań  
Problems of dynamic measurements of chimneys and masts equipped with mass vibration dampers  
Paweł Podstolak  
Mariusz Kędziński
- 66 Materiały alternatywne i nowoczesne technologie stosowane w zrównoważonej geoinżynierii  
Alternative materials and modern technologies used in sustainable geoengineering  
Małgorzata Jastrzębska  
Anna Olma

### TECHNOLOGIE

- 28 Nowoczesne metody wzmocnienia konstrukcji żelbetowych  
Michał Demby  
Sebastian Wieliczko  
Jakub Zenger
- 43 Systemy detekcji gazów w praktyce  
Artykuł sponsorowany
- 44 Detektory i systemy detekcji gazów – podstawa prawna, charakterystyka i zastosowanie  
Mirosław Nowak
- 49 Kompleksowa termomodernizacja w zabytkowym obiekcie w Olsztynie  
Artykuł sponsorowany
- 73 MEAKERB BRIDGE – odprowadzanie wody z nawierzchni mostowych  
Artykuł sponsorowany
- 79 Iniekcja Krystaliczna® – innowacyjna technologia wspomagająca termomodernizację budynków  
Artykuł sponsorowany
- 80 Błędy w pracach renowacyjnych – cz. I  
Maciej Rokiel  
Cezariusz Magott
- 87 Nowoczesny system elektroenergetyczny jako krwiobieg gospodarki  
Tomasz Piotrowiak

# Lider Bezpieczeństwa Stale, od 37 lat



Dbamy o Twoją  
załogę i obiekt!

## Niezawodne systemy detekcji gazów

**gazex**

PIERWSZY POLSKI PRODUCENT DETEKTORÓW I SYSTEMÓW WYKRYWANIA GAZÓW  
TOKSYCZNYCH, WYBUCHOWYCH, TLENU I FREONÓW, KTÓRY POSIADA WŁASNE  
LABORATORIUM WZORCUJĄCE, AKREDYTOWANE PRZEZ POLSKIE CENTRUM AKREDYTACJI



4P-150



Fot. Renata Dąbrowska

36

## Od wykładu do budowy – jak kształcić inżynierów w XXI w.?

Rozmowa  
z prof. Krzysztofem Wilde,  
rektorem Politechniki Gdańskiej



Fot. © Michał Magiera – stock.adobe.com

### W następnym numerze

---

**KLIMATYZACJA**


---

**BUDOWNICTWO DROGOWE**


---

**ZASILANIE SIECI  
TRAKCYJNYCH**

### BIZNES

- 58 Praktyczne problemy z kosztorysami w zamówieniach publicznych  
Hubert Wysoczański  
Konrad Lach

### MOJE NAJWIĘKSZE WYZWANIE

- 74 Geotechnika w stylu grand  
Maciej Król

### WYWIAD

- 36 Od wykładu do budowy – jak kształcić inżynierów w XXI w.?  
Z prof. Krzysztofem Wilde rozmawia Anna Dębińska
- 64 Inżynier budownictwa pod ochroną Compensy  
Z Jarostawem Poszelęznym rozmawia Anna Dębińska
- 76 Doświadczenie, które buduje przewagę  
Z Markiem Mielnikiem rozmawia Anna Dębińska

### ZDROWY INŻYNIER

- 41 Wybierz Ubezpieczenie Szpitalne LUX MED – Pełna Opieka i zabezpiecz swoje zdrowie  
Artykuł sponsorowany
- 57 Siła, koncentracja, odporność – odkryj sekret skutecznego inżyniera  
Artykuł sponsorowany

### INŻYNIER BEZ GRANIC

- 92 Gas Detection Systems  
Magdalena Marcinkowska
- 94 Die Gaswarnsysteme  
Agnieszka Czech

### LITERATURA FACHOWA

### WYDARZENIA

- 42 BIM Meetup Gdańsk 2025

### NA CZASIE

### W BIULETYNACH IZBOWYCH

### KRZYŻÓWKA

# EXPERIENCE NEW HEIGHTS\*

## HS21 E & E PRO ELEKTRYCZNY TERENOWY PODNOŚNIK NOŻYCOWY

- ⌚ Wysokość robocza: **21,2 m**
- ⌚ Udźwig: 4 osoby **750 kg**
- ⌚ **Układ** czterech kół skrętnych
- ⌚ **Możliwość** jazdy na pełnej wysokości
- ⌚ Baterie litowo-jonowe **72V**

REKLAMA

\*Doświadcz nowych wyczyn



## W tym wydaniu...

**K**oncentrujemy się na zagadnieniach, które jasno pokazują, jak wielowymiarowa stała się dziś praktyka inżynierska i jak silnie przenikają się w niej prawo, technologia, nauka i biznes.

W lutowym wydaniu miesięcznika poruszamy temat publicznej infrastruktury technicznej, przybliżając jej znaczenie w praktyce inżyniera budownictwa, w tym uwarunkowania prawne związane z realizacją sieci telekomunikacyjnych w przestrzeni publicznej. W dziale „Inżynier pyta – prawnik odpowiada” podejmujemy aktualne i często pojawiające się w praktyce pytania dotyczące kar umownych, odpowiedzialności wykonawcy za roboty realizowane na podstawie wadliwej dokumentacji projektowej oraz konsekwencji nieprawdziwych wpisów w dzienniku budowy.

Zamieszczamy artykuły opisujące nowoczesne technologie wzmacniania konstrukcji żelbetowych, które znajdują zastosowanie zarówno w obiektach istniejących, jak i modernizowanych, a także systemy detekcji gazów – ich podstawy prawne, zasady doboru i obszary zastosowań w różnych gałęziach gospodarki.

W numerze znalazł się również wywiad z prof. Krzysztofem Wilde, rektorem Politechniki Gdańskiej, poświęcony wyzwaniom kształcenia inżynierów oraz kompetencjom niezbędnym w nowoczesnym budownictwie.

Całość uzupełniają artykuły naukowe dotyczące problematyki pomiarów dynamicznych konstrukcji wysokich oraz rozwoju materiałów i technologii w zrównoważonej geoinżynierii.

Życzę przyjemnej i inspirującej lektury.

**Anna Dębińska**  
redaktor naczelna  
a.debinska@wpiib.pl

**wpiib**

W Y D A W N I C T W O  
POLSKIEJ IZBY INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

### WYDAWCA

Wydawnictwo Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa Sp. z o.o.  
00-793 Warszawa, ul. Kujawska 1  
tel. 22 255 33 40, biuro@wpiib.pl  
Dyrektor zarządzający: Andrzej Kocięcki

### STRONY INTERNETOWE

[wpiib.pl](http://wpiib.pl)

[inzynierbudownictwa.pl](http://inzynierbudownictwa.pl)

[izbudujemy.pl](http://izbudujemy.pl)

[KREATORBUDOWNICTWAROKU.PL](http://kreatorbudownictwaroku.pl)

### REDAKCJA

Główny redaktor: Adam Krzykowski – a.krzykowski@wpiib.pl  
Redaktor naczelna: Anna Dębińska – a.debinska@wpiib.pl  
Redaktor prowadząca: Anna Wojewódzka – a.wojewodzka@wpiib.pl  
Redaktorzy: Magdalena Bednarczyk – m.bednarczyk@wpiib.pl,  
Kacper Kordalski – k.kordalski@wpiib.pl,  
Dorota Kornacka – d.kornacka@wpiib.pl  
Redaktor prowadząca [www.inzynierbudownictwa.pl](http://www.inzynierbudownictwa.pl):  
Agnieszka Karpińska – a.karpinska@wpiib.pl  
Projekt graficzny: freeline Studio Beata Walczak  
Skład i łamanie: Jolanta Bigus-Kończak

### BIURO REKLAMY

Kierownik ds. sprzedaży i marketingu: Beata Gozdur  
– tel. 882 512 794, b.gozdur@wpiib.pl

### DRUK

ArtDruk Zakład Poligraficzny, ul. Napoleona 2, 05-230 Kobyłka

### RADA NAUKOWA

Przewodniczący:

dr hab. inż. Jacek Szer – prof. Politechniki Łódzkiej

Sekretarz Rady Naukowej: dr inż. Jacek Zabielski

– Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Członkowie Rady Naukowej:

prof. dr hab. inż. Andrzej Garbacz – Politechnika Warszawska

prof. dr hab. inż. Jerzy Hoła – Politechnika Wrocławska

prof. dr hab. inż. Andrzej Szarata – Politechnika Krakowska

prof. dr hab. inż. Grzegorz Sławomir Świt – Politechnika Świętokrzyska

prof. dr hab. inż. Adam Wysokowski – Uniwersytet Zielonogórski

dr hab. inż. Dariusz Bajno – prof. Politechniki Wrocławskiej

dr hab. inż. Jacek Korentz – prof. Uniwersytetu Zielonogórskiego

dr hab. inż. Filip Pachla – prof. Politechniki Krakowskiej

dr inż. Robert Geryło – dyrektor Instytutu Techniki Budowlanej

w Warszawie

### RADA PROGRAMOWA

Przewodniczący: Piotr Zwoździak

Członkowie Rady Programowej:

Anna Malinowska

Jarosław Kukliński

Tomasz Radziewski



Nakład druk: 5400 egz. Sprzedaż promocyjna e-wydania: 117 148 egz.

Publikowane w *Inżynierze Budownictwa* artykuły prezentują stanowiska, opinie i poglądy ich Autorów. Redakcja zastrzega sobie prawo do adiacji tekstów i zmiany tytułów. Przedruki i wykorzystanie opublikowanych materiałów może odbywać się za zgodą redakcji. Materiałów niezamówionych redakcja nie zwraca. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść zamieszczanych reklam.

**Następny numer ukaże się 6.03.2026 roku.**



We are part of:



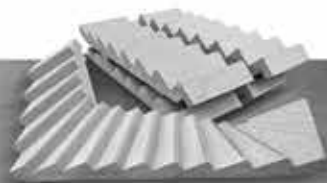
# SPECJALIŚCI OD PREFABRYKACJI



**BALKONY**  
PREFABRYKOWANE



**KLATKI**  
SCHODOWE



**ŚCIANY**  
PREFABRYKOWANE



**ELEMENTY**  
KONSTRUKCJI



📍 ul. Fabryczna 1, 73-120 Chociwel

☎ +48 91 57 88 250

✉ biuro@scanbet.com.pl

☎ +48 91 57 88 251

[www.scanbet.com.pl](http://www.scanbet.com.pl)



P O L S K A  
I Z B A  
I N Ż Y N I E R Ó W  
B U D O W N I C T W A

# TO MY BUDUJEMY TWÓJ ŚWIAT

[www.piib.org.pl](http://www.piib.org.pl)



Obserwuj nas



Subskrybuj



## Jakość zabudowy to nie luksus, to standard

**D**yskusja wokół tzw. mikrokawalerek, którą w ostatnich dniach ponownie uruchomiły zapowiedzi zmian legislacyjnych, nie jest jedynie sporem o metry kwadratowe. To rozmowa o tym, jakiego budownictwa chcemy w Polsce – dziś i w perspektywie kolejnych dekad. Proponowane regulacje należy odczytywać nie jako próbę administracyjnego ograniczania rynku, lecz jako sygnał, że państwo dostrzega granice kompromisów pomiędzy opłacalnością inwestycji a jakością przestrzeni, w której żyjemy.

Z punktu widzenia inżynierów budownictwa porządkowanie zasad dotyczących lokali mieszkalnych jest krokiem w dobrym kierunku. Budynek nie jest produktem finansowym, lecz trwałą ingerencją w przestrzeń społeczną. Mieszkanie nie może być wyłącznie „jednostką inwestycyjną” – musi spełniać podstawowe wymagania funkcjonalne, zdrowotne oraz techniczne. Minimalne standardy nie są barierą dla rozwoju, ale fundamentem odpowiedzialnego projektowania i realizacji inwestycji.

W tym kontekście działania zmierzające do wyeliminowania obchodzenia przepisów – poprzez formalne kwalifikowanie lokali użytkowych jako mieszkań lub tworzenie przestrzeni niespełniających elementarnych wymagań – należy ocenić pozytywnie. Dobrze zaprojektowane prawo powinno wspierać jakość, a nie premiować kreatywność interpretacyjną. To właśnie stabilne i jasne ramy regulacyjne sprzyjają długofalowym decyzjom inwestycyjnym oraz rozwojowi nowoczesnego, odpowiedzialnego budownictwa.



Fot. Tomasz Wróblewski

Rola inżynierów w tym procesie jest kluczowa. Naszym zadaniem jest budowanie dobrych domów, mieszkań i budynków – bezpiecznych, trwałych oraz odpowiadających realnym potrzebom użytkowników. Jako środowisko zawodowe nie przeciwstawiamy się rozwojowi rynku, lecz konsekwentnie podkreślamy, że rozwój ten musi opierać się na wzroście jakości, a nie na jej minimalizowaniu. Inżynierowie są strażnikami standardów technicznych, ale również rzecznikami rozsądku w debacie o przestrzeni.

**Dobrze zaprojektowane prawo powinno wspierać jakość, a nie premiować kreatywność interpretacyjną.**

Polska Izba Inżynierów Budownictwa cały czas wspiera rozwiązania, które wzmacniają jakość polskiego budownictwa i sprzyjają odpowiedzialnemu kształtowaniu przestrzeni. Dobre prawo oraz dobra inżynieria mają wspólny cel: stworzyć środowisko zbudowane służące ludziom nie tylko dziś, ale i w przyszłości.

**Mariusz Dobrzeński**  
prezes Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa



# Publiczna infrastruktura techniczna w praktyce inżyniera budownictwa

Każdy inżynier budownictwa powinien wiedzieć, czym jest publiczna infrastruktura techniczna. W ujęciu prawnym jest to infrastruktura zlokalizowana w przestrzeni publicznej, stanowiąca własność lub znajdująca się w zarządzie jednostek samorządu terytorialnego (lub ich jednostek organizacyjnych) albo państwowych osób prawnych. Sieci telekomunikacyjne wchodzące w skład tej infrastruktury są często realizowane przez branżę elektryczną na zlecenie podmiotów publicznych.

**P**ubliczna infrastruktura techniczna obejmuje również infrastrukturę innych państwowych jednostek organizacyjnych i podmiotów wykonujących zadania użyteczności publicznej (nawet przy jedynie częściowym udziale Skarbu Państwa). Kluczowa jest tu przydatność danej infrastruktury do montażu punktów dostępu bezprzewodowego o bliskim zasięgu lub urządzeń niezbędnych do połączenia ich z siecią telekomunikacyjną.

## PUBLICZNA INFRASTRUKTURA W PRAKTYCE

Do publicznej infrastruktury technicznej zalicza się zwłaszcza:

- latarnie oświetleniowe;
- tablice i urządzenia reklamowe;



### Przemysław Gogojewicz

Kancelaria Usług Prawnych  
Gogojewicz & Współpracownicy  
Radcy Prawni i Doradcy  
Podatkowi

- konstrukcje wsporcze znaków drogowych, sygnalizatorów świetlnych i urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego;
- przystanki (kolejowe, autobusowe, tramwajowe), stacje kolejowe i stacje metra.

## SIECI RLAN W PODMIOTACH PUBLICZNYCH

Organy publiczne lub dostawcy usług publicznych mogą wykorzystywać lokalne sieci radiowe (RLAN) w swoich obiektach na potrzeby personelu i klientów,

np. aby ułatwić dostęp do usług e-administracji, informacji o transporcie publicznym lub zarządzaniu ruchem. Podmioty te mogą udostępniać swoje punkty dostępowe obywatelom jako usługę dodatkową, o ile jest to zgodne z przepisami o ochronie konkurencji i zamówieniach publicznych.

Dostawcy lokalnych punktów dostępu do sieci działający w obrębie prywatnych posesji lub ograniczonych przestrzeni publicznych na zasadach niekomercyjnych (jako dodatek do innej działalności – np. hotspoty RLAN udostępniane klientom punktów handlowych lub wszystkim osobom na danym obszarze) mogą podlegać obowiązkowi

posiadania ogólnych zezwoleń na wykorzystanie widma radiowego. Nie powinni oni jednak być obciążani wymogami stosowanymi wobec dużych dostawców publicznych sieci telekomunikacyjnych ani obowiązkami dotyczącymi użytkowników końcowych lub też wzajemnych połączeń. Stosuje się natomiast wobec nich zasady odpowiedzialności, które zostały określone w prawie unijnym (dyrektywa 2000/31/WE [1]).

### NOWE TECHNOLOGIE: LIFI

Uzupełnieniem dla tradycyjnych sieci radiowych stają się nowe technologie, takie jak LiFi. Rozwiązania te umożliwiają tworzenie optycznych punktów dostępu wykorzystujących światło widzialne, co przyczynia się do rozwoju lokalnych sieci bezprzewodowej łączności optycznej.

### PUNKTY DOSTĘPU O BLISKIM ZASIĘGU I NISKIEJ MOCY

Punkty dostępu bezprzewodowego o bliskim zasięgu i niskiej mocy, takie jak femtokomórki, pikokomórki, metrokomórki lub mikrokomórki, to urządzenia o niewielkich gabarytach. Działają one na podobnej zasadzie jak domowe routery RLAN i nie powodują zakłóceń. Z uwagi na ich pozytywny wpływ na wykorzystanie widma radiowego oraz rozwój łączności bezprzewodowej, zgodnie z dyrektywą (UE) 2018/1972 [2], wszelkie ograniczenia dotyczące ich stosowania powinny zostać zminimalizowane.

Aby ułatwić realizację inwestycji, organy administracyjne nie powinny wymagać indywidualnych zezwoleń na montaż tego typu urządzeń na budynkach. Zasada ta dotyczy budynków, które nie są objęte ochroną urzędową. W przypadku obiektów o szczególnych wartościach architektonicznych, historycznych lub przyrodniczych wymóg uzyskania zezwolenia może zostać utrzymany.

Z myślą o zapewnieniu bezpieczeństwa, a także wysokiego poziomu ochrony zdrowia publicznego (zgodnie z zaleceniem 1999/519/EC [3]) na obszarze Unii Europejskiej ściśle

określono właściwości fizyczne tych urządzeń, zwłaszcza:

- maksymalny rozmiar,
- wagę,
- parametry emisji.

### UWAGA!

**W odniesieniu do eksploatacji punktów dostępu bezprzewodowego o bliskim zasięgu powinno się stosować art. 7 dyrektywy 2014/53/EU [4]. Należy pamiętać, że instalacja i eksploatacja tych urządzeń nie mogą naruszać praw własności prywatnej (wynikających z prawa unijnego lub krajowego).**

Procedury rozpatrywania wniosków o zezwolenia (tam, gdzie są one wymagane) powinny być dostosowane do przepisów prawa i pozostawać bez uszczerbku dla umów handlowych. Opłaty administracyjne należy ograniczyć do kosztów związanych z przetwarzaniem wniosków, a proces ich oceny powinien być możliwie krótki – co do zasady nie dłuższy niż 4 miesiące.

do miejsc publicznych w celu zaspokojenia popytu na usługi.

### ŁĄCZA TELEKOMUNIKACYJNE W BUDYNKACH ORAZ PRAWO DROGI

Dyrektywa 2014/61/UE [5] odnosi się do infrastruktury technicznej w sposób funkcjonalny. Nakłada obowiązek jej udostępnienia tylko wtedy, gdy jest to niezbędne, a sama infrastruktura stanowi własność operatorów sieci lub jest przez nich wykorzystywana. Co istotne, formułowanie obowiązku udostępniania nie jest konieczne w przypadku elementów takich jak kanały czy słupy używane na potrzeby **inteligentnych systemów transportowych (ITS)**, o ile ich właścicielem jest operator sieci (dostawca usługi transportowej lub publicznej sieci łączności).

W praktyce inżynierskiej często pojawia się konflikt między koniecznością zapewnienia łączności a prawem własności. Kwestie te reguluje Ustawa z dnia 7 maja 2010 r. o wspieraniu rozwoju usług i sieci telekomunikacyjnych [6].

## W praktyce inżynierskiej często pojawia się konflikt między koniecznością zapewnienia łączności a prawem własności.

### PRAKTYKA ZASTOSOWANIA – DOSTĘP DO INFRASTRUKTURY PUBLICZNEJ

Inżynier budownictwa powinien mieć świadomość, że użytkownicy odwiedzający budynki publiczne oczekują stałego dostępu do łączności (np. w celu korzystania z e-administracji albo e-transportu). Takie elementy infrastruktury publicznej jak latarnie uliczne oraz sygnalizatory świetlne także stanowią dogodne miejsca do montażu nadajników o małej mocy.

Zgodnie z wymogami prawa organy administracyjne powinny udostępniać elementy tej infrastruktury na potrzeby rozmieszczenia nadajników. Działania te mają na celu uzupełnienie postanowień dyrektywy 2014/61/UE [5] z zastrzeżeniem, że operatorzy muszą mieć prawo dostępu

Właściciel, użytkownik wieczysty lub zarządca nieruchomości publicznej (niebędący przedsiębiorcą telekomunikacyjnym) mają obowiązek zapewnić operatorowi (czyli przedsiębiorcy telekomunikacyjnemu) dostęp do nieruchomości, w tym do budynku oraz punktu styku. Dostęp ten polega zwłaszcza na umożliwieniu:

- doprowadzenia szybkiej sieci telekomunikacyjnej do punktu styku;
- wykonania sieci dalej niż do punktu styku (jeśli w budynku brak odpowiedniej sieci lub jest ona niedostępna);
- korzystania z punktu styku;
- utrzymania, eksploatacji i przebudowy szybkiej sieci telekomunikacyjnej wraz z powiązаныmi zasobami będącymi własnością przedsiębiorcy telekomunikacyjnego;



• wejścia na teren nieruchomości w zakresie niezbędnym do wykonania wymienionych prac.

Obowiązek ten istnieje niezależnie od tego, czy budynek został ukończony i czy rozpoczęto jego użytkowanie.

Uznaje się, że istniejąca sieć nie jest dostępna lub nie odpowiada zapotrzebowaniu przedsiębiorcy telekomunikacyjnego (co otwiera drogę nowemu operatorowi) gdy właściciel istniejącej infrastruktury:

- nie podejmuje negocjacji w sprawie dostępu do niej,
- odmawia dostępu,
- oferuje warunki dyskryminujące lub uniemożliwiające świadczenie konkurencyjnych usług (cenowo i jakościowo).

Dotyczy to również sytuacji, gdy nowy operator świadczy usługi w innej technologii niż ta istniejąca w budynku.

Przedsiębiorca telekomunikacyjny ma obowiązek korzystać z dostępu w sposób jak najmniej uciążliwy, z uwzględnieniem przeznaczenia, stanu technicznego oraz estetyki budynku. Po zakończeniu prac musi niezwłocznie przywrócić nieruchomość do poprzedniego stanu.

Jeśli przedsiębiorca telekomunikacyjny uzyskał dostęp na drodze decyzji Prezesa Urzędu Komunikacji Elektro-

nicznej, a przywrócenie stanu pierwotnego jest niemożliwe, zbyt trudne lub kosztowne, stosuje się przepisy o odszkodowaniach zawarte w Ustawie z dnia 21 sierpnia 1997 r. o gospodarce nieruchomościami (art. 128 ust. 4 i art. 129 ust. 5) [7].

Operator może zwrócić się do właściciela lub zarządcy budynku o informację na temat:

- danych kontaktowych właścicieli infrastruktury telekomunikacyjnej znajdującej się w budynku;
- podmiotów korzystających z punktu styku, w tym innych przedsiębiorców telekomunikacyjnych;
- numeru księgi wieczyste;
- osób uprawnionych do zawarcia umowy.

Adresat wniosku ma 14 dni na odpowiedź (podanie danych lub poinformowanie o ich braku).

Właściciel wewnętrznej infrastruktury technicznej, z wyłączeniem użytkownika rządowego, musi zapewnić przedsiębiorcy telekomunikacyjnemu dostęp do tej infrastruktury na potrzeby umieszczenia w niej lub na niej elementów szybkiej sieci telekomunikacyjnej wraz z powiązаныmi zasobami, jeżeli powielenie takiej infrastruktury byłoby

ekonomicznie nieefektywne lub technicznie niewykonalne. Jeżeli wewnątrzbudynkowa infrastruktura techniczna stanowi część składowe nieruchomości, obowiązek zapewnienia dostępu ciąży na właścicielu, użytkowniku wieczystym lub zarządcy nieruchomości.

Dostęp do wewnętrznej infrastruktury technicznej jest co do zasady **nieodpłatny**. Wyjątek stanowi sytuacja, gdy infrastruktura jest własnością podmiotu, którego głównym przedmiotem działalności jest działalność telekomunikacyjna – wówczas dostęp jest odpłatny.

Poza tym przedsiębiorca ponosi koszty związane z:

- pracami instalacyjnymi i przywróceniem stanu pierwotnego,
- utrzymaniem swojej części sieci. ■

#### Literatura

- [1] Dyrektywa 2000/31/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 8 czerwca 2000 r. w sprawie niektórych aspektów prawnych usług społeczeństwa informacyjnego, w szczególności handlu elektronicznego w ramach rynku wewnętrznego (dyrektywa o handlu elektronicznym) (Dz.U. L 178 z 17.7.2000, s. 1-16).
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1972 z dnia 11 grudnia 2018 r. ustanawiająca Europejski kodeks łączności elektronicznej (wersja przekształcona) (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz.U. L 321 z 17.12.2018, s. 36-214).
- [3] „Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz), 1999/519/EC” w: *Official Journal of the European Communities*, L199/59, 1999.
- [4] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/53/UE z dnia 16 kwietnia 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich dotyczących udostępniania na rynku urządzeń radiowych i uchylająca dyrektywę 1999/5/WE (Dz.Ur. UE z 22.05.2014 r., L 153/62).
- [5] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/61/UE z dnia 15 maja 2014 r. w sprawie środków mających na celu zmniejszenie kosztów realizacji szybkich sieci łączności elektronicznej (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz.U.UE.L.2014.155.1).
- [6] Ustawa z dnia 7 maja 2010 r. o wspieraniu rozwoju usług i sieci telekomunikacyjnych (t.j. Dz.U. z 2025 r. poz. 311 ze zm.).
- [7] Ustawa z dnia 21 sierpnia 1997 r. o gospodarce nieruchomościami (t.j. Dz.U. 2024 poz. 1145 ze zm.).



# Oddanie obiektu budowlanego do użytkowania – cz. II

W procedurze zawiadomienia o zakończeniu budowy organ nadzoru budowlanego może zgłosić sprzeciw w drodze decyzji. Natomiast rozpatrzenie wniosku o wydanie decyzji o pozwoleniu na użytkowanie może zakończyć się zarówno decyzją pozytywną, jak i odmowną.

**W** postępowaniu zainicjowanym sprzeciwem organu nadzoru budowlanego wobec zawiadomienia inwestora o zakończeniu budowy zastosowanie przepisów Ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. Kodeks postępowania administracyjnego [1] (dalej: k.p.a.) ma charakter ograniczony, ponieważ do dnia wydania decyzji o sprzeciwie nie toczy się postępowanie administracyjne w zakresie uregulowanym przepisami k.p.a. Wniesienie sprzeciwu nie jest poprzedzone postępowaniem jurysdykcyjnym, albowiem organ opiera się tylko na dokumentach dostarczonych przez stronę wraz ze zgłoszeniem. Nie przeprowadza zatem żadnych czynności dowodowych poza ewentualnym nałożeniem obowiązku uzupełnienia brakujących dokumentów. Przepisy k.p.a.



**Piotr Jarzyński**  
prawnik, współnik  
w Kancelarii Prawnej  
Jarzyński & Wspólnicy;  
wiceprzewodniczący  
Komitetu ds. Nieruchomości  
Krajowej Izby Gospodarczej

mają zastosowanie dopiero od momentu wydania decyzji o sprzeciwie. Organ wydaje ją w postępowaniu administracyjnym wszczętym z urzędu, gdy ustali zaistnienie ustawowych przesłanek do wniesienia sprzeciwu [2].

## SPRZECIW OD ZAWIADOMIENIA O ZAKOŃCZENIU BUDOWY

Prawo budowlane nie określa przesłanek uzasadniających zgłoszenie sprzeciwu przez organ nadzoru budowlanego.

W nauce prawa i orzecznictwie podaje się przykładowe powody wniesienia sprzeciwu, takie jak:

- istotne odstępienie przez inwestora od projektu budowlanego lub innych warunków pozwolenia na budowę,
- brak uzupełnienia zawiadomienia o zakończeniu budowy mimo wezwania organu nadzoru budowlanego,
- brak wykonania wszystkich robót budowlanych [3].

Po upływie 14-dniowego terminu od dnia doręczenia zawiadomienia o zakończeniu budowy organ nadzoru budowlanego traci prawo do wniesienia sprzeciwu. Wezwanie inwestora do uzupełnienia dokumentacji przerywa bieg tego terminu. Rozpoczyna on ponownie bieg w dniu, w którym inwestor uczynił zadość wezwaniu, albo w dniu, do którego organ

zgodnie z treścią wezwania mógł tego oczekiwać [4]. Brak sprzeciwu organu nadzoru budowlanego w ustawowym terminie oznacza możliwość rozpoczęcia użytkowania obiektu budowlanego.

Istotne odstąpienie przez inwestora od ustaleń i warunków określonych w decyzji o pozwoleniu na budowę, projekcie zagospodarowania działki lub terenu, projekcie architektoniczno-budowlanym lub w przepisach powoduje wszczęcie postępowania naprawczego w trybie art. 50 i następnym Ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane [5] (dalej: p.b.).

Od decyzji o wniesieniu sprzeciwu przysługuje prawo do złożenia odwołania do organu wyższego stopnia (w przypadku powiatowego inspektora nadzoru budowlanego – do wojewódzkiego inspektora nadzoru budowlanego, a gdy decyzję wydał wojewódzki inspektor nadzoru budowlanego – do Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego) w terminie 14 dni od jej doręczenia. Odwołanie wnosi się za pośrednictwem organu, który wydał decyzję (art. 127 § 1 i 2 w zw. z art. 129 § 1 i 2 k.p.a. w zw. z art. 83 ust. 1–3, art. 82 ust. 3 i 4 oraz art. 88a ust. 1 pkt 1 p.b.).

Organ odwoławczy nie może na podstawie art. 138 § 1 pkt 2 k.p.a. uchylić zaskarżonej decyzji i orzec co do istoty sprawy po upływie terminu na wniesienie sprzeciwu. Jest to jeden z przypadków, gdy organ odwoławczy jest ograniczony w możliwościach podejmowania rozstrzygnięć przewidzianych w art. 138 k.p.a. Po upływie terminu na wniesienie sprzeciwu organ odwoławczy może jedynie utrzymać zaskarżoną decyzję w mocy (art. 138 § 1 pkt 1 k.p.a.) albo uchylić decyzję organu pierwszej instancji i umorzyć postępowanie pierwszej instancji (art. 138 § 1 pkt 2 k.p.a. w zw. z art. 105 § 1 k.p.a.) [6]. W tym drugim przypadku skutek będzie taki, jakby nigdy nie wydano decyzji o wniesieniu sprzeciwu od zawiadomienia o zakończeniu budowy, i inwestor

będzie mógł legalnie rozpocząć użytkowanie obiektu.

Po wyczerpaniu środków zaskarżenia w postępowaniu administracyjnym można złożyć skargę do sądu administracyjnego (art. 50 i n. Ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. Prawo o postępowaniu przed sądami administracyjnymi [7], dalej: p.p.s.a.).

### **WNIOSEK O POZWOLENIE NA UŻYTKOWANIE**

Inwestor zamiast dokonania zawiadomienia o zakończeniu budowy może wystąpić z wnioskiem o wydanie decyzji o pozwoleniu na użytkowanie (art. 55 ust. 2 p.b.). Uprawnienie to nie wiąże się ze spełnieniem żadnych warunków i zależy od uznania inwestora, choć należy pokreślić, że nie jest możliwa „odwrotna” sytuacja – złożenie zawiadomienia o zakończeniu budowy w przypadku obowiązku uzyskania decyzji o pozwoleniu na użytkowanie.

Na podstawie art. 55 ust. 1 p.b. decyzja o pozwoleniu na użytkowanie jest potrzebna w następujących przypadkach:

- budowa obiektu budowlanego, dla którego jest wymagane pozwolenie na budowę i który jest zaliczony do wybranych kategorii obiektów budowlanych wymienionych w art. 55 ust. 1 pkt 1 p.b. oraz określonych w załączniku do Prawa budowlanego (z wyjątkami);

czyli o pozwoleniu na użytkowanie, jak i tych, co do których wystarczy złożyć zawiadomienie o zakończeniu budowy. W tej sytuacji możliwe jest uzyskanie przez inwestora dwóch decyzji o pozwoleniu na użytkowanie: pierwszej przed wykonaniem wszystkich robót budowlanych, a drugiej po ich wykonaniu (przy realizacji obiektu, który wymaga uzyskania decyzji o pozwoleniu na użytkowanie) [8].

Celem omawianej procedury jest weryfikacja, czy zrealizowany obiekt budowlany jest zgodny z zaprojektowanym obiektem, na który organ wydał decyzję o pozwoleniu na budowę, a więc z tym, co zakładano na wstępnym etapie inwestycji [9]. Procedura uzyskania decyzji o pozwoleniu na użytkowanie przebiega podobnie jak zawiadomienia o zakończeniu budowy (zob. cz. I artykułu<sup>1</sup>), z odrębnościami wskazanymi poniżej.

Zgodnie z nowym brzmieniem art. 56 ust. 1 p.b. inwestor jest obowiązany zawiadomić, zgodnie z właściwością wynikającą z przepisów szczególnych, organy:

- 1) Państwowej Inspekcji Sanitarnej, jeżeli projekt zagospodarowania działki lub terenu, projekt architektoniczno-budowlany lub projekt techniczny wymagały uzgodnienia pod względem wymagań higienicznych i zdrowotnych:

## **Brak sprzeciwu organu nadzoru budowlanego w ustawowym terminie oznacza możliwość rozpoczęcia użytkowania obiektu.**

- zachodzą okoliczności związane z wydaniem decyzji w postępowaniu legalizacyjnym albo naprawczym (o których mowa w art. 49 ust. 5 p.b. albo art. 51 ust. 4 p.b.);
- przystąpienie do użytkowania obiektu budowlanego ma nastąpić przed wykonaniem wszystkich robót budowlanych.

Ostatni z wymienionych przypadków dotyczy zarówno obiektów budowlanych, dla których wymaga się uzyskania de-

- 2) Państwowej Straży Pożarnej, jeżeli projekt zagospodarowania działki lub terenu, projekt architektoniczno-budowlany lub projekt techniczny wymagały uzgodnienia pod względem ochrony przeciwpożarowej – o zakończeniu budowy obiektu budowlanego i zamiarze przystąpienia do jego użytkowania.

Rodzaje obiektów wymagających wymienionego uzgodnienia pod względem

<sup>1</sup> Jarzyński P., „Oddanie obiektu budowlanego do użytkowania – cz. I”, *Inżynier Budownictwa*, nr 11/2025.



ochrony przeciwpożarowej określają:

- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 5 sierpnia 2023 r. w sprawie uzgadniania projektu zagospodarowania działki lub terenu, projektu architektoniczno-budowlanego, projektu technicznego oraz projektu urządzenia przeciwpożarowego pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej [10],
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [11].

Organy Państwowej Inspekcji Sanitarnej oraz Państwowej Straży Pożarnej w odpowiedzi na zawiadomienie zajmują stanowisko w sprawie zgodności wykonania obiektu budowlanego z projektem budowlanym, a gdy nie uczynią tego w terminie 14 dni od dnia otrzymania zawiadomienia, traktuje się to jako niezgłoszenie sprzeciwu lub uwag (art. 56 ust. 1 i 2 p.b.). Zajęcie stanowiska nie jest obowiązkiem organów, a więc nie wprowadza trybu dotyczącego zajęcia stanowiska uregulowanego w art. 106 § 1 k.p.a., zgodnie z którym w sytuacji, gdy przepis prawa uzależnia wydanie decyzji od zajęcia stanowiska przez inny organ (wyrażenia opinii lub zgody albo wyrażenia stanowiska w innej formie), decyzję wydaje się dopiero po zajęciu stanowiska przez organ [12].

Załącznikiem do zawiadomienia o zakończeniu budowy lub wniosku o pozwolenie na użytkowanie jest oświadczenie o braku sprzeciwu lub uwag ze strony Państwowej Inspekcji Sanitarnej i Państwowej Straży Pożarnej (nowe brzmienie art. 57 ust. 3 w zw. z art. 56 ust. 1 p.b.).

Wniosek o udzielenie pozwolenia na użytkowanie należy złożyć do powiatowego inspektora nadzoru budowlanego właściwego do rozpoznania sprawy (art. 83 ust. 1 p.b.). Wyjątkowo organem właściwym do rozpoznania wniosku o udzielenie pozwolenia na użytkowanie będzie wojewódzki inspektor nadzoru budowlanego, jeżeli wojewoda wydał decyzję o pozwoleniu na budowę (art. 83 ust. 3 p.b. w zw. z art. 82 ust. 3 i 4 p.b.).

dowy oraz wniosku o pozwolenie na użytkowanie [13]. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego udostępnia formularze w formie dokumentów elektronicznych na portalu e-Budownictwo pod adresem <https://e-budownictwo.gunb.gov.pl/>.

Jeżeli jest kilku inwestorów, wystarczy, że jeden z nich złoży wniosek o udzielenie pozwolenia na użytkowanie [14]. W przypadku śmierci inwestora uprawnionymi do złożenia wniosku o udzielenie pozwolenia na użytkowanie będą jego spadkobiercy, którzy w drodze dziedziczenia nabyli uprawnienie do dysponowania nieruchomością na cele budowlane [15].

Stroną (oraz uprawnionym do złożenia wniosku) w sprawie udzielenia pozwolenia na użytkowanie jest wyłącznie inwestor

## Jeżeli jest kilku inwestorów, wystarczy, że jeden z nich złoży wniosek o udzielenie pozwolenia na użytkowanie.

Wzory formularzy wniosków o pozwolenie na użytkowanie (PB-17) i o pozwolenie na użytkowanie przed wykonaniem wszystkich robót budowlanych (PB-17a) określa Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 31 marca 2022 r. w sprawie określenia wzoru formularza zawiadomienia o zakończeniu bu-

(nowe brzmienie art. 59 ust. 7 p.b.). W orzecznictwie wskazuje się, że zawężenie udziału stron w tym postępowaniu tylko do osoby inwestora dotyczy wyłącznie spraw, w których nie jest kwestionowana decyzja o pozwoleniu na budowę. W innym wypadku bowiem dozwolone będzie badanie, czy przymiotu strony



w postępowaniu nie będą miały również osoby posiadające interes prawny wynikający np. z przepisów Prawa budowlanego czy dotyczących ochrony prawa własności [16–18].

Do wniosku o udzielenie pozwolenia na użytkowanie należy zasadniczo załączyć te same dokumenty co w przypadku zawiadomienia o zakończeniu budowy (zob. cz. I artykułu<sup>2</sup>).

### **KONTROLA BUDOWY**

Przed wydaniem decyzji o pozwoleniu na użytkowanie organ nadzoru budowlanego ma obowiązek przeprowadzenia, na wezwanie inwestora, kontroli budowy w zakresie jej zgodności z ustaleniami i warunkami określonymi w decyzji o pozwoleniu na budowę oraz z projektem budowlanym (art. 59a ust. 1 w zw. z art. 59 ust. 1 p.b.). Kontrola taka musi zostać więc przeprowadzona każdorazowo przed wydaniem decyzji o pozwoleniu na użytkowanie.

Kontrola obejmuje sprawdzenie:

- zgodności obiektu budowlanego z projektem zagospodarowania działki lub terenu;
- zgodności obiektu budowlanego z projektem architektoniczno-budowlanym i technicznym w zakresie:

- charakterystycznych parametrów technicznych dotyczących powierzchni budowy, wysokości, długości, szerokości i liczby kondygnacji;

- wykonania widocznych elementów nośnych układu konstrukcyjnego obiektu budowlanego;

- geometrii dachu (kąąt nachylenia, wysokość kalenicy i układ połaci dachowych);

- wykonania urządzeń budowlanych;

- wykonania instalacji zapewniających użytkowanie obiektu budowlanego zgodnie z przeznaczeniem;

- zapewnienia warunków niezbędnych do korzystania z tego obiektu przez osoby niepełnosprawne, o których mowa w art. 1 Konwencji o prawach osób niepełnosprawnych, sporządzonej w Nowym Jorku dnia 13 grudnia 2006 r., w tym osoby starsze – w stosunku do obiektu użyteczności publicznej i budynku mieszkalnego wielorodzinnego;

- czy oddawany do użytkowania obiekt budowlany lub jego część mogą samodzielnie funkcjonować zgodnie z przeznaczeniem, jeżeli przystąpienie do użytkowania tego obiektu ma nastąpić przed wykonaniem wszystkich robót budowlanych;

- wyrobów budowlanych szczególnie istotnych dla bezpieczeństwa konstrukcji i pożarowego;

- wykonania obowiązku rozbiórki, jeżeli upłynął termin jej dokonania określony w decyzji o pozwoleniu na budowę – w przypadku nałożenia w pozwoleniu na budowę obowiązku rozbiórki istniejących obiektów budowlanych nieprzewidzianych do dalszego użytkowania lub tymczasowych obiektów budowlanych;

- uporządkowania terenu budowy.

Właściwym organem do przeprowadzenia obowiązkowej kontroli jest powiatowy inspektor nadzoru budowlanego lub wojewódzki inspektor nadzoru budowlanego, w zależności od tego, czy decyzję o pozwoleniu na budowę wydał odpowiednio starosta czy wojewoda (art. 59c w zw. z art. 82 ust. 2–4 i art. 83 ust. 1 i 3 p.b.). Obowiązkową kontrolę może przeprowadzić również z upoważnienia właściwego organu nadzoru budowlanego osoba zatrudniona w tym organie (tj. pracownik powiatowego inspektoratu nadzoru budowlanego lub wojewódzkiego inspektoratu nadzoru budowlanego) i posiadająca uprawnienia budowlane (art. 59e p.b.). Brak uszczegółowienia rodzaju wymienionych uprawnień oznacza, że wystarczy, aby osoba przeprowadzająca kontrolę miała uprawnienia budowlane, niezależnie od specjalności. Obowiązkowa kontrola powinna zostać przeprowadzona przed upływem 21 dni od dnia doręczenia wezwania albo uzupełnionego wezwania, którym jest wniosek o udzielenie pozwolenia na użytkowanie. O terminie obowiązkowej kontroli organ nadzoru budowlanego zawiadamia inwestora w terminie 7 dni od dnia doręczenia wezwania albo uzupełnionego wezwania. Inwestor jest zobowiązany uczestniczyć w tej kontroli w wyznaczonym terminie (art. 59c ust. 1 i 2 p.b.). Obowiązek ten należy

<sup>2</sup> Jarzyński P., „Oddanie obiektu budowlanego do użytkowania – cz. I”, *Inżynier Budownictwa*, nr 11/2025.

interpretować w ten sposób, że jest to uprawnienie inwestora i jego nieobecność nie uniemożliwia przeprowadzenia obowiązkowej kontroli, o ile był powiadomiony o jej terminie zgodnie z wymienionymi zasadami i jego nieobecność nie jest spowodowana okolicznościami od niego niezależnymi [19]. Wskazane terminy mają charakter instrukcyjny, a więc ich przekroczenie nie powoduje ujemnych skutków dla organu nadzoru budowlanego.

Po przeprowadzeniu kontroli organ nadzoru budowlanego sporządza protokół w trzech egzemplarzach. Jeden z nich doręcza się inwestorowi niezwłocznie po przeprowadzeniu kontroli, drugi – organowi wyższego stopnia, a trzeci pozostaje w organie nadzoru budowlanego. Dopuszczalne jest przekazanie organowi wyższego stopnia protokołu w formie elektronicznej. W takim wypadku sporządza się dwa egzemplarze, gdyż protokół w postaci elektronicznej kieruje się również do Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego (art. 59d ust. 1 i 1a p.b.). Protokół z kontroli przechowuje się przez okres istnienia obiektu budowlanego, a inwestor, oddając do użytkowania obiekt budowlany, przekazuje go właścicielowi lub zarządcy (art. 59d ust. 2 i art. 60 ust. 1 p.b.).

## Instalacje i urządzenia służące ochronie środowiska muszą być zrealizowane najpóźniej w dniu wydania decyzji o pozwoleniu na użytkowanie.

Przepisy jedynie ogólnie wymieniają, co powinno znajdować się w protokole kontroli, tj.:

- imiona i nazwiska osób uczestniczących w kontroli, a także numery uprawnień budowlanych wraz ze specjalnością, w której zostały wydane, jeżeli ich posiadanie jest wymagane;
- adres i kategoria obiektu budowlanego;
- informacje niezbędne do ustalenia przebiegu i wyniku przeprowadzonej kontroli;

- ustalenia dotyczące zgodności wykonania obiektu budowlanego z warunkami określonymi w decyzji o pozwoleniu na budowę oraz projektem budowlanym (art. 59d ust. 2a p.b.).

Dalsze szczegółowe informacje i dane, które powinny znaleźć się w protokole, zostały wskazane we wzorze protokołu obowiązkowej kontroli będącym załącznikiem do Rozporządzenia Ministra Rozwoju, Pracy i Technologii z dnia 15 września 2021 r. w sprawie wzoru protokołu obowiązkowej kontroli [20].

### DECYZJA W SPRAWIE POZWOLENIA NA UŻYTKOWANIE

Postępowanie zainicjowane wnioskiem o udzielenie pozwolenia na użytkowanie kończy się wydaniem decyzji administracyjnej w tej sprawie. Organ nadzoru budowlanego wydaje decyzję o pozwoleniu na użytkowanie po przeprowadzeniu obowiązkowej kontroli w zakresie zgodności budowy z ustaleniami i warunkami określonymi w pozwoleniu na budowę oraz z projektem budowlanym (art. 59 ust. 1 p.b.). Udziela w niej pozwolenia na użytkowanie powstałego obiektu budowlanego oraz może również określić warunki jego użytkowania albo uzależnić jego użytkowanie od wykonania, w oznaczonym

tem budowlanym, określając w decyzji termin wykonania tych prac. Możliwość niewykonania części robót nie może dotyczyć instalacji ani urządzeń służących ochronie środowiska – muszą być one wykonane w dniu wydania decyzji o pozwoleniu na użytkowanie. O zakończeniu powyższych prac inwestor jest zobowiązany zawiadomić organ nadzoru budowlanego (art. 59 ust. 3–4a p.b.). Niewykonanie czynności wskazanych w art. 59 ust. 3 p.b. powoduje konieczność uchylecia pozwolenia na użytkowanie na podstawie art. 162 § 2 k.p.a. [22, 23].

W przypadku wydania decyzji o pozwoleniu na użytkowanie, gdy przystąpienie do użytkowania obiektu budowlanego ma nastąpić przed wykonaniem wszystkich robót budowlanych, sformułowano pewne szczególne zasady. Może ona obejmować obiekt budowlany w całości lub jego część, lub niektóre z obiektów budowlanych objętych jedną decyzją o pozwoleniu na budowę lub zgłoszeniem budowy wolno stojących budynków mieszkalnych jednorodzinnych, których obszar oddziaływania mieści się w całości na działce lub działkach, na których zostały zaprojektowane, oraz sieci: elektroenergetyczne o napięciu znamionowym niewyższym niż 15 kV, wodociągowe, kanalizacyjne, ciepłone, gazowe o ciśnieniu roboczym niewyższym niż 0,5 MPa, wodorrowe o ciśnieniu roboczym niewyższym niż 0,5 MPa (art. 55 ust. 1a p.b. i art. 29 ust. 1 pkt 1 i 2 p.b.). Warunkiem wydania decyzji o pozwoleniu na użytkowanie przed wykonaniem wszystkich robót budowlanych jest to, aby oddawane wcześniej do użytkowania obiekty budowlane lub ich części mogły samodzielnie funkcjonować zgodnie z przeznaczeniem (art. 55 ust. 1b p.b.).

Wydanie decyzji o odmowie udzielenia pozwolenia na użytkowanie następuje wobec stwierdzenia nieprawidłowości w ramach przeprowadzonej obowiązkowej kontroli lub nieprzedłożenia do akt sprawy dokumentów, o których mowa w art. 57 ust. 1–4 p.b.

**Pozostałe zmiany w przepisach dotyczących oddania obiektu budowlanego do użytkowania nieomówione w cz. I i II artykułu, a wprowadzone ustawą z dnia 4 grudnia 2025 r. o zmianie ustawy – Prawo budowlane oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. z 2025 r. poz. 1847)**

- 1) Do użytkowania obiektu budowlanego, którego realizacja wymaga uzyskania decyzji o pozwoleniu na budowę albo dokonania zgłoszenia, o której mowa w art. 29 ust. 1 pkt 1-2a, 3a i 3b p.b., można przystąpić, z uwzględnieniem art. 55 i art. 57 p.b., po zawiadomieniu organu nadzoru budowlanego o zakończeniu budowy, jeżeli organ ten, w terminie 14 dni od dnia doręczenia zawiadomienia, nie zgłosi sprzeciwu w drodze decyzji (nowe brzmienie art. 54 ust. 1 zd. 1 p.b.). W art. 29 ust. 1 pkt 1-2a, 3a i 3b p.b. wymieniono budowę:
  - wolno stojących budynków mieszkalnych jednorodzinnych, których obszar oddziaływania mieści się w całości na działce lub działkach, na których zostały zaprojektowane;
  - wolno stojących, nie więcej niż dwukondygnacyjnych budynków mieszkalnych jednorodzinnych o powierzchni zabudowy do 70 m<sup>2</sup>, których obszar oddziaływania mieści się w całości na działce lub działkach, na których zostały zaprojektowane, realizowanych w celu zaspokojenia własnych potrzeb mieszkaniowych inwestora;
  - wolno stojących, nie więcej niż dwukondygnacyjnych budynków użyteczności publicznej o powierzchni użytkowej nie większej niż 200 m<sup>2</sup>, których obszar oddziaływania mieści się w całości na działce lub działkach, na których zostały zaprojektowane;
  - sieci: elektroenergetycznych o napięciu znamionowym niewyższym niż 15 kV, wodociągowych, kanalizacyjnych, ciepłych, gazowych i wodorowych o ciśnieniu roboczym niewyższym niż 0,5 MPa;
  - wolno stojących przydomowych budowli ochronnych o powierzchni użytkowej do 35 m<sup>2</sup> przeznaczonych do ochrony użytkowników budynku mieszkalnego jednorodzinne wraz z instalacjami i przyłączami niezbędnymi do ich użytkowania, których obszar oddziaływania mieści się w całości na działce lub działkach, na których zostały zaprojektowane;
  - wolno stojących kontenerów telekomunikacyjnych o powierzchni zabudowy do 35 m<sup>2</sup>, wraz z instalacjami i przyłączami elektroenergetycznymi i telekomunikacyjnymi oraz związanymi z nimi sieciami;
  - kontenerów telekomunikacyjnych o wysokości do 3 m i powierzchni zabudowy do 35 m<sup>2</sup> wraz z instalacjami i przyłączami elektroenergetycznymi i telekomunikacyjnymi oraz związanymi z nimi sieciami.
- 2) Sprawdzenie przez organ nadzoru budowlanego projektu technicznego obejmuje wyłącznie spełnienie obowiązku dołączenia: kopii decyzji o nadaniu projektantowi lub projektantowi sprawdzającemu, jeżeli jest wymagany, uprawnień budowlanych w odpowiedniej specjalności potwierdzoną za zgodność z oryginałem przez sporządzającego projekt; kopii zaświadczenia o wpisie na listę członków właściwej izby samorządu zawodowego projektanta lub projektanta sprawdzającego; oświadczenia projektanta o sporządzeniu projektu zgodnie z obowiązującymi przepisami i zasadami wiedzy technicznej (nowy art. 57 ust. 4 zd. 2 p.b. w zw. z art. 34 ust. 3d p.b.).
- 3) Po zakończeniu postępowania w sprawie zawiadomienia o zakończeniu budowy albo udzieleniu pozwolenia na użytkowanie organ nadzoru budowlanego zwraca bezzwłocznie inwestorowi następujące oryginały dokumentów: dziennik budowy prowadzony w postaci papierowej; projekt techniczny z uwzględnieniem zmian; protokoły badań i sprawdzeń; dokumentację geodezyjną, jeżeli dokumenty te były dołączone w oryginale do zawiadomienia o zakończeniu budowy albo wniosku o udzielenie pozwolenia na użytkowanie (nowe brzmienie art. 57 ust. 8 p.b. w zw. z art. 57 ust. 1 pkt 1a, 4 i 5 p.b.).

W takiej sytuacji organ nadzoru budowlanego stosuje odpowiednio art. 51 p.b. dotyczący postępowania naprawczego (art. 59 ust. 5 p.b.). Decyzja wydawana na podstawie art. 59 ust. 5 p.b. w przypadku niespełnienia wymagań określonych w przywołanych tam przepisach, ma charakter związany [24]. W toku postępowania w przedmiocie udzielenia pozwolenia na użytkowanie organ nadzoru budowlanego bada zgodność wykonanych robót budowlanych z warunkami ustalonymi w pozwoleniu na budowę. Spełnienie zaś przez inwestora wymagań ustawowych obliguje organ do udzielenia pozwolenia na użytkowanie. W takim postępowaniu organ nie posiada uprawnień do orzekania na podstawie innych przesłanek niż te wynikające wprost zarówno z obowiązującego przepisu prawa, jak i udzielonego pozwolenia na budowę, w tym jednocześnie nie może modyfikować zawartych w nich rozstrzygnięć [25].

Od decyzji w przedmiocie pozwolenia na użytkowanie przysługuje inwestorowi prawo do wniesienia odwołania do organu wyższego stopnia (w przypadku powiatowego inspektora nadzoru budowlanego – do wojewódzkiego inspektora nadzoru budowlanego, a gdy decyzję wydał wojewódzki inspektor nadzoru budowlanego – do Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego) w terminie 14 dni od jej doręczenia. Odwołanie wnosi się za pośrednictwem organu, który wydał decyzję (art. 127 § 1 i 2 w zw. z art. 129 § 1 i 2 k.p.a. w zw. z art. 83 ust. 1–3, art. 82 ust. 3 i 4 oraz art. 88a ust. 1 pkt 1 p.b.). Po wyczerpaniu środków zaskarżenia w postępowaniu administracyjnym można złożyć skargę albo sprzeciw do sądu administracyjnego (art. 50 i n. p.p.s.a.). ■

#### Literatura

- [1] Ustawa z dnia 14 czerwca 1960 r. Kodeks postępowania administracyjnego (t.j. Dz.U. z 2025 r. poz. 1691).
- [2] Wyrok Naczelnego Sądu Administracyjnego z dnia 19 marca 2019 r., sygn. akt II OSK 941/18.

- [3] Plucińska-Filipowicz A., Filipowicz T., „Art. 54” w: Wierzbowski M. (red.), Plucińska-Filipowicz A. (red.), *Prawo budowlane. Komentarz*, 2021.
- [4] Wyrok Wojewódzkiego Sądu Administracyjnego w Krakowie z dnia 17 lipca 2018 r., sygn. akt II SA/Kr 717/18.
- [5] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (t.j. Dz.U. z 2025 r. poz. 418 ze zm.).
- [6] Wyrok Naczelnego Sądu Administracyjnego z dnia 15 marca 2023 r., sygn. akt II OSK 164/22.
- [7] Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. Prawo o postępowaniu przed sądami administracyjnymi (t.j. Dz.U. z 2024 r. poz. 935 ze zm.).
- [8] Plucińska-Filipowicz A., Filipowicz T., „Art. 55” w: Wierzbowski M. (red.), Plucińska-Filipowicz A. (red.), *Prawo budowlane. Komentarz*, 2021.
- [9] Wyrok Wojewódzkiego Sądu Administracyjnego w Warszawie z dnia 10 kwietnia 2018 r., sygn. akt VII SA/Wa 2176/17.
- [10] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 5 sierpnia 2023 r. w sprawie uzgadniania projektu zagospodarowania działki lub terenu, projektu architektoniczno-budowlanego, projektu technicznego oraz projektu urządzenia przeciwpożarowego pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej (Dz.U. z 2023 r. poz. 1563).
- [11] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (t.j. Dz.U. z 2022 r. poz. 1225 ze zm.).
- [12] Wyrok Naczelnego Sądu Administracyjnego z dnia 25 lutego 2011 r., sygn. akt II OSK 1645/10.
- [13] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 31 marca 2022 r. w sprawie określenia wzoru formularza zawiadomienia o zakończeniu budowy oraz wniosku o pozwolenie na użytkowanie (Dz.U. z 2022 r. poz. 715).
- [14] Wyrok Naczelnego Sądu Administracyjnego z dnia 5 lipca 2013 r., sygn. akt II OSK 599/12.
- [15] Kostka Z., „Art. 55” w: Gliniecki A. (red.), *Prawo budowlane. Komentarz*, Warszawa 2016.
- [16] Wyrok Naczelnego Sądu Administracyjnego z dnia 7 lutego 2013 r., sygn. akt II OSK 1871/11.
- [17] Wyrok Naczelnego Sądu Administracyjnego z dnia 11 lutego 2014 r., sygn. akt II OSK 2179/12.
- [18] Wyrok Naczelnego Sądu Administracyjnego z dnia 15 maja 2014 r., sygn. akt II OSK 2998/12.
- [19] Kostka Z., „Art. 59c” w: Gliniecki A. (red.), *Prawo budowlane. Komentarz*, Warszawa 2016.
- [20] Rozporządzenie Ministra Rozwoju, Pracy i Technologii z dnia 15 września 2021 r. w sprawie wzoru protokołu obowiązkowej kontroli (Dz.U. z 2021 r. poz. 1719).
- [21] Wyrok Naczelnego Sądu Administracyjnego z dnia 19 marca 2019 r., sygn. akt II OSK 856/17.
- [22] Fornalik A., „Warunki wydania i odmowy wydania pozwolenia na użytkowanie” w: *Legalis*, Wydawnictwo C.H. Beck.
- [23] Wyrok Wojewódzkiego Sądu Administracyjnego w Rzeszowie z dnia 5 lipca 2018 r., sygn. akt II SA/Rz 451/18.
- [24] Wyrok Wojewódzkiego Sądu Administracyjnego w Warszawie z dnia 5 kwietnia 2019 r., sygn. akt VII SA/Wa 2036/18.
- [25] Wyrok Wojewódzkiego Sądu Administracyjnego w Łodzi z dnia 29 sierpnia 2023 r., sygn. akt II SA/Łd 546/23.

AUTOREKLAMA

## WIĘCEJ W PODCĄSIE: #PRAWOINŻYNIERA 10

Zawiadomienie o zakończeniu budowy  
i pozwolenie na użytkowanie



OGLĄDAJ



SŁUCHAJ

SŁUCHAJ NASZYCH PODCĄSÓW



NA YOUTUBE I SPOTIFY



**w piib**

WYDAWNICTWO  
POLSKIEJ IZBY INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

## #PRAWOINŻYNIERA

Twoje źródło wiedzy  
o prawie budowlanym.  
Krótko, konkretnie, aktualnie.

<https://www.piib.org.pl/>



Odpowiada **adv. Marek Chudzicki**

Kancelaria Prawa Budowlanego  
Adwokat Marek Chudzicki



Odpowiada **adv. Grzegorz Gajda**

Kancelaria Prawa Budowlanego  
Adwokat Marek Chudzicki

## Czy można zastrzec karę umowną za brak zapłaty wynagrodzenia za roboty budowlane?

*Inwestor, z którym mam zawrzeć umowę na wykonanie robót budowlanych, zaproponował, by jeden z jej punktów dotyczył kary umownej należnej mi w przypadku opóźnienia w zapłacie wynagrodzenia. Twierdzi, że taki zapis zabezpieczy moje interesy w razie nieterminowej płatności. Jednak fakt, że druga strona kontraktu chce z własnej inicjatywy chronić moje prawa, budzi moje wątpliwości. Czy słusznie? Co może się kryć za taką propozycją?*

**P**ański sceptycyzm jest uzasadniony. Zgodnie z przepisami Kodeksu cywilnego kara umowna może zostać zastrzeżona wyłącznie na wypadek niewykonania lub nienależytego wykonania zobowiązania niepieniężnego. Nie można natomiast skutecznie zastrzec kary umownej za brak zapłaty lub opóźnienie w spełnieniu świadczenia pieniężnego. A takim jest zobowiązanie do zapłaty wynagrodzenia – także za roboty budowlane.

Tego rodzaju postanowienia, mimo że nadal pojawiają się w umowach o roboty budowlane, są sprzeczne z prawem i jako takie należy uznać je za nieważne. Szczególną uwagę powinni na nie zwracać mniejsi wykonawcy, którzy w relacjach kontraktowych często występują jako słabsza strona. W praktyce zdarza się, że profesjonalni inwestorzy proponują zapisy pozornie mające chronić interes wykonawcy, podczas gdy w rzeczywistości są one bezskuteczne lub nieważne i nie zapewniają żadnej real-

nej ochrony prawnej. W takiej sytuacji wykonawca może pozostawać w błędnym przekonaniu co do zakresu przysługujących mu zabezpieczeń.

Wyjątek od tej zasady przewiduje art. 437 ust. 1 pkt 7) lit. a) Prawa zamówień publicznych. Stanowi on, że w umowie, której przedmiotem są roboty budowlane, należy obowiązkowo przewidzieć kary umowne z tytułu braku zapłaty lub nieterminowej zapłaty wynagrodzenia należnego podwykonawcom albo dalszym podwykonawcom. Dotyczy to jednak wyłącznie umowy zawieranej w związku z realizacją zamówienia publicznego.

### Podstawa prawna

[1] Art. 483 § 1 Ustawy z dnia 23 kwietnia 1964 r. – Kodeks cywilny (t.j. Dz.U. z 2025 r. poz. 1071 ze zm.).

[2] Art. 437 ust. 1 pkt 7) lit. a) Ustawy z dnia 11 września 2019 r. – Prawo zamówień publicznych (t.j. Dz.U. z 2024 r. poz. 1320 ze zm.).

## Czy wykonawca odpowiada za realizację robót na podstawie wadliwego projektu?

*W trakcie prowadzenia robót budowlanych okazało się, że projekt, na którym pracowałam, zawiera błędy. Realizowałam prace zgodnie z nim i całą dokumentacją techniczną. Inwestor uważa jednak, że ponoszę odpowiedzialność za powstałą po jego stronie szkodę. Czy ma rację? Czy jako wykonawca rzeczywiście odpowiadam za skutki wad projektu?*

**W** takiej sytuacji Pani odpowiedzialność za szkodę wynikającą z wykonania prac w oparciu o wadliwy projekt architektoniczno-budowlany jest dyskusyjna i zależy od kilku czynników. Co do zasady wykonawca nie ponosi odpowiedzialności za wady projektu budowlanego, jeżeli realizo-

wał roboty zgodnie z przekazaną mu dokumentacją projektową i umową. Odpowiedzialność za błędy projektowe obciąża w pierwszej kolejności projektanta. To on odpowiada za prawidłowość i kompletność projektu, ponieważ umowa o jego wykonanie ma charakter umowy rezultatu.

Jednakże sytuacja Pani jako wykonawcy może ulec zmianie, jeżeli wady projektu były np. oczywiste lub możliwe do zauważenia bez posiadania specjalistycznej wiedzy projektowej, a mimo to nie wstrzymała się Pani z realizacją robót i nie zawiadomiła inwestora o stwierdzonych nieprawidłowościach. W takim przypadku bowiem wykonawca, który nie reaguje na ewidentne sprzeczności lub błędy w projekcie i kontynuuje roboty, może ponosić współodpowiedzialność za wadliwie wykonane prace, a więc poniekąd za skutki wynikające z wad samego projektu.

Jeżeli nie zastrzeżono tego w umowie, to do obowiązków wykonawcy nie zaliczamy ani szczegółowej analizy projektu lub dokumentacji technicznej pod kątem ich prawidłowości i zgodności z prawem, obowiązującymi normami oraz zasadami wiedzy technicznej, ani tym bardziej weryfikowania obliczeń

lub rozwiązań technicznych. Wykonawca nie jest projektantem i nie musi posiadać jego specjalistycznej wiedzy. Jeżeli jednak nieprawidłowości w projekcie są jednoznaczne i widoczne gołym okiem, wykonawca powinien niezwłocznie zgłosić je inwestorowi – najlepiej w formie pisemnej – oraz wstrzymać się z realizacją robót w zakresie objętym wadą. Brak reakcji wykonawcy w takich okolicznościach może prowadzić do przypisania mu odpowiedzialności obok projektanta, zwłaszcza jeżeli dalsze prowadzenie robót przyczyniło się do powstania lub zwiększenia szkody po stronie inwestora.

#### Podstawa prawna

[1] Art. 471 i 647 Ustawy z dnia 23 kwietnia 1964 r. – Kodeks cywilny (t.j. Dz.U. z 2025 r. poz. 1071 ze zm.).

## Odpowiedzialność karna za nieprawdziwy wpis w dzienniku budowy?

*W dzienniku budowy wskazano materiały użyte do wykonania robót, które w rzeczywistości różniły się od faktycznie zastosowanych. Czy taki wpis może zostać uznany za poświadczenie nieprawdy i skutkować pociągnięciem do odpowiedzialności karnej?*

**T**ak, nieprawdziwy wpis w dzienniku budowy dotyczący użytych materiałów może prowadzić do odpowiedzialności karnej. Dziennik budowy jest dokumentem o charakterze urzędowym, a osoby uprawnione do dokonywania w nim wpisów ponoszą odpowiedzialność karną za poświadczenie w nim nieprawdy co do okoliczności, które mają znaczenie prawne.

Poświadczenie nieprawdy polega na potwierdzeniu w autentycznym dokumencie faktów, które nie odpowiadają rzeczywistości – w tym także na wskazaniu materiałów innych niż faktycznie użyte przy realizacji robót. Jeżeli w dzienniku budowy znajdzie się informacja, że zastosowano materiał zgodny z projektem, podczas gdy tak naprawdę użyto innego, o odmiennych parametrach technicznych, taki wpis może zostać uznany za poświadczenie nieprawdy. Ma to znaczenie zwłaszcza wtedy, gdy wpływa on na prawa i obowiązki inwestora lub ocenę prawidłowości wykonania robót.

Odpowiedzialność karna za poświadczenie nieprawdy w dzienniku budowy może zostać jednak przypisana wyłącznie w przypadku działania umyślnego. Oznacza to, że osoba dokonująca wpisu:

- musi mieć świadomość jego niezgodności z rzeczywistym stanem robót i chcieć dokonać takiego wpisu (zamiar bezpośredni kierunkowy) albo
- co najmniej ma świadomość prawdopodobnej nieprawidłowości i godzi się na taki stan rzeczy (zamiar ewentualny).

W praktyce sądy przykładają szczególną wagę do wiedzy, doświadczenia i zawodowego obowiązku rzetelności osób, które pełnią samodzielne funkcje techniczne w budownictwie. Może to prowadzić do uznania, że miały one pełną świadomość znaczenia dokonywanego wpisu.

Celowo wprowadzony nieprawdziwy wpis dotyczący materiałów użytych na budowie lub innych okoliczności związanych z jej przebiegiem nie jest zatem drobnostką ani wyłącznie uchybieniem technicznym. Jako taki może prowadzić do odpowiedzialności karnej, a także do dalszych konsekwencji cywilnych oraz zawodowych dla osoby dokonującej takiego wpisu. ■

#### Podstawa prawna

[1] Art. 271 § 1 Ustawy z dnia 6 czerwca 1997 r. – Kodeks karny (t.j. Dz.U. z 2025 r. poz. 383).

[2] Art. 47d Ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (t.j. Dz.U. z 2025 r. poz. 418 ze zm.).

#### MASZ PYTANIE?

Napisz do nas (biuro@inzynierbudownictwa.pl). Wybrane listy wraz z odpowiedziami prawnika opublikujemy w miesięczniku.

# Kalendarium

**10.12.2025**  
opublikowano

Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 20 listopada 2025 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o ułatwieniach w przygotowaniu i realizacji inwestycji mieszkaniowych oraz inwestycji towarzyszących (Dz.U. z 2025 r. poz. 1754)

Obwieszczenie zawiera jednolity tekst Ustawy z dnia 5 lipca 2018 r. o ułatwieniach w przygotowaniu i realizacji inwestycji mieszkaniowych oraz inwestycji towarzyszących (Dz.U. z 2018 r. poz. 1496 ze zm.).

**15.12.2025**  
opublikowano

Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 24 listopada 2025 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (Dz.U. z 2025 r. poz. 1783)

Obwieszczenie zawiera jednolity tekst Ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (Dz.U. z 2001 r. poz. 42 ze zm.).

**7.01.2026**  
weszła w życie

Ustawa z dnia 4 grudnia 2025 r. o zmianie ustawy – Prawo budowlane oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. z 2025 r. poz. 1847)



Do najważniejszych zmian należą:

- 1) dodanie definicji: budynku mieszkalnego, budynku mieszkalnego wielorodzinnego, budynku gospodarczego, budynku użyteczności publicznej, budynku zamieszkania zbiorowego, budynku rekreacji indywidualnej, zabudowy jednorodzinnej, zabudowy zagrodowej, wiaty oraz działki budowlanej;
- 2) rozszerzenie katalogu inwestycji budowlanych wymagających jedynie zgłoszenia o m.in.:
  - wolno stojące przydomowe budowle ochronne o powierzchni użytkowej do 35 m<sup>2</sup>,
  - wolno stojące budynki użyteczności publicznej o powierzchni użytkowej do 200 m<sup>2</sup>,
  - kontenery telekomunikacyjne o powierzchni do 35 m<sup>2</sup> i wysokości do 3 m,
  - boiska, korty tenisowe i bieżnie służące do rekreacji i uprawiania sportu,
  - bezodpływowe zbiorniki na wody opadowe lub roztopowe o łącznej pojemności większej niż 5 m<sup>3</sup> i nie większej niż 15 m<sup>3</sup>, a w przypadku zbiorników związanych z produkcją rolną – nieprzekraczającej 30 m<sup>3</sup>,
  - przepusty o długości do 20 m i przekroju wewnętrznym do 3 m<sup>2</sup>,
  - wyloty do cieków naturalnych;
- 3) zwolnienie z obowiązku uzyskania decyzji o pozwoleniu na budowę bądź zgłoszenia takich inwestycji jak:
  - bezodpływowe zbiorniki na wody opadowe lub roztopowe o pojemności do 5 m<sup>3</sup>,
  - szatnie, zadaszenia, trybuny przy boiskach, kortach tenisowych, bieżniach o powierzchni zabudowy do 25 m<sup>2</sup> i wysokości do 3 m,
  - baseny o powierzchni do 15 m<sup>2</sup>, oczka wodne o powierzchni do 10 m<sup>2</sup>, do 1 m głębokości, położone na terenie rodzinnych ogrodów działkowych,
  - konstrukcje oporowe o wysokości do 0,80 m,
  - instalowanie na obiekcie budowlanym urządzeń technicznych wraz z masztami o łącznej wysokości do 3 m służących do wytwarzania energii elektrycznej z energii wiatru o mocy mikroinstalacji,
  - instalowanie dodatkowych kabli w użytkowanych sieciach i kanałach technologicznych w pasie drogowym;
- 4) umożliwienie wprowadzenia rozwiązań zamiennych (w przypadku robót polegających na przebudowie lub zmianie sposobu użytkowania budynków) w zakresie wymagań ochrony higieniczno-sanitarnej, środowiska oraz bezpieczeństwa i higieny pracy, bez wymogu uzyskiwania zgody na odstępstwo od przepisów techniczno-budowlanych – wystarczające będzie uzgodnienie rozwiązań zamiennych odpowiednio z: państwowym wojewódzkim inspektorem sanitarnym, państwowym wojewódzkim inspektorem ochrony środowiska oraz okręgowym inspektorem pracy;
- 5) obowiązek wskazywania w odwołaniu od decyzji (lub zażaleniu na postanowienie): zarzutów odnoszących się do tej decyzji (postanowienia), zakresu żądania będącego przedmiotem odwołania (zażalenia) oraz dowodów uzasadniających to żądanie;
- 6) obowiązek dołączania do zgłoszenia decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu, jeżeli jest ona wymagana zgodnie z przepisami o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym;
- 7) rozszerzenie zakresu zastosowania uproszczonego postępowania legalizacyjnego (49f–49i Ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane, t.j. Dz.U. z 2025 r. poz. 418 ze zm.) do istotnych odstępień od pozwolenia na budowę (wcześniej procedura ta dotyczyła tylko tzw. samowoli budowlanych). Wskazany tryb będzie można zastosować po upływie 10 lat od zakończenia budowy;

8) wprowadzenie mechanizmu tzw. żółtej kartki w przypadku prowadzenia robót budowlanych w sposób istotnie odbiegający od pozwolenia na budowę lub projektu: najpierw organ nadzoru budowlanego pouczy inwestora o konieczności doprowadzenia robót budowlanych do stanu zgodnego z pozwoleniem lub projektem, po upływie 60 dni organ sprawdzi budowę i jeżeli roboty budowlane nie zostaną doprowadzone do właściwego stanu, zostanie wszczęte postępowanie naprawcze;

9) doprecyzowanie zakresu sprawdzenia projektu technicznego w procedurach oddawania obiektu do użytkowania – obejmuje ono wyłącznie weryfikację dołączenia oświadczeń projektantów oraz dokumentów potwierdzających ich uprawnienia;

10) ograniczenie obowiązku zawiadomienia organów Państwowej Straży Pożarnej oraz Państwowej Inspekcji Sanitarnej o zakończeniu budowy i zamiarze przystąpienia do użytkowania obiektu budowlanego do przypadku, gdy projekt zagospodarowania działki lub terenu, projekt architektoniczno-budowlany lub projekt techniczny wymagał uzgodnienia pod względem ochrony przeciwpożarowej lub higieniczno-sanitarnej;

11) wydłużenie możliwości prowadzenia dziennika budowy oraz książki obiektu budowlanego w postaci papierowej do 31 grudnia 2031 r.;

12) wskazanie organu stopnia powiatowego jako właściwego w sprawach obiektów i robót budowlanych dotyczących pomostów.

Przepisy rozszerzające katalog definicji zawartych w art. 3 Prawa budowlanego wejdą w życie 20 września 2026 r.

7.01.2026  
opublikowano

Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 5 grudnia 2025 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o ochronie przyrody (Dz.U. z 2026 r. poz. 13)

Obwieszczenie zawiera jednolity tekst Ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U. z 2004 r. poz. 880 ze zm.).

Opracowała Aneta Malan-Wijata

## Literatura fachowa



Renata Kotynia,  
wyd. 1, s. 192,  
oprawa miękka,  
Wydawnictwo Naukowe PWN,  
Warszawa 2025

### WZMACNIANIE KONSTRUKCJI BETONOWYCH NA ZGINANIE ZA POMOCĄ TAŚM KOMPOZYTYWYCH WRAZ Z PRZYKŁADAMI OBLICZEŃ

Tematyka książki dotyczy jednej ze stosunkowo najnowszych metod wzmocnienia konstrukcji z betonu za pomocą wyrobów z kompozytów polimerowych z różnego rodzaju włóknami.

W książce w sposób syntetyczny opisano właściwości materiałów kompozytowych przeznaczonych do wzmocnień zewnętrznych i kwestię projektowania tych wzmocnień. Szczegółowo zaprezentowano efektywne długości połączeń oraz metody analityczne (uproszczoną i dokładną) dla stanu granicznego nośności i użyteczności taśm CFRP. Istotnym elementem są liczne, dokładnie rozpisane przykłady obliczeniowe

dotyczące dwóch kluczowych systemów wzmocnień: wzmocnienia połączonego zewnętrznie oraz zbrojenia wklejanego przy powierzchni.

Publikacja bazuje na najnowszych, międzynarodowych wytycznych i stanowi niezbędne narzędzie dla każdego inżyniera budownictwa oraz projektanta poszukującego najnowszych, pewnych i sprawdzonych metod wzmocnienia konstrukcji betonowych. Wypełnia lukę na polskim rynku wydawniczym, dostarczając oczekiwanej oraz aktualnej, kompleksowej wiedzy o projektowaniu wzmocnień na zginanie z użyciem taśm CFRP i GFRP.

Unikatowa wartość tej publikacji to połączenie kompetencji autorki, wybitnej specjalistki w tym zakresie, z praktycznym podejściem do tematu.

## POLSKIE NORMY Z ZAKRESU BUDOWNICTWA OPUBLIKOWANE W GRUDNIU 2025 ROKU

Lp.	Numer referencyjny i tytuł normy	Numer referencyjny normy zastępowanej*	Data publikacji	KT**
1	<b>PN-EN 14527+A1:2018-12</b> wersja polska Brodziki natryskowe do użytku domowego	PN-EN 14527:2016-08	02.12.2025	197
2	<b>PN-EN 14528+A1:2018-11</b> wersja polska Bidety – Wymagania funkcjonalności i metody badań	PN-EN 14528:2015-09	03.12.2025	197
3	<b>PN-EN 13036-8:2025-12</b> wersja angielska Cechy powierzchniowe nawierzchni drogowych i lotniskowych – Metody badań – Część 8: Określanie wskaźników nierówności poprzecznej i spadków poprzecznych	PN-EN 13036-8:2008	23.12.2025	212
4	<b>PN-EN 1848-1:2025-12</b> wersja angielska Elastyczne wyroby wodochronne – Określanie długości, szerokości i prostoliniowości – Część 1: Wyroby asfaltowe do izolacji wodochronnej dachów	PN-EN 1848-1:2002	01.12.2025	214
5	<b>PN-ISO 23351-1:2025-12</b> wersja angielska Akustyka – Pomiar zmniejszenia poziomu mowy w zespołach meblowych i obudowach – Część 1: Metoda laboratoryjna	-	16.12.2025	253
6	<b>PN-ISO 23591:2025-12</b> wersja angielska Kryteria jakości akustycznej dla pomieszczeń i przestrzeni przeznaczonych na próby muzyczne	-	16.12.2025	253
7	<b>PN-EN 12390-12:2020-06</b> wersja polska Badania betonu – Część 12: Oznaczanie odporności betonu na karbonatyzację – Metoda przyspieszonej karbonatyzacji	-	09.12.2025	274
8	<b>PN-EN 12390-14:2018-10/Ap1:2025-12</b> wersja angielska Badania betonu – Część 14: Semiadiabatywna metoda oznaczania ciepła wydzielanego podczas procesu twardnienia betonu	-	18.12.2025	274
9	<b>PN-EN 18021:2025-12</b> wersja angielska Armatura sanitarna – Pomiar właściwości funkcjonalnych kranów i pryszniców	-	30.12.2025	278
10	<b>PN-EN 15780:2025-12</b> wersja angielska Wentylacja budynków – Przewody wentylacyjne – Czystość instalacji wentylacyjnych	PN-EN 15780:2011	29.12.2025	317
11	<b>PN-EN 1886:2025-12</b> wersja angielska Wentylacja budynków – Centrale wentylacyjne i klimatyzacyjne – Właściwości mechaniczne	PN-EN 1886:2008	01.12.2025	317

\* Zastępowanie (wycyfywanie) normy obejmuje wszystkie wersje językowe tej normy oraz wszystkie elementy dodatkowe.

\*\* Numer komitetu technicznego.

**+A1; +A2; +A3** – element numeru normy skonsolidowanej, tzn. normy, w której wszelkie zmiany i poprawki są włączone do treści (informacja o włączonych zmianach znajduje się w przedmowie normy).

**AC** – poprawka europejska do normy.

**Ap** – poprawka krajowa do normy.

UWAGA! Poprawki AC i Ap są dostępne w wyszukiwarce norm na stronie [www.pkn.pl](http://www.pkn.pl) do pobrania.

### Ankieta powszechna

Polski Komitet Normalizacyjny, jako członek europejskich organizacji normalizacyjnych, uczestniczy w procedurze opiniowania projektów Norm Europejskich.

Pełna informacja o ankiecie dostępna jest na: <https://www.pkn.pl/normalizacja/prace-normalizacyjne/ankieta-powszechna>.

Przedstawiony wykaz projektów PN jest oficjalnym ogłoszeniem ich ankiety powszechnej. Ankieta projektu EN jest jednocześnie ankietą projektu przyszłej Polskiej Normy (**prEN = prPN-prEN**). Wykaz jest aktualizowany na bieżąco, dla każdego projektu podano odrębnie termin zgłaszania uwag.

Uwagi do projektów prPN-prEN można zgłaszać bezpośrednio na stronie internetowej, gdzie dostępny jest podgląd projektu, lub przysyłać na właściwych formularzach do Sektora Budownictwa i Konstrukcji Budowlanych PKN – [wpsnbd@pkn.pl](mailto:wpsnbd@pkn.pl). Szablony formularzy i instrukcje ich wypełniania znajdują się na stronie internetowej PKN. Projekty PN są dostępne do wglądu w czytelnich Wydziału Sprzedaży PKN (w Warszawie, Łodzi, Katowicach); adresy można znaleźć na stronie internetowej PKN.

**Anna Tańska**  
kierownik sektora

Wydział Prac Normalizacyjnych – Sektor Budownictwa i Konstrukcji Budowlanych



## Mercedes-Benz Auto Forum

Salon Mercedes-Benz Auto Forum Wawer powstał latem 2024 roku. To miejsce, w którym luksus i nowoczesność łączą się z komfortem zakupów, oferując klientom pełną gamę modeli Mercedes-Benz oraz kompleksowe usługi serwisowe.

Zapraszamy do skorzystania z wyjątkowej oferty rabatowej, którą przygotowaliśmy dla członków Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa. Szczegóły tej oferty można uzyskać u Karola Krasuskiego, doradcy handlowego Mercedes-Benz Auto Forum (dane kontaktowe dostępne poniżej).



Zapraszamy do salonu:  
**Warszawa**  
Wał Miedzeszyński 225

**Karol Krasuski**

Doradca Handlowy Mercedes-Benz Auto Forum



+48 570 605 904



karol.krasuski@af2.mercedes-benz.pl

[af2.mercedes-benz.pl](https://af2.mercedes-benz.pl)

# Nowoczesne metody wzmocnienia konstrukcji żelbetowych



Nawet najtrwalsze konstrukcje, także te z żelbetu stanowiącego od ponad wieku fundament nowoczesnego budownictwa, z czasem wymagają wzmocnienia. Rozwój inżynierii materiałowej otworzył nowe możliwości – od zaawansowanych kompozytów po technologie sprężania, które pozwalają przywracać obiektom nośność i trwałość. Oto metody, dzięki którym możemy wzmocniać konstrukcje żelbetowe w XXI w.



**dr inż. Michał Demby**

adiunkt  
badawczo-dydaktyczny  
Politechnika Poznańska



**mgr inż. Sebastian Wieliczko**

inżynier budowy  
Develia Construction



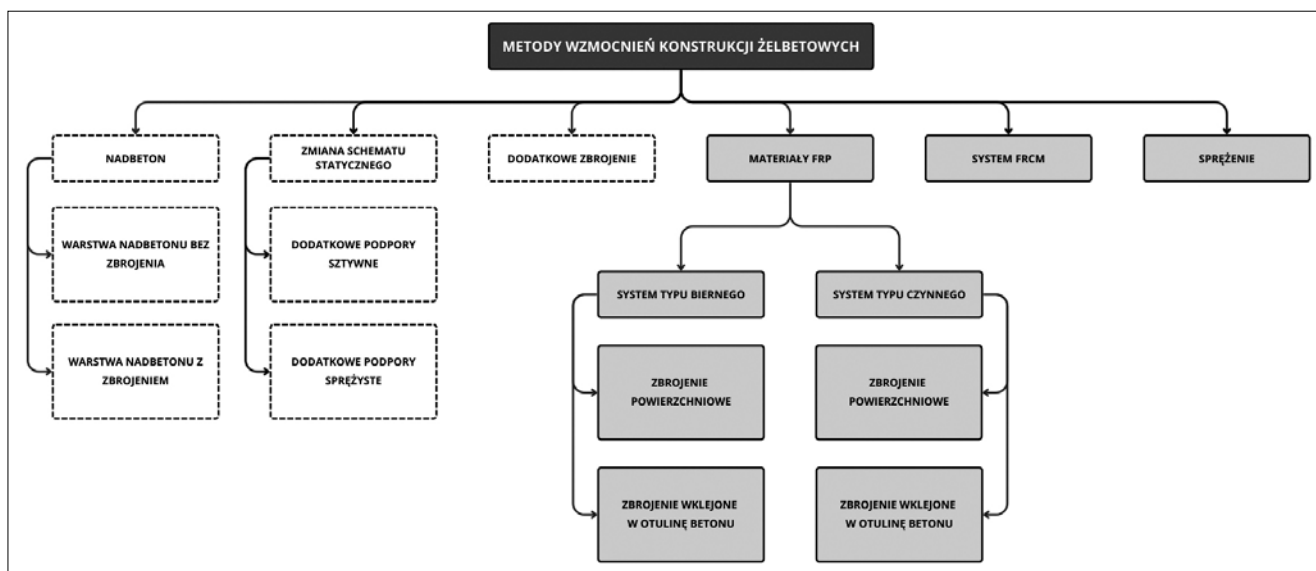
**mgr inż. Jakub Zenger**

specjalista BIM  
Politechnika Poznańska  
Mostostal Warszawa

**K**onstrukcje żelbetowe, stosowane od końca XIX w., stanowią podstawę współczesnej infrastruktury i są przykładem ciągłego rozwoju technologii budowlanych. Mimo wysokiej trwałości wiele obiektów już po 100, a nawet 50 latach użytkowania wymaga napraw lub wzmocnień, aby zapewnić ich dalszą bezpieczną eksploatację. Wzmocnienie konstrukcji polega

na zwiększeniu ich wytrzymałości, stateczności i trwałości. Potrzeba jego zastosowania wynika m.in. z uszkodzeń eksploatacyjnych lub strukturalnych, błędów projektowo-wykonawczych lub wzrostu obciążeń, które są skutkiem zmiany funkcji obiektu. Stosuje się tu zarówno rozwiązania tradycyjne, opisane w literaturze [1, 2], jak i oparte na nowoczesnych materiałach oraz technolo-

giach (rys. 1). Niniejsza praca koncentruje się na przeglądzie metod, które wykorzystują materiały FRP (Fiber Reinforced Polymer), FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix) oraz technologie sprężania. **Dobór odpowiedniego rozwiązania wymaga szczegółowej analizy stanu konstrukcji, identyfikacji przyczyn uszkodzeń oraz określenia warunków obciążenia.**



Rys. 1. Metody wzmocnienia konstrukcji żelbetowych



Fot. 1. Przykłady wzmocnień materiałami FRP: a) wzmocnienie belki żelbetowej, b) wzmocnienie drewnianych belek z drewna klejonego, c) wzmocnienie płyty stropowej [3]

### WZMACNIANIE ZA POMOCĄ MATERIAŁÓW FRP

Materiały kompozytowe są coraz powszechniej wykorzystywane w budownictwie. Szczególnym zainteresowaniem cieszą się materiały FRP w kontekście zbrojenia oraz wzmocnienia konstrukcji żelbetowych. W wielu ośrodkach naukowych trwają intensywne badania nad ich właściwościami oraz możliwościami zastosowania. W konstrukcjach inżynierskich materiały FRP są używane przy wzmocnianiu:

- stref rozciąganych i ścinanych elementów zginanych,
- elementów skręcanych,
- elementów poddanych działaniu sił osiowych.

Wzmocnia się zarówno konstrukcje betonowe i żelbetowe, jak i murowe, drewniane oraz stalowe (fot. 1).

Podstawowy podział materiałów kompozytowych dotyczy ich budowy we-

wnętrznej. Obejmuje on materiały jedno- i wielowarstwowe. Podział ten uwzględnia też ułożenie włókien w jednym lub dwóch kierunkach. Materiały kompozytowe to wyroby o strukturze niejednorodnej, tworzone z dwóch lub więcej komponentów o różnych właściwościach. Składają się z bardzo dużej liczby małych, ciągliwych, ukierunkowanych, niemetalicznych włókien o wysokich właściwościach mechanicznych, zatopionych w żywicznej matrycy. W zależności od nasycenia włókien powstały laminat ma różne cechy mechaniczne w kierunku podłużnym i poprzecznym. Rozróżniamy kilka głównych typów kompozytów włóknistych FRP stosowanych w budownictwie do wzmocnień konstrukcji:

- **CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer)** – kompozyty na bazie włókna węglowego,
- **GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer)** – kompozyty na bazie włókna szklanego,

- **AFRP (Aramid Fiber Reinforced Polymer)** – kompozyty na bazie włókna aramidowego,

- **BFRP (Basalt Fiber Reinforced Polymer)** – kompozyty na bazie włókna bazaltowego.

Kompozyty FRP występują w formie taśm, laminatów oraz mat o jedno- lub wielokierunkowym układzie włókien (m.in. 0/90° lub 45/135°). Pełnią one funkcję zbrojenia przenoszącego naprężenia rozciągające, podczas gdy matryca epoksydowa odpowiada za ochronę i przenoszenie naprężeń między włóknami. Do zalet FRP należą:

- mały ciężar,
- łatwy montaż,
- możliwość stosowania dużych długości bez złączy,
- odporność na korozję,
- bardzo wysoka wytrzymałość na rozciąganie.

Mimo wielu atutów materiały te mają istotne ograniczenia, np. brak plastyczności



Fot. 2. Wzmocnienie belek zbrojeniem powierzchniowym za pomocą taśm CFRP zakotwionych matą CFRP [4]

charakterystycznej dla stali oraz niską odporność na wysoką temperaturę, co prowadzi do gwałtownego zniszczenia kompozytu po uplastycznieniu żywicy. Systemy wzmocnień FRP możemy podzielić na typ bierny oraz czynny.

**SYSTEMY WZMOCNIEŃ FRP TYPU BIERNEGO**

Bierne wzmocnienie polega na wklejeniu lub naklejeniu kompozytu FRP w tych miejscach elementu konstrukcyjnego, które są niedostatecznie zbrojone bądź uległy nadmiernym odkształceniom. Istnieje wiele różnych systemów wzmocnienia **EAR (Externally Adhesive Reinforcement)**. Zależą one od użytych materiałów składowych oraz techniki wzmacniania. Wyróżniamy systemy utwardzane in situ

(cured in-situ) oraz utwardzone wstępnie (pre-cured).

**Zbrojenie powierzchniowe SBR**

Technika **SBR (Surface Bonded Reinforcement)** opiera się na przyklejeniu zewnętrznego zbrojenia z materiałów kompozytowych do powierzchni betonu równoległe do kierunku głównych naprężeń. Wzmocnienie może być stosowane w postaci taśm lub mat (fot. 2).

**Zbrojenie wklejane w otulinę betonu NSMR**

Technika **NSMR (Near-Surface Mounted Reinforcement)** polega na wklejeniu laminatów kompozytowych w specjalnie wyciętych bruzdach w konstrukcji betonowej na głębokość mniejszą niż otulina



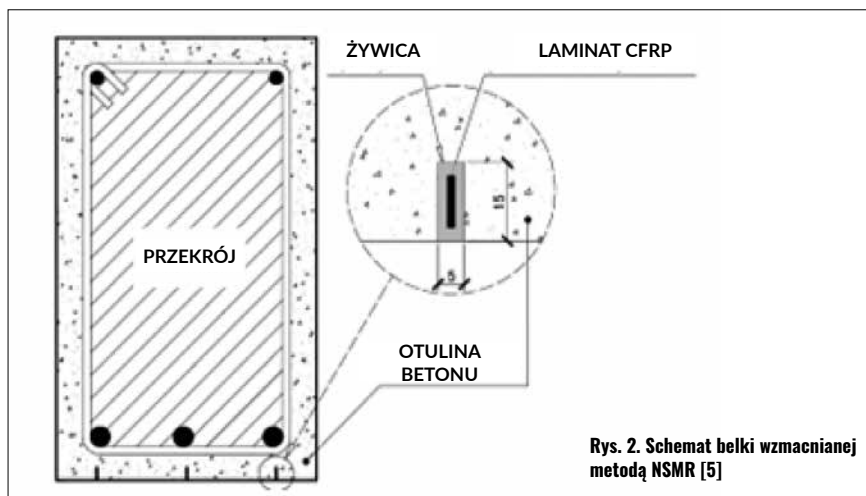
Fot. 3. Przykład montażu laminatów CFRP w konstrukcji żelbetowej [6]

betonu (rys. 2). Metoda ta zapewnia znacznie wyższą efektywność dzięki lepszej przyczepności niż metoda SBR, a kompozyt jest jeszcze dodatkowo chroniony i nie wpływa istotnie na estetykę konstrukcji. Stosuje się pręty o różnych przekrojach i wymaganej ilości zbrojenia. Do wklejania używa się klejów epoksydowych. Tańszą i odporniejszą na wilgoć oraz wysoką temperaturę alternatywą jest zaprawa cementowa.

Do głównych zalet techniki NSMR należą:

- zwiększona przyczepność do powierzchni betonu,
- zmniejszone ryzyko odspojenia spowodowane lokalnym zarysowaniem,
- ochrona przed uszkodzeniami mechanicznymi wzmocnienia,
- stopniowe i kontrolowane odspojenie kompozytu wskutek lokalnej utraty przyczepności,
- łatwiejsze zakotwienie w elemencie konstrukcyjnym,
- minimalna ingerencja w konstrukcję.

Metoda wzmocnień NSMR ma również wady, takie jak konieczność zapewnienia wystarczającej otuliny betonowej dla szczelin oraz bruzd, ograniczona efektywność przy wzmacnianiu na ścianie (wymagająca dwustronnego wklejenia kompozytu), a także stosunkowo wysokie koszty wykonania. Mimo to technika NSMR stanowi skuteczną i ekonomiczną w ujęciu całkowitym metodę wzmacniania konstrukcji żelbetowych, umożliwiającą poprawę ich wytrzymałości i nośności bez konieczności przeprowadzania rozległych prac remontowych.



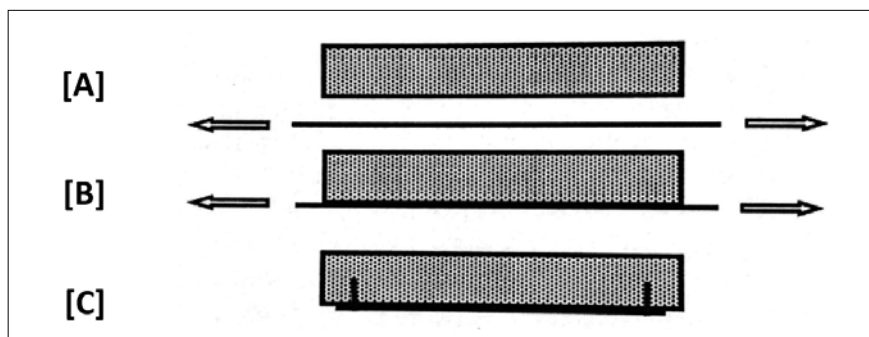
Rys. 2. Schemat belki wzmacnianej metodą NSMR [5]

**SYSTEMY WZMOCNIEŃ FRP TYPU CZYNNEGO**

Wzmocnić konstrukcję można za pomocą sprężonych kompozytów FRP, które skutecznie poprawiają wytrzymałość i nośność istniejących elementów budowlanych. W tym przypadku wpływ na jakość i efektywność wzmocnienia mają technika mon-

tażu oraz zakotwienia zbrojenia. Metody sprężania wykorzystują zewnętrzne konstrukcje, które umożliwiają wprowadzenie naciągu kompozytu zbrojącego, a następnie utrzymanie stanu sprężenia do czasu aplikacji na powierzchni betonu. Zewnętrzne elementy kotwiące mają zazwyczaj postać bloków oporowych z zamon-

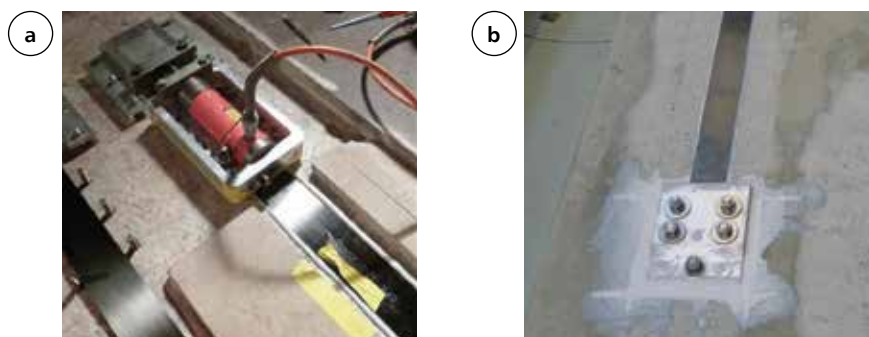
towanymi siłownikami hydraulicznymi pozwalającymi na zamocowanie i naprężenie zbrojenia kompozytowego. Wraz z rozwojem systemów wzmocnień wprowadzono rozwiązanie, dzięki któremu jest możliwe sprężenie bezpośrednio na wzmocnianym elemencie. Metoda tego typu wykorzystuje urządzenia sprężające mocowane bezpośrednio do powierzchni konstrukcji. Powoduje to, że siła sprężająca jest przekazywana na wzmocniany element już podczas naprężania zbrojenia. Zastosowanie sprężonych materiałów FRP ma wiele zalet. Główną jest to, że podczas fazy sprężania gros betonu jest ściskane. W efekcie wzrasta sztywność oraz nośność elementu. Sprężenie zwiększa trwałość poprzez redukcję zarysowania, a ewentualnie powstające rysy są drobno rozmieszczone i mają niewielką szerokość. Technika ta jest niestety droższa i bardziej skomplikowana niż tradycyjne metody SBR oraz NSMR.



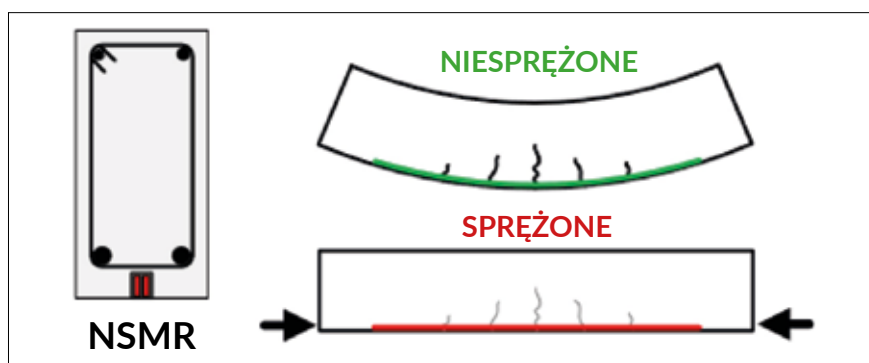
Rys. 3. Schemat wzmocnienia za pomocą systemu sprężania materiałów FRP: a) sprężenie kompozytu, b) łączenie do powierzchni betonu, c) końcowe kotwienie i zwalnianie sprężenia po stwardnieniu kleju [7]



Rys. 4. Schemat systemu sprężającego wykorzystywanego bezpośrednio na wzmocnianym elemencie [8]



Fot. 4. Przykład montażu systemu wzmocnienia za pomocą sprężania: a) naciąg materiału kompozytowego za pomocą siłowników hydraulicznych bezpośrednio na wzmocnianym elemencie, b) mechaniczne zakotwienie [8]

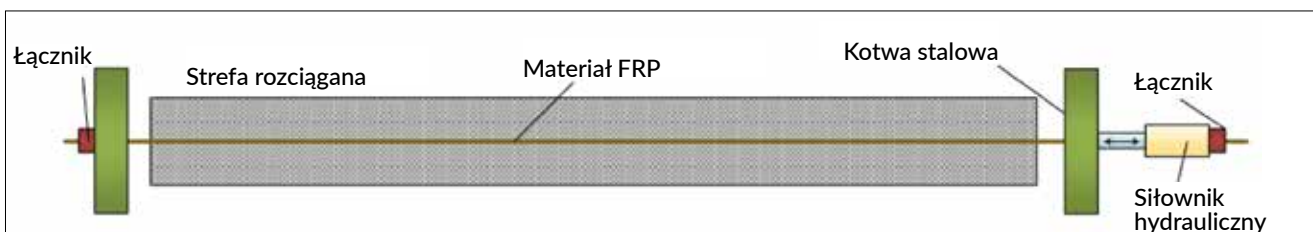


Rys. 5. Schemat systemu NSMR oraz mechanizm działania sprężenia zbrojenia kompozytowego [9]

**Kotwowe i bezkotwowe systemy sprężania**

W przypadku kotwowego systemu sprężania materiały FRP są wstępnie naprężane za pomocą hydraulicznych siłowników, a następnie łączone z powierzchnią betonu za pośrednictwem żywic epoksydowych oraz metalowych kotew. Te ostatnie są wkręcane lub wbijane w beton, aby zapewnić pewne i trwałe połączenie. System bezkotwowy różni się jedynie tym, że po naprężeniu taśm zostają one przyklejone do powierzchni wzmocnianego elementu bez dodatkowych kotew.

Należy zwrócić szczególną uwagę w czasie wstępnego naciągu, aby odbywał się on w sposób kontrolowany i monitorowany. Gdy siła sprężająca jest zbyt duża, podczas jego zwalniania może dojść do zniszczenia elementu wzmocnianego oraz materiałów kompozytowych. Badania wykazały, że w przypadku braku odpowiednich zakotwień mechanicznych taśmy CFRP mogą ulegać odspojeniu już przy relatywnie niewielkim poziomie naprężenia wstępnego. Ogranicza to znacząco efektywność wzmocnienia. Dlatego najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie kotew mechanicznych, dzięki którym



Rys. 6. Schemat działania pośredniego systemu sprężającego (widok z góry) [9]



Fot. 5. Przykład realizacji pośredniego sprężania systemu NSMR [10]

można zwiększyć wartość siły sprężającej do ok. 50% wytrzymałości kompozytu na rozciąganie.

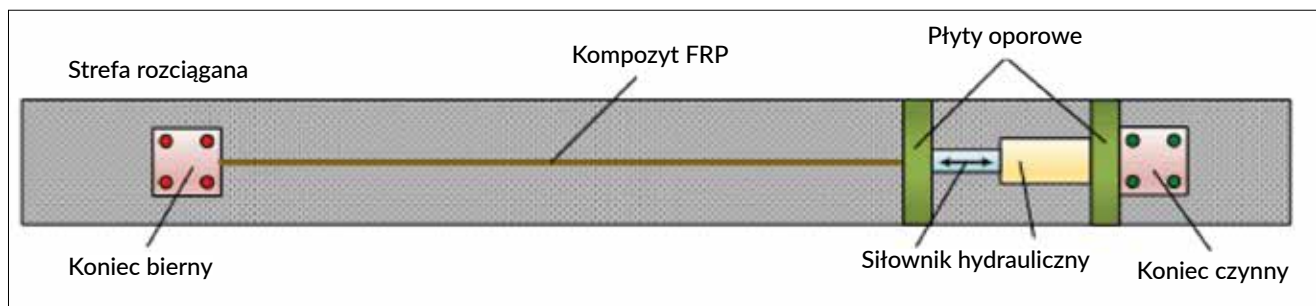
**Zbrojenie wklejane w betonową otulinę NSMR**

Wzmocnienia NSMR są znacznie bardziej efektywne w porównaniu ze wzmocnieniami powierzchniowymi SBR. Wklejane taśmy laminatu w otulinę betonu wykazują lepszą przyczepność do betonu niż taśmy przyklejane powierzchniowo. Mogą więc przenosić znacznie wyższe siły rozciągające, co bezpośrednio wpływa na nośność wzmocnianego elementu. Spośród biernych i czynnych metod EAR to te drugie w dużym stopniu przyczyniają się do po-

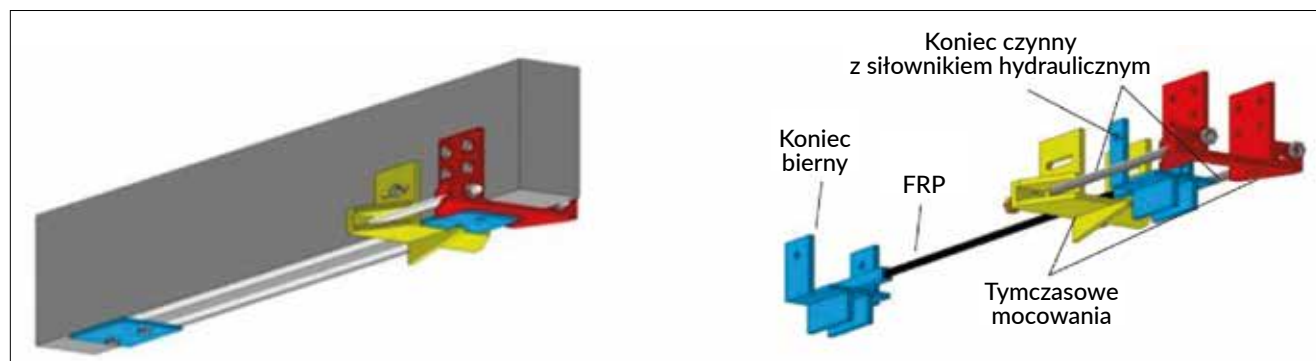
prawy warunków użytkowania konstrukcji oraz jej wzmocnienia. Sprężanie materiałów kompozytowych wklejonych w bruzdy jest bardziej skomplikowane niż sprężanie taśm zewnętrznych. Skuteczność i efektywność czynnego wzmocnienia NSMR są wyraźnie wyższe. Dotyczy to zwłaszcza elementów konstrukcji żelbetowych wzmocnianych na zginanie.

Do głównych zalet tego systemu należą:

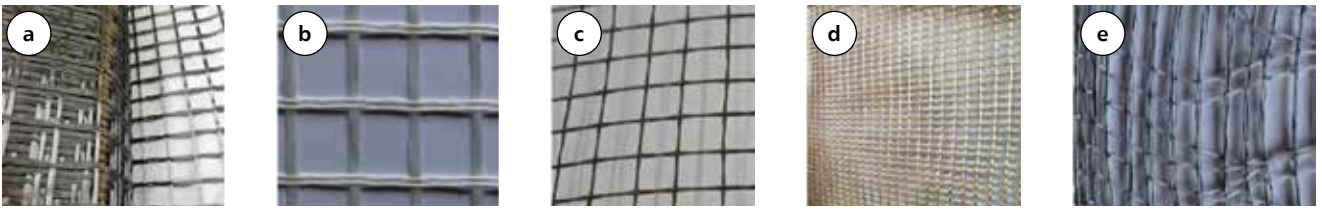
- poprawa stanu granicznego użyteczności, zmniejszenie ugięć oraz szerokości rozwarcia rys;
- poprawa stanu granicznego nośności;
- wzrost nośności na ścinanie z uwagi na obecność siły sprężającej w strefie ścinania;



Rys. 7. System bezpośredniego systemu sprężającego [9]



Rys. 8. Schemat systemu sprężającego z czynnym i biernym zakotwieniem [9]



Fot. 6. Siatki stosowane w kompozytach FRCM: a) włókna węglowe, b) włókna szklane, c) włókna bazaltowe, d) włókna PBO, e) włókna stalowe [11]

• poprawa nośności w warunkach obciążeń dynamicznych i cyklicznie zmiennych.

Czynne wzmocnienie metodą NSMR dzieli się na dwie kategorie:

- sprężanie pośrednie, przy użyciu niezależnego systemu sprężającego;
- sprężanie bezpośrednie, przy użyciu bezpośredniego montażu na wzmocnianym elemencie.

**System sprężania pośredniego NSMR**

Siła sprężająca jest tu przekazywana na kompozyt umieszczony w bruzdach wypełnionych żywicą epoksydową poprzez naprężenia końców taśm/prętów na zewnętrznej stalowej ramie. Po uzyskaniu odpowiedniej wytrzymałości przez zaprawę klejową system jest demontowany, a naprężenie z kompozytu przekazywane na wzmocniany element. Takie systemy sprężania nie mają jednak podstaw praktycznego zastosowania na elementach wymagających wzmocnienia w rzeczywistych obiektach [9].

**System sprężania bezpośredniego NSMR**

W systemie sprężania bezpośredniego taśmy/pręty CFRP są naciągane bezpośrednio na elemencie. Montaż rozpoczyna się od wypełnienia bruzd klejem epoksydowym. Następnie kompozyt umieszcza się w bruzdzie na całej długości wzmocnianego elementu. Zbrojenie jest sprężane na obu końcach przy użyciu siłownika hydraulicznego przymocowanego do stalowych kotew. System składa się z tymczasowych i stałych elementów sprężających. Jedna kotwa stanowi koniec bierny i jest na stałe zamocowana przy użyciu śrub kotwiących, natomiast druga to koniec czynny, który umożliwia swobodny ruch końca materiału sprężanego przy zastosowaniu siłownika hydraulicznego.

Systemy wzmocnień czynnych wklejanych w betonową otulinę NSMR są skuteczną metodą poprawy wytrzymałości i nośności istniejących konstrukcji żelbetowych, która zapewnia ich trwałość i bezpieczeństwo. Kluczową kwestią jest jednak prawidłowe zaprojektowanie, wykonanie oraz kontrola jakości całego procesu.

**WZMACNIANIE ZA POMOCĄ SYSTEMU FRCM**

Wzmocnienie konstrukcji żelbetowych za pomocą systemu **FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix)** jest jedną z technik poprawy wytrzymałości i nośności istniejących elementów budowlanych. Kompozyt FRCM składa się z siatki z włókien węglowych, szklanych, bazaltowych, PBO bądź stalowych zatopionych w matrycy mineralnej. Tkanina z włókien pełni rolę zbrojenia zewnętrznego przyklejanego do wzmocnianych elementów za pomocą modyfikowanej zaprawy cementowej, która jest jednocześnie matrycą kompozytu. Włókna używane w tym procesie charakteryzują się wysoką wytrzymałością na rozciąganie oraz wysokimi odkształceniami granicznymi.

Włókna PBO mają najwyższą wytrzymałość i odkształcalność spośród wszystkich włókien kompozytowych. Dzięki obecności atomów węgla, tlenu oraz azotu

mogą tworzyć wiązania chemiczne z matrycami cementowymi, co umożliwia skuteczną współpracę z zaprawą w systemach FRCM. Podczas aplikacji tkanina jest osadzana w matrycy cementowej i po utwardzeniu stanowi zewnętrzne zbrojenie przenoszące siły rozciągające, które są stabilizowane przez warstwę zaprawy. W przeciwieństwie do kompozytów FRP, w których żywica epoksydowa ma niską odporność na podwyższone temperatury, systemy FRCM zachowują funkcjonalność nawet w warunkach pożarowych – choć również wykazują spadek nośności. Dodatkowo mogą być stosowane na wilgotnym i nieregularnym podłożu, są bardziej przyjazne środowisku i nie wymagają kosztownych zabezpieczeń termicznych. Proces wzmocniania FRCM obejmuje przygotowanie podłoża, aplikację pierwszej warstwy matrycy, ułożenie tkaniny oraz pokrycie jej kolejną warstwą. System ten znajduje szczególne zastosowanie przy wzmocnianiu belek żelbetowych (EB, NSM), gdzie używa się różnych typów strzemion, m.in. W, SB oraz U (rys. 9).

FRCM jest mniej wydajny mechanicznie niż FRP, a jego skuteczność zależy od liczby warstw, geometrii siatki i jakości pokrycia włókien zaprawą. Typowym mechanizmem zniszczenia w belkach



Rys. 9. Schemat wzmocnienia belki [12]

wzmacnianych FRCM jest odspojenie kompozytu od powierzchni elementu.

W przypadku wzmacniania belek żelbetonowych na zginanie kompozytem FRCM preferowane jest jego przytwierdzenie do rozciąganej powierzchni elementu. Wzmocnienie stosuje się na całej długości belki lub paśmie na środku

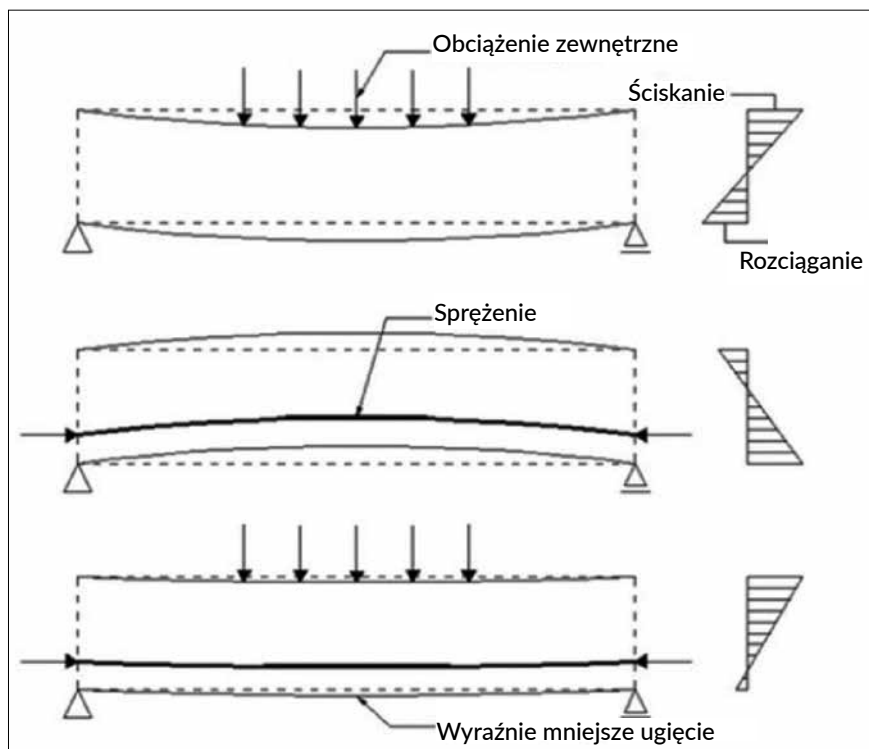
belki o odpowiedniej długości, która wynika z wcześniejszej analizy oraz obliczeń. Wzmocnienia na zginanie ulegają najczęściej zniszczeniu z powodu odspojenia otuliny betonowej w miejscu przytwierdzenia kompozytu, odspojenia kompozytu na styku siatka-matryca. Badania materiałowe wykazały, że kompozyty FRCM

z włóknami o większej wytrzymałości na rozciąganie powodują większy efekt wzmacniający dla konstrukcji.

## WZMACNIANIE POPRZEC SPRĘŻANIE

Wzmocnienia konstrukcji, takie jak zastosowanie dodatkowego zbrojenia, nadbetonu lub doklejanie taśm, mat albo zbrojenia kompozytowego – klasyfikowane jako metody pasywne wzmocnienia konstrukcji – spełniają swoją rolę po jej dociążeniu. W niektórych sytuacjach może się okazać zasadnym zastosowanie metody aktywnej, takiej jak wzmacnianie przez sprężenie. Sama idea sprężania konstrukcji jest dobrze zilustrowana schematem przedstawionym na rys. 10. Taka celowa ingerencja w siły wewnętrzne konstrukcji może pozwolić na redukcję strzałki ugięcia czy ograniczenie lub nawet domknięcie zarysowań konstrukcji żelbetonowej. Zastosowanie aktywnej metody wzmocnienia jest często jedynym możliwym rozwiązaniem, dzięki któremu można przywrócić użyteczność konstrukcji. Proces ten zakłada dodanie dodatkowych elementów konstrukcyjnych, które są sprężane. Współcześnie są to zewnętrzne ciągną bez przyczepności wykonane ze splotów z niskowęglowej stali sprężającej lub prętów sprężających ze stali walcowanej o podwyższonej wytrzymałości.

Najczęściej wykorzystywane ciągną bez przyczepności są wykonane z pojedynczych splotów siedmiodrutowych **typu Monostrand** (rys. 11), umieszczonych w osłonie z twardego polietylenu. Jest ona wypełniona mieszaniną parafin i smarów z dodatkiem inhibitorów korozji. Należy pamiętać, że zewnętrzne ciągną sprężające są szczególnie narażone na uszkodzenia mechaniczne oraz niekorzystne oddziaływanie środowiska, w tym korozji oraz wysokich temperatur podczas pożaru. W celu zabezpieczenia



Rys. 10. Schemat działania efektu sprężenia konstrukcji [13]



Rys. 11. Budowa ciągną bez przyczepności typu Monostrand [14]



Rys. 12. Przykład ciągną sprężającego typu Macalloy z gwintem [15]

– właśnie z uwagi na trwałość i odporność pożarową – ciągnie się do osłonek z polipropylenu lub polietylenu, a przestrzeń między osłonkami wypełnia modyfikowaną domieszkami iniekcją cementową. Stanowi to bardzo dobrą ochronę antykorozyjną stali, zabezpiecza przed uszkodzeniami mechanicznymi oraz wysokimi temperaturami.

Drugim rodzajem cięgien wykorzystywanych przy wzmacnianiu przez sprężanie są sztywne pręty sprężające, np. **typu Macalloy** (rys. 12). Zazwyczaj stosuje się je na krótkich, prostoliniowych odcinkach. Mają one na części lub na całej długości prętą gwint, który umożliwia stosowanie nakrętki jako zakotwienia mechanicznego cięgna. Pręty są zwykle wykonane ze stali wysokowęglowej, walcowanej na zimno. Ich wytrzymałość charakterystyczna mieści się w przedziale 1000–1200 MPa.

Zakotwienia cięgien sprężających muszą przenosić pełną siłę zrywającą, niezależnie od rodzaju zastosowanego cięgna. Najczęściej używa się stożkowych szczęk osadzanych w stalowej tulei, co jednak powoduje częściową utratę wstępnego naciągu. Alternatywą są zakotwienia śrubowe, umożliwiające jego kompensację poprzez dokręcenie nakrętki. Rozwiązanie to dominuje w przypadku prętów sprężających.

Współczesne technologie wzmocnień przez sprężenie pozwalają niemal w pełni wykorzystać wytrzymałość materiałów, podczas gdy wzmocnienia pasywne (np. FRP) cechuje niższa efektywność. Zagadnienie to jest szeroko omawiane m.in. podczas Warsztatów Pracy Projektanta Konstrukcji [16, 17]. Proces projektowania należy rozpocząć od szczegółowej oceny stanu technicznego konstrukcji, a następnie przeprowadzić analizę stanów granicznych nośności i użyteczności – również w sytuacjach przejściowych. W projekcie powinny zostać uwzględnione kwestie trwałości, w tym ryzyko korozji i wpływ wysokiej temperatury na cięgna. Sprężenie jako metoda aktywna zwiększa nośność, ogranicza ugięcia i rysy, a także umożliwia przyszłą wymianę cięgien,

co wpisuje się w ideę zrównoważonego rozwoju. Mimo wysokich wymagań projektowych oraz wykonawczych technika ta oferuje wiele możliwości zastosowań. Jednym z przykładów jest przebudowa Mostu gen. Grota-Roweckiego w Warszawie [18].

## PODSUMOWANIE

Współczesne metody wzmacniania konstrukcji żelbetowych stanowią połączenie zaawansowanej wiedzy inżynierskiej i innowacyjnych technologii materiałowych. Zastosowanie kompozytów FRP i FRCM oraz technik sprężania pozwala skutecznie zwiększać nośność, trwałość i bezpieczeństwo obiektów przy jednoczesnej minimalnej ingerencji w ich strukturę. Dobór odpowiedniego systemu wzmacniania powinien być zawsze poprzedzony dokładną analizą stanu technicznego konstrukcji, warunków jej pracy oraz oczekiwanego efektu. Rozwój nowych materiałów i metod projektowych wskazuje, że **przyszłość wzmacniania konstrukcji żelbetowych należy do rozwiązań lekkich, wytrzymałych oraz przyjaznych środowisku**, które umożliwią długotrwałe i bezpieczne użytkowanie obiektów budowlanych. ■

## Literatura

- [1] Gołdyn M., „Inżynierskie metody obliczeń wzmocnień konstrukcji żelbetowych” w: *Naprawy i wzmocnienia konstrukcji – konstrukcje żelbetowe*, t. II, XXXVII Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji, Wiśła, 2023, Warszawa: PZITB, 2023.
- [2] Urban T., *Wzmacnianie konstrukcji żelbetowych metodami tradycyjnymi*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2015.
- [3] SP Reinforcement, Systemy wzmacniania konstrukcji [dostęp: 20.12.2025], SP Reinforcement: <https://www.sp-reinforcement.eu>.
- [4] Kałuża M., Bartosik T., „Wzmacnianie konstrukcji budowlanych materiałami kompozytowymi FRP” [dostęp: 20.12.2025], *Inżynier Budownictwa*: <https://www.inzynierbudownictwa.pl/wzmacnianie-konstrukcji-budowlanych-materialami-kompozytowymi-frp/>.
- [5] Sena-Cruz J., Barros J., Azevedo A., „Analysis of the bond between near surface mounted CFRP laminate strips and concrete” w: *Proceedings of the 11th International Conference on Fracture (ICF11)*, Turyn, 2005.
- [6] „Carbon Fiber Reinforced Polymers (CFRP) Strengthening – NSMR” [dostęp: 20.12.2025], CivilArc: <https://www.civilarc.com/carbon-fiber-reinforced-polymers-cfrp-strengthening-nsmr>.
- [7] Kotynia R., „Wzmacnianie konstrukcji żelbetowych materiałami FRP” w: *Naprawy i wzmocnienia konstrukcji – konstrukcje żelbetowe*, t. III, XXXVII Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji, Wiśła, 2023, Warszawa: PZITB, 2023.
- [8] „Prestressed FRP System – Laminates” [dostęp: 20.12.2025], HORS: <https://www.horseen.com/prestressed-FRP-System/prestressed-fiber-reinforced-polymer-laminat>.
- [9] El-Hacha R., Rojob H., „FRP prestressing systems for flexural strengthening of structural elements – A review” w: *Construction and Building Materials*, 2016.
- [10] „Beams Strengthened with Prestressed CFRP Strips” [dostęp: 20.12.2025], HORS: <https://www.horseen.com/solution/beams-strengthened-prestressed-cfrp-strip>.
- [11] „Systemy FRP i FRCM” [dostęp: 20.12.2025], TATRA: <https://www.tatran.pl/materialy/frp-frcm-system>.
- [12] Trapko T., Musiał M., Marcinczak D. i in., „Wzmacnianie elementów żelbetowych systemem FRCM” w: *Naprawy i wzmocnienia konstrukcji – konstrukcje żelbetowe*, t. III, XXXVII Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji, Wiśła, 2023, Warszawa: PZITB, 2023.
- [13] Klepacka J., „Konstrukcje sprężone – podstawowe różnice między założeniami technologicznymi w struno- i kablobetonach” [dostęp: 20.12.2025], *Inżynier Budownictwa*: <https://www.inzynierbudownictwa.pl/konstrukcje-sprezone-podstawowe-roznicze-miedzy-zalozeniami-technologicznymi-w-struno-i-kablobetonach>.
- [14] „Strand Systems” [dostęp: 20.12.2025], Freyssinet: <https://www.freyssinet.com/solution/build/cable-systems/strands>.
- [15] „Pręty sprężające” [dostęp: 20.12.2025], BBR Polska: <https://www.bbr.pl/oferta/sprezanie-konstrukcji/prety-sprezajace>.
- [16] Derkowski W., Walczak R., „Wzmacnianie konstrukcji budowlanych przez sprężenie” w: *Naprawy i wzmocnienia konstrukcji – konstrukcje żelbetowe*, t. III, XXXVII Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji, Wiśła, 2023, Warszawa: PZITB, 2023, s. 407–452.
- [17] Sierko R., Dyduch K., Derkowski W., „Wzmacnianie konstrukcji żelbetowych przez sprężenie” w: *Materiały XXI Ogólnopolskiej Konferencji Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji*, t. III, Szczyrk, 2006, s. 27–64.
- [18] Kasprzak A., Berger A., „Strengthening and Widening of Steel Single Box Girder Bridge in Warsaw” w: *Structural Engineering International*, 2019, Taylor & Francis Online: doi.org/10.1080/10168664.2019.1625296.

# Od wykładu do budowy – jak kształcić inżynierów w XXI w.?

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Wilde, rektor Politechniki Gdańskiej i doświadczony inżynier, mówi o wyzwaniach współczesnej branży budowlanej, roli cyfryzacji i innowacji w konstrukcjach żelbetonowych oraz o tym, jakie kompetencje będą kluczowe dla przyszłych inżynierów.

## Jak ocenia Pan obecną kondycję polskiej branży budowlanej, zwłaszcza w segmencie konstrukcji żelbetonowych?

Chciałbym odnieść się do tego pytania w kontekście moich ostatnich doświadczeń zawodowych, w tym wyjazdów zagranicznych. W szczególności miałem okazję kilkakrotnie pojechać do Niemiec. Muszę przyznać, że obserwując tamtejszą infrastrukturę, byłem dumny z rozwoju polskiego budownictwa, również w segmencie konstrukcji żelbetonowych. Wyraźnie widać, że nowoczesne rozwiązania technologiczne oraz potencjał organizacyjny, jaki wypracowały polskie firmy budowlane, przełożyły się na bardzo znaczący postęp. Nieco inaczej należy jednak spojrzeć na ogólną kondycję branży, analizując ją od strony ekonomicznej. Ostatnie lata, a także najprawdopodobniej bieżący rok, są i będą dla sektora budowlanego trudne. Jeśli chodzi o konstrukcje żelbetonowe, uważam, że polska myśl inżynierska, szczególnie w przypadku złożonych obiektów, prezentuje bardzo wysoki poziom. Jako mostowiec mogę stwierdzić, że sposób wykorzystania betonu w tego typu konstrukcjach w niczym nie odbiega od światowych praktyk inżynierskich ani od standardów stosowanych w najlepszych realizacjach na świecie.

## Czy współczesna branża budowlana nadąża za rozwojem wiedzy i technologii w zakresie konstrukcji żelbetonowych?

Być może powinienem chwalić uczelnie i wskazywać je jako miejsca, w których



prezentuje się i rozwija najnowsze technologie oraz pokazuje innowacyjne podejścia, ale tak nie jest. Obecnie to właśnie w dobrze zorientowanych, dużych korporacjach, które zajmują się np. przygotowaniem mieszanek betonowych oraz komponentów do nich, a także wieloma istotnymi elementami związanymi z projektowaniem i kształtowaniem betonu, powstają największe i najbardziej nowoczesne rozwiązania. I pojawia się pytanie,

czy regulacje prawne nadążają za tym, co tworzy się w przemyśle? Odpowiedź brzmi: nie. Takim prostym przykładem są bardzo popularne obecnie w wielu gałęziach gospodarki drukarki 3D, czyli zastosowanie materiałów kompozytowych. Budownictwo jest jednak branżą tradycyjną i w praktyce większość regulacji albo zabrania takich rozwiązań, albo uniemożliwia ich bezpośrednie zastosowanie, albo rodzi tak duże trudności, że nawet

ciekawy produkt, który mógłby ułatwić realizację konkretnej inwestycji, nie może zostać wprowadzony, ponieważ nikt nie chce wziąć za to odpowiedzialności.

Innowacyjność jest duża, natomiast dostosowanie prawa, regulacji i norm przebiega trochę wolniej. Szkoda, bo konkurencyjność Polski i Europy powinna polegać na tym, że potrafimy coś zrobić lepiej, szybciej i ciekawiej, innymi słowy: dobrze wykorzystać nowe rozwiązania technologiczne.

dysponująca specjalistycznym oprogramowaniem, które umożliwia stworzenie trójwymiarowego modelu obiektu w środowisku BIM, a następnie jego konwersję do postaci komponentów numerycznych wykorzystywanych w obliczeniach. Te obliczenia można powiązać z całym procesem realizacji budowy, a na końcu z diagnostyką konstrukcji i jej utrzymaniem. I właściwie ten system cyfrowy, od pomysłu aż do niemalże „śmierci” obiektu,

Zwracam też uwagę, że w przypadku tak zaawansowanych programów, które zazwyczaj wykorzystują tzw. sztuczną inteligencję i opierają się na danych oraz sposobach wnioskowania bazujących na doświadczeniach wielu ludzi, niezwykle istotna jest kontrola. Korzystanie z takich modeli, tworzenie projektów i realizacja inwestycji w oparciu o niemal pełny nadzór cyfrowy wymagają bardzo dokładnej weryfikacji.



### Jaką rolę odgrywa dziś cyfryzacja branży w kontekście bezpieczeństwa i trwałości obiektów żelbetowych?

Cyfryzacja to rewolucja w życiu każdego z nas, zarówno w budownictwie, jak i projektowaniu konstrukcji żelbetowych. Proszę sobie wyobrazić, że kiedyś, aby narysować projekt niedużego obiektu żelbetowego, np. liczącego 15 kondygnacji, trzeba było dysponować sztabem ludzi. Dziś często wystarczy jedna osoba,

umożliwia bardzo precyzyjne zarządzanie całym tym procesem. To jest rewolucja. Taką pracę może wykonać zaledwie kilka osób, zamiast dużego, specjalistycznego zespołu. Natomiast jak to bywa w przypadku zaawansowanych programów, ci, którzy je obsługują, są specjalistami wysokiej klasy. Trudno nazwać ich informatykami, bo muszą to być inżynierowie budownictwa z niebywałą wiedzą oraz umiejętnością korzystania z wielu cyfrowych narzędzi.

Musi być bardzo precyzyjnie określony sposób, w jaki każda część realizacji, bazującej w dużej mierze na modelu cyfrowym, jest projektowana, sprawdzana i wykonywana.

Dodam jako ciekawostkę, że liczba studentów na kierunku budownictwo w ostatnim roku na Politechnice Gdańskiej znacząco wzrosła i, co ciekawe, jest w liczbach bezwzględnych większa niż na informatyce. Jednym z powodów jest to, że wiele

programów informatycznych może dziś tworzyć sztuczna inteligencja, natomiast na budowie tak szybko się to nie zmieni. Człowiek pozostanie podstawowym czynnikiem działania, funkcjonowania oraz realizacji zadań budowlanych.

### Jakie największe wyzwania stoją dziś przed projektantami i wykonawcami konstrukcji żelbetowych?

O kadrach i studentach już wspominałem, ale największym wyzwaniem dla dalszego, szybkiego rozwoju branży zarówno w projektowaniu, jak i w wykonawstwie konstrukcji żelbetowych są właśnie kadry. Ich jakość będzie kluczowa dla tego, jak ta branża będzie się rozwijać w przyszłości.

Po pierwsze, potrzebujemy wysoko wykwalifikowanych inżynierów, potrafiących samodzielnie myśleć, podejmować ryzyko i decydować, a nie tylko biernie czekać na zakończenie jakiegoś działania. Niezbędni są inżynierowie odpowiedzialni, inteligentni i pracowici. To jest niewątpliwie jedno z największych wyzwań, z którymi będziemy się mierzyć. Dlatego branża, izby inżynierów budownictwa i uczelnie powinny wspólnie spróbować ten problem rozwiązać.

## Rozwój kompetencji miękkich i ciągle podnoszenie kwalifikacji stanowią fundament nowoczesnej kariery inżyniera budownictwa.

A odnosząc się już bezpośrednio do konstrukcji żelbetowych: realizowany w krajach unijnych program Fit for 55 stanowi pewne wyzwanie – może nie tyle zagrożenie, co komplikację w stosowaniu tych konstrukcji. Wymogi środowiskowe zakładają, że należy ograniczać procesy, w których emisja CO<sub>2</sub> jest największa. Niestety, produkcja cementu nigdy nie będzie procesem niskoenergetycznym – zawsze będziemy musieli zużyć relatywnie dużo energii. Zwracam też uwagę, że beton jest najlepszym, najłatwiejszym

w kształtowaniu i jednocześnie najtańszym materiałem, z którego można realizować obiekty budowlane.

Dlatego do wymogów środowiskowych powinniśmy podchodzić w sposób elastyczny, a nie dogmatyczny – nie stosując prostej zasady, że wszystko, co wysokoenergetyczne, jest niedobre i nie nadaje się do zastosowania. Należy poszukiwać rozwiązań, które pozwolą zrównoważyć aspekty środowiskowe z kosztami, sprawnością realizacji oraz trwałością konstrukcji, zwłaszcza żelbetowych.

### Czy widzi Pan lukę kompetencyjną między oczekiwaniami rynku budowlanego a przygotowaniem młodych inżynierów do pracy zawodowej?

W tym wypadku odpowiedź będzie precyzyjna – tak, widzę wyraźną lukę, która raczej będzie się powiększać. Problem polega na tym, że sposób wykształcenia młodych inżynierów często nie odpowiada realnym potrzebom firm wykorzystujących w sposób zaawansowany m.in. żelbet jako materiał budowlany.

Część przyczyn tkwi w systemie szkolnictwa wyższego – studia są podzielone na inżynierskie pierwszego stopnia

i magisterskie drugiego stopnia, a tytuł inżyniera uzyskuje się po 3,5 roku nauki. Młody człowiek po szkole średniej musi mieć solidne podstawy z matematyki i fizyki, które są niezbędne do funkcjonowania na uczelni technicznej. Jednocześnie rozwój i ugruntowanie tych kompetencji w trakcie studiów wymagają od uczelni dużej aktywności oraz odpowiedniego wsparcia dydaktycznego. Politechnika Gdańska należy przy tym do tzw. dziesiątki uczelni badawczych, co daje jej dodatkowe możliwości w kształceniu młodych inżynierów.

Mamy bardzo dobrych studentów na większości kierunków, także na budownictwie, ale niezależnie od tego niezbędne jest wyrównanie poziomu z matematyki, fizyki i innych przedmiotów podstawowych. To zajmuje minimum 1,5 roku, a często nawet 2 lata. W drugim i trzecim roku studiów wchodzi przedmioty kierunkowe, takie jak konstrukcje żelbetowe, stalowe oraz technologia betonu. W praktyce dopiero w ostatnim semestrze, przy pracy dyplomowej, student ma okazję naprawdę zetknąć się z tematami dotyczącymi projektowania, wykonawstwa i utrzymania obiektów budowlanych. Jest prawie niemożliwe, aby po tak krótkim czasie absolwent posiadał kompetencje niezbędne na rynku pracy w branży budowlanej.

Jestem zmuszony wspomnieć o firmach budowlanych, które właściwie przeszkadzają nam w kształceniu inżynierów. Na Politechnice Gdańskiej ok. 70% studentów zaczyna pracę w przedsiębiorstwach mniej więcej pod koniec drugiego lub na początku trzeciego roku nauki. Dla nich praca w firmie budowlanej staje się istotniejszym elementem życia i często ważniejszym niż zdobywanie wiedzy na uczelni. Staramy się to pogodzić, ale student pracujący i uczący się jednocześnie nie będzie miał takich kompetencji oraz wiedzy, jakich byśmy oczekiwali.

Na studia magisterskie trafia dziś tylko ok. 25% studentów, kiedyś byli to niemal wszyscy. W praktyce oznacza to, że nie ma możliwości przygotowania wysoko wyspecjalizowanego inżyniera, który od razu mógłby pełnić rolę kreatora rozwiązań budowlanych w firmie.

### Jakie umiejętności będą kluczowe dla przyszłych inżynierów budownictwa w najbliższych latach?

Pewnie nie będę tutaj oryginalny, ale uważam, że najważniejsze są kompetencje miękkie: umiejętność komunikacji, pracy w zespole, dostosowania się do grupy, przyjęcia poleceń lidera, a czasami przejścia jego roli. Chodzi o zdolność

tworzenia sprawnego zespołu i bycia jego wartościowym elementem. Uważam, że to jest najważniejsze.

Drugi, bardzo ważny punkt to elastyczność. Pod tym pojęciem kryje się również kształcenie przez całe życie. Nie ma już takiej możliwości jak kiedyś, że kończy się studia, dostaje tytuł inżyniera czy magistra i przez całe życie zawodowe wykorzystuje się to, czego nauczono się na uczelni. Technologie i rozwiązania zmieniają się praktycznie co rok. Nie można bazować wyłącznie na tym, co wyniosło się ze studiów. Należy od razu założyć, że co jakiś czas trzeba będzie uczestniczyć np. w szkoleniach i studiach podyplomowych. I nie odnoszę się tylko do sektora konstrukcji żelbetonowych, ale całej branży budowlanej.

Podsumowując, konieczne są: kompetencje miękkie, zdolność pracy w zespole, elastyczność i podnoszenie kwalifikacji przez całe życie. To jest niezbędne, żeby inżynier budownictwa mógł w dobrej firmie realizować ciekawe i nowoczesne inwestycje.

### **Jak powinna wyglądać współpraca środowiska akademickiego z branżą budowlaną, aby realnie wpływać na jakość projektowania i wykonawstwa konstrukcji?**

To bardzo dobre pytanie, na które nie da się odpowiedzieć jednym zdaniem ani wskazać jednego prostego rozwiązania. Należy pamiętać, że młody człowiek, który przychodzi na studia, musi najpierw zdobyć solidne podstawy teoretyczne. I to bez względu na to, czy jest sztuczna inteligencja oraz czy istnieją świetne narzędzia, z których później będzie korzystał.

Powinny zdobyć podstawową wiedzę oraz zrozumienie procesów zachodzących w konstrukcjach i budownictwie. Dopiero potem możemy się zastanawiać, jak to zrobić, aby po studiach mógł on płynnie wejść na rynek pracy.

Pamiętajmy też, że na uczelni nie zdobywa się praktycznych umiejętności. Staże i praktyki budowlane trwają zazwyczaj tylko kilka miesięcy i trudno

powiedzieć, czy faktycznie pozwalają je nabyć. W moim przekonaniu – nie. Przede wszystkim uczelnia powinna kształtować człowieka myślącego, który potrafi rozróżnić stopień trudności zadania, określić zakres niezbędnych prac oraz dobrać odpowiednie narzędzia, aby rozwiązać dany problem lub poprowadzić dany proces.

## **Na studia magisterskie trafia dziś tylko ok. 25% studentów, kiedyś byli to niemal wszyscy.**

Natomiast skomponowanie tej podstawowej współpracy jest niezwykle trudne. Firmy budowlane powinny czynnie i aktywnie uczestniczyć przy kształtowaniu programów studiów oraz ich treści. Taka współpraca istnieje, ale moim zdaniem jest tu jeszcze wiele do zrobienia, aby głos projektantów i wykonawców rzeczywiście oddziaływał na sposób kształcenia inżyniera budowlanego.

Ważną rolę w przygotowaniu kadr do pracy w biznesie budowlanym pełnią także Polska Izba Inżynierów Budownictwa i okręgowe izby. To podczas przyznawania uprawnień budowlanych weryfikowane są rzeczywiste kompetencje i doświadczenie inżyniera. Marzeniem jest, aby uczelnia, firmy budowlane i izby inżynierów budownictwa wspólnie zaproponowały zmiany w legislacji, które umożliwiłyby kształcenie bardziej ukierunkowane na potrzeby szeroko rozumianego sektora budowlanego.

### **Jakie są najważniejsze wyzwania i założenia współczesnego programu kształcenia inżynierów budownictwa na Politechnice Gdańskiej?**

Mówię zarówno jako czynny inżynier, jak i profesor na tej uczelni. Największym wyzwaniem jest, by zajęcia były ciekawe – aby studenci mówili, że na uczelni dzieje się coś interesującego, i aby wiedzieli, że uczą się czegoś przydatnego. Niestety, w rozmowach

ze starszymi studentami często odnosi się wrażenie, że część studiów była raczej formalnością. Aby temu sprostać, powołaliśmy Centrum Nowoczesnej Edukacji. Od 5 lat współpracuje ono z naszą kadrą, prowadząc szkolenia i mentoring. Prawie 60% pracowników przeszło już kursy pomagające dostosować zajęcia do potrzeb współczesnych studentów, którzy

komunikują się i postrzegają rzeczywistość zupełnie inaczej niż 20–30 lat temu. Ten współczesny program edukacji musi być też inny, a obowiązujące regulacje na to nie pozwalają. W procesie kształcenia jest wiele wymogów i zaleceń, które trzeba spełnić, co powoduje, że w praktyce poruszamy się w ramach narzuconych przez ministerstwo. Państwowa Komisja Akredytacyjna sprawdza, czy wszystko jest zgodne z zalecanym wzorcem.

Tymczasem świat budownictwa zmienia się dynamicznie, np. w sektorze konstrukcji betonowych nowe materiały i technologie pojawiają się tak szybko, że programy studiów często nie nadążają. Dlatego kilka podstawowych przedmiotów musi być ustalone, ale pozostałe zajęcia powinny być wybierane możliwie elastycznie, mając na uwadze predyspozycje każdego studenta i potrzeby firm budowlanych. Nad takim elastycznym systemem właśnie pracujemy na Politechnice Gdańskiej. Może nie uda się wprowadzić od razu wszystkich zajęć realizowanych w nowoczesny i atrakcyjny sposób, ale zdecydowanie idziemy w tym kierunku i krok po kroku przeprowadzamy w sposobie kształcenia zmiany, które studenci z pewnością docenią. ■

Dziękuję za rozmowę.

Rozmawiała **Anna Dębińska**



# Leczenie w prywatnych szpitalach? Możliwe!

Ubezpieczenie Szpitalne LUX MED – Pełna Opieka

**Pomagamy wrócić do aktywności tak szybko, jak to możliwe**



**Ubezpieczamy i leczymy w szpitalu**, zamiast wypłacać odszkodowanie



**Działamy niezwłocznie**, gdy ubezpieczona osoba dostaje skierowanie do szpitala i poinformuje o tym Koordynatora Opieki Szpitalnej



**Nie musisz szukać miejsca**, terminów ani lekarzy

**LUXMED**  
UBEZPIECZENIA

[luxmed.pl](https://luxmed.pl)

Materiał reklamowy. Obowiązują wyłączenia i ograniczenia odpowiedzialności ubezpieczyciela. LUX MED Ubezpieczenia to nazwa handlowa zakładu ubezpieczeń LMG Försäkrings AB z siedzibą w Sztokholmie, wykonującego w Polsce działalność poprzez oddział LMG Försäkrings AB S.A. Oddział w Polsce z siedzibą w Warszawie. Szczegółowy zakres oraz warunki Ubezpieczenia Szpitalnego LUX MED znajdziesz w OWU dostępnym pod adresem <https://www.luxmed.pl/dla-pacjenta/ubezpieczenia-dla-klientow-indywidualnych/ubezpieczenie-szpitalne-lux-med-pelna-opieka>.

# Wybierz Ubezpieczenie Szpitalne LUX MED – Pełna Opieka i zabezpiecz swoje zdrowie

Pewnie masz w swoich benefitach prywatną, ambulatoryjną opiekę medyczną – to dziś standard. A co w przypadku, gdy będziesz musiał skorzystać z hospitalizacji? Taka sytuacja może spotkać każdego z nas. Dzięki Ubezpieczeniu Szpitalnemu LUX MED – Pełna Opieka zyskujesz możliwość leczenia w komfortowych warunkach prywatnych szpitali bez długiego oczekiwania i zbędnego stresu.

**W** ramach ubezpieczenia – jeżeli otrzymałeś skierowanie do szpitala na leczenie planowe – po zaakceptowaniu zgłoszenia otrzymasz proponowany plan leczenia już w ciągu 3 dni, a po jego akceptacji – możliwość rozpoczęcia leczenia w szpitalu w ciągu 30 dni od zgłoszenia.

Ubezpieczenie Szpitalne LUX MED – Pełna Opieka to rozwiązanie o szerokim zakresie, w ramach którego na kolejnych etapach leczenia masz wsparcie koordynatora opieki szpitalnej (KOS). KOS pomaga Ci od momentu zgłoszenia: podczas niezbędnej do leczenia szpitalnego diagnostyki, samej hospitalizacji, aż po wizyty kontrolne oraz rehabilitację pozabiegową. Dzięki wsparciu KOS-a nie zostajesz sam z formalnościami i organizacją leczenia.

## ZA KAŻDĄ POLISĄ STOI PRAWDZIWA HISTORIA

Zastanawiałeś się kiedyś, ile musiałbyś czekać na planowy zabieg z zakresu ortopedii czy laryngologii? To średnio ponad 8 miesięcy.

Zobacz, jak wygląda proces leczenia różnych schorzeń w ramach Ubezpieczenia Szpitalnego LUX MED – Pełna Opieka.

Pan Kamil to 34-letni menedżer z Wrocławia. Większość swojego zawodowego życia spędzał przy biurku. Od kilku tygodni bolała go ręka, czuł mrowienie i drętwienie. Lekarz zdiagnozował zespół cieśni nadgarstka i wystawił skierowanie na zabieg. Pan Kamil skontaktował się z KOS-em i przesłał skierowanie. Za 2 dni otrzymał telefon od koordynatora ze szczegółowym planem leczenia. Wspólnie ustalili szpital, w którym odbędzie się zabieg, i dogodny dla pacjenta termin operacji – za 2 tygodnie. W międzyczasie pan Kamil wykonał wszystkie niezbędne badania, na które był umawiany przez KOS-a. Operacja odbyła się w ustalonym terminie. Pacjent otrzymał rozpisany plan konsultacji pooperacyjnych, a następnie skierowanie na rehabilitację. Po 4 tygodniach wrócił do pełnej aktywności.

Gdyby pan Kamil nie posiadał polisy, nie chciał czekać kilka miesięcy w kolejce

do szpitala i zdecydował się na zrobienie zabiegu prywatnie, musiałby na niego wydać od kilku do kilkunastu tysięcy złotych.

Ubezpieczenie Szpitalne LUX MED – Pełna Opieka obejmuje wiele problemów zdrowotnych wskazywanych na skierowaniach do szpitala. Przekonał się o tym 52-letni pan Ryszard, który w ramach polisy wykonał zabieg ablacji serca. Pan Ryszard źle się czuł, zgłaszał silne kołatania, zawroty głowy, czasami utraty przytomności. Lekarz stwierdził zaburzenia arytmii serca i wystawił skierowanie na zabieg ablacji. Pan Ryszard skontaktował się z KOS-em. Ze względu na stan pacjenta, wymagający dość pilnej interwencji, zgoda na zabieg została wydana tego samego dnia. Kilka dni później pacjent był już po zabiegu, którego koszt szacuje się na ponad 120 000 zł. Dzięki niemu serce pana Ryszarda pracuje dziś miarowo, a on sam wrócił do normalnego życia. To przykład procedury, której koszt w całości pokryło ubezpieczenie – coś, co dla pacjenta byłoby praktycznie nieosiągalne. ■



*Materiał reklamowy. Obowiązują wyłączenia i ograniczenia odpowiedzialności ubezpieczyciela. LUX MED Ubezpieczenia to nazwa handlowa zakładu ubezpieczeń LMG Försäkrings AB z siedzibą w Sztokholmie, wykonującego w Polsce działalność poprzez oddział LMG Försäkrings AB S.A. Oddział w Polsce z siedzibą w Warszawie. Szczegółowy zakres oraz warunki Ubezpieczenia Szpitalnego LUX MED – Pełna Opieka znajdziesz w OWU dostępnym na platformie eVida lub pod adresem <https://www.luxmed.pl/dla-firm/ubezpieczenia-dla-klientow-korporacyjnych/ubezpieczenie-szpitalne-lux-med-pelna-opieka>.*

# BIM Meetup Gdańsk 2025



Kolejna edycja BIM Meetup potwierdziła, że lokalne spotkania dotyczące problematyki BIM-u wciąż mają ogromną siłę przyciągania – zwłaszcza wtedy, gdy stawiają na treść, rozmowę i autentyczną wymianę doświadczeń.

**W** wydarzeniu wzięło udział ponad 100 uczestników, z czego – co szczególnie warto podkreślić – prawie połowa pojawiła się na BIM Meetup po raz pierwszy. To wyraźny sygnał, że społeczność w regionie zainteresowana BIM-em nie tylko się integruje, ale realnie rośnie i otwiera na nowe osoby.

Formuła spotkania była prosta i dobrze wyważona: cztery prelekcje, każda uzupełniona o elementy dyskusji z publicznością, bez zbędnych przerywników i nadmiaru slajdów. Prelegenci dzielili się doświadczeniami z pracy projektowej, koordynacyjnej i organizacyjnej, poruszając tematy bliskie codziennej praktyki BIM. Co ważne, rozmowa nie kończyła się na narzędziach – sporo miejsca poświęcono ludziom, zespołom i decyzjom, które w rzeczywistości decydują o tym, czy BIM działa, czy pozostaje tylko hasłem w strategii.

Z ankiet podsumowujących wydarzenie jasno wynika, że publiczność two-

rzyły głównie osoby początkujące i średniozaawansowane, z wyraźnym apetytem na dalszy rozwój. Najczęściej wskazywane potrzeby dotyczyły pogłębiania wiedzy z zakresu standaryzacji, openBIM-u, zasad współpracy międzybranżowej, ale także – co coraz bardziej wybrzmiewa na BIM Meetupach – umiejętności miękkich. Komunikacja, praca w zespole, rola koordynatora, odpowiedzialność i podejmowanie decyzji w środowisku wielobranżowym okazały się tematami równie istotnymi jak formaty plików czy procedury.

Dużym atutem spotkania była aktywność uczestników. Pytania padały po każdej prelekcji, a dyskusje często wykraczały poza zaplanowany zakres, zahażając o realne problemy z projektów, wdrożeń i współpracy z inwestorami. Ta energia naturalnie przeniosła się także na after party, które – jak zwykle – stało się przestrzenią luźniejszych rozmów, networkingu i kontynuowania tematów już bez mikrofonu oraz prezentacji. Dla

wielu osób to właśnie ta część wydarzenia była okazją do pierwszych branżowych znajomości i wymiany doświadczeń „bez slajdów”.

BIM Meetup Gdańsk 2025 zostawił po sobie dobre wrażenie spotkania merytorycznego, otwartego oraz nastawionego na rozwój uczestników, a nie na autopromocję. Pokazał też wyraźnie, że zapotrzebowanie na wiedzę podstawową i średniozaawansowaną wciąż jest ogromne – i że warto o niej rozmawiać w sposób przystępny, praktyczny oraz uczciwy.

Na koniec warto spojrzeć w przyszłość. Już teraz organizatorzy zapraszają na BIM Meetup Polska – 4. edycję ogólnopolską, która odbędzie się 19 i 20 marca we Wrocławiu. Tym razem w formule dwudniowego wydarzenia, z jeszcze większą dawką wiedzy, rozmów i spotkań środowiskowych. Bilety dostępne są na stronie [www.bimmeetup.pl](http://www.bimmeetup.pl). Jeśli gdańska edycja była dla kogoś pierwszym krokiem, wrocławska może być bardzo dobrym kolejnym. ■

# Systemy detekcji gazów w praktyce

We wszystkich pomieszczeniach, w których istnieje ryzyko pojawienia się gazów toksycznych lub wybuchowych, należy rozważyć instalację systemu ich detekcji. Konieczność taka zwykle wynika wprost z przepisów prawa.

**W** nowo budowanych obiektach systemy detekcji gazów projektuje się na etapie wstępnym, natomiast w budynkach istniejących montaż jest często wymogiem ubezpieczyciela lub rzeczoznawcy ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych. Aby zapewnić bezpieczeństwo przy zachowaniu rozsądnej ekonomiki, kluczowe jest poprawne dobranie systemu do specyfiki obiektu.

## DETEKCJA PUNKTOWA DLA MNIEJSZYCH OBIEKTÓW

W obiektach o niższym zagrożeniu warto stosować autonomiczne detektory gazów z podstawowymi funkcjami sterowania sygnalizacją i wentylacją. Przykładem jest detektor **WG/Fx firmy Gazex**, oferujący cztery urządzenia w jednym:

- detektor z wymiennym modułem sensora (trzy progi alarmowe),
- moduł sterujący z wyjściami stykowymi i napięciowymi,
- zintegrowany sygnalizator optyczny i dźwiękowy,
- wbudowany zasilacz (230 lub 24 V).

## CYFROWY SYSTEM DETEKЦИИ GAZÓW (CSDG®)

Do obiektów wielokubaturowych, takich jak hale przemysłowe, magazynowe i garaże podziemne, przeznaczony jest **CSDG® firmy Gazex**. To system uniwersalny, który można swobodnie rozbudowywać – od małych instalacji z jednym modułem nadzorczym po rozległe sieci złożone z kilkuset urządzeń.

Firma Gazex ma w ofercie pełną gamę gazów stosowanych w przemyśle, co pozwala na stosowanie jednego CSDG® i jego dowolną rozbudowę w razie potrzeby. W tradycyjnych rozwiązaniach każdy detektor wymaga osobnego przewodu, co generuje wysokie koszty okablowania. **Magistralowa architektura CSDG®** eliminuje ten

problem, pozwalając na znaczące oszczędności przy budowie tras kablowych.

## ARCHITEKTURA I KOMPONENTY SYSTEMU

Architektura CSDG® opiera się na trzech grupach produktowych:

- 1. moduły nadzorcze (np. MDD-256/T)** – gromadzą i analizują dane pomiarowe oraz sterują procesami;
- 2. detektory gazów:** modele DG/M, DG-EN/M oraz DEX (do stref ATEX współpracujące z modułem MDD-1);
- 3. urządzenia wykonawcze:** zawory odcinające (MAG-3), modemy GSM (GSM-M8), moduły wizualizacyjne (MDD-L32/T) oraz moduły sterujące (MDD-C32/T) zarządzające systemami zewnętrznymi.

System ma strukturę rozproszoną, a **komunikacja odbywa się cyfrowo w standardzie RS-485 (protokół Modbus RTU)**. Moduł nadzorczy można podłączyć bezpośrednio do systemu zarządzania budynkiem (BMS) lub do komputera poprzez konwerter sygnałów.

## INTEGRACJA I WIZUALIZACJA

Konwerter **MDD-CV/T** pozwala na połączenie komputera PC z portem RS-485 modułu sterującego. Aplikacja **MDD256 View** umożli-

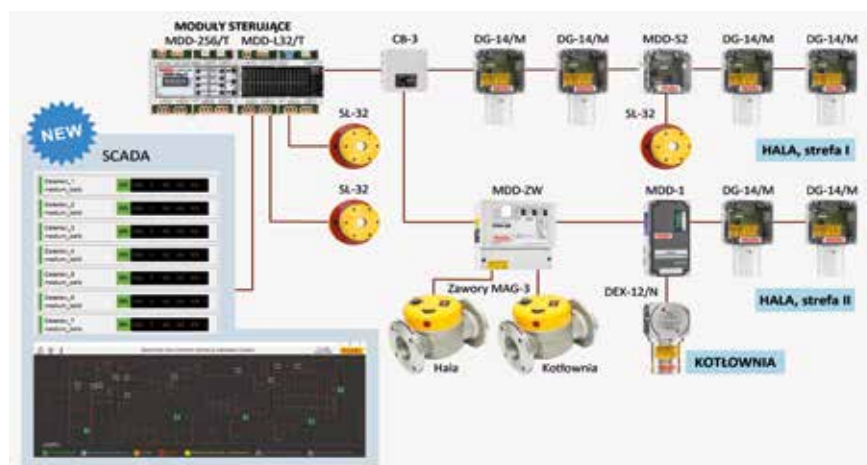
wia konfigurację parametrów poszczególnych detektorów na magistrali. Gazex udostępnia mapę rejestrów, co ułatwia integrację z dowolnym systemem BMS.

CSDG® można wzbogacić o system wizualizacji **SCADA Promotic**, który monitoruje pracę elementów w czasie rzeczywistym, rejestruje stany alarmowe i archiwizuje historię zdarzeń. Użytkownik jest powiadamiany o zagrożeniach przez SMS lub e-mail, a podgląd systemu dostępny jest również online.

## BEZPIECZEŃSTWO INSTALACJI GAZOWEJ

Systemy CSDG® są kluczowe w halach z nagrzewnicami lub promiennikami gazowymi. Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych budynków (§ 158), **w pomieszczeniach, gdzie łączna nominalna moc cieplna urządzeń gazowych przekracza 60 kW, wymagane jest stosowanie urządzenia sygnalizacyjno-odcinającego dopływ gazu**. Rozwiązania firmy Gazex pozwalają na pełną realizację tych wymagań prawnych i technicznych.

Systemy detekcji gazów są krytycznym elementem bezpieczeństwa, dlatego ich dobór, instalację i serwis warto skonsultować z ekspertami (np. z doradcami technicznymi firmy Gazex). ■



CSDG® – detekcja gazu ziemnego lub propan-butanu w obiektach przemysłowych

# Detektory i systemy detekcji gazów – podstawa prawna, charakterystyka i zastosowanie

Skuteczną ochronę przed zagrożeniami, które wiążą się z gazami wybuchowymi i toksycznymi, zapewnia odpowiedni sprzęt. Tylko wtedy jednak, gdy spełnia kilka warunków. Dotyczą one zarówno właściwego doboru, rozmieszczenia, konfiguracji, użytkowania oraz konserwacji, jak i obowiązujących przepisów prawnych oraz norm.

**W**ykrywanie gazów wybuchowych i toksycznych jest jednym z kluczowych elementów systemów bezpieczeństwa w obiektach przemysłowych, użyteczności publicznej oraz w gospodarstwach domowych. Gazy palne, takie jak metan ( $\text{CH}_4$ ), propan-butan czy wodór ( $\text{H}_2$ ), charakteryzują się wysoką wartością opalową, ale jednocześnie stwarzają istotne zagrożenie pożarem lub wybuchem. Wystarczy, aby ich stężenie w powietrzu osiągnęło dolną granicę wybuchowości (DGW), a w obecności źródła zapłonu może dojść do gwałtownej reakcji spalania.

Nie mniejsze niebezpieczeństwo wiąże się z **gazami toksycznymi** – tlenkiem węgla (CO), siarkowodorem ( $\text{H}_2\text{S}$ ), amoniakiem ( $\text{NH}_3$ ) czy chlorem ( $\text{Cl}_2$ ) – które nawet w stosunkowo niewielkich stężeniach mogą powodować poważne konsekwencje dla zdrowia lub śmierć. Tlenek węgla, zwany cichym zabójcą, jest bezwonny i bezbarwny, a jego wdychanie prowadzi

**Mirosław Nowak**  
specjalista ds. ochrony przeciwpożarowej  
ORLEN Termika

do niedotlenienia organizmu, co jest szczególnie niebezpieczne w pomieszczeniach zamkniętych. Jak podaje portal gov.pl, w 2024 r. w związku z emisją tlenku węgla strażacy odnotowali 4329 interwencji, w których 52 osoby uległy śmiertelnemu zatruciu czadem, a 1334 – podtruciu [1]. Zagrożenie to staje się istotne zwłaszcza w przestrzeniach o ograniczonej wymianie powietrza, gdzie nieszczelność instalacji, awaria urządzenia lub wyciek substancji może szybko doprowadzić do osiągnięcia niebezpiecznego stężenia gazu. W takich przypadkach systemy detekcji pełnią funkcję wczesnego ostrzegania, uruchamiając procedury zabezpieczające – takie jak automatyczne zamykanie zaworów, włączenie wentylacji czy powiadamianie służb ratunkowych.

## PODSTAWA PRAWNA STOSOWANIA DETEKTORÓW W POLSCE

W naszym kraju stosowanie detektorów i systemów wykrywania gazów jest regulowane kilkoma aktami prawnymi oraz normami technicznymi. Oto najważniejsze:

- **Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane**

Nakłada obowiązek zapewnienia bezpieczeństwa użytkownika budynków, w tym ochrony przed wybuchem [2].

- **Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy**

O wymogu stosowania systemów detekcji mówi bezpośrednio § 97.1. („Pomieszczenia przeznaczone do składowania lub stosowania materiałów niebezpiecznych pod względem pożarowym lub wybuchowym oraz pomieszczenia, w których istnieje niebezpieczeństwo wydzielania się substancji sklasyfikowanych jako niebezpieczne, powinny być wyposażone

w: 1) urządzenia zapewniające sygnalizację o zagrożeniach” [3].

● **Dyrektywa ATEX 2014/34/UE**

Dotyczy wprowadzania do obrotu urządzeń przeznaczonych do pracy w atmosferach potencjalnie wybuchowych – obowiązuje również na terenie Polski i określa wymogi konstrukcyjne oraz oznakowanie urządzeń [4].

● **Norma PN-EN 60079-29-2**

Wskazuje zasady stosowania urządzeń do detekcji gazów wybuchowych i tlenu w przemyśle oraz określa ich rozmieszczenie w obiekcie, bieżącą obsługę i konserwację [5].

● **PN-EN 62990-1:2023-03**

Precyzuje sposób doboru, instalowania, użytkowania i konserwacji urządzeń elektrycznych wykorzystywanych do pomiaru stężenia toksycznych gazów i par w atmosferach w miejscu pracy [6].

● **Norma PN-EN 50291-1**

Dotyczy urządzeń wykrywających tlenek węgla i detektorów domowych; jest przydatna przy doborze rozwiązań w budownictwie mieszkaniowym [7].

Ponadto, w zakładach przemysłowych podlegających przepisom **Dyrektywy Sveso III (2012/18/UE)**, czyli tych, w których istnieje ryzyko wystąpienia poważnej awarii przemysłowej związanej z substancjami niebezpiecznymi, stosowanie systemów detekcji jest częścią obowiązkowych środków zapobiegania poważnym awariom przemysłowym [8]. Są to m.in. rafinerie, zakłady petrochemiczne i chemiczne oraz magazyny ropy naftowej.

**TECHNOLOGIE I RODZAJE DETEKTORÓW**

Różnorodność detektorów i systemów wykrywania gazów wynika z odmiennych potrzeb użytkowników, uwarunkowań środowiskowych oraz wymagań prawnych. Oto kluczowe typy urządzeń, sposób ich działania oraz przykłady zastosowań w praktyce:

**1.** Podział ze względu na liczbę wykrywanych gazów:

● **jednofunkcyjne (jednogazowe)**

Są przeznaczone do wykrywania jednego rodzaju gazu. Cechują się prostą budową i wysoką dokładnością.

● **wielofunkcyjne (wielogazowe)**

Umożliwiają równoczesny pomiar gazów wybuchowych i toksycznych w zależności od potrzeb. Są zazwyczaj rozbudowane o pomiar stężenia tlenu. Wszechstronne, ale droższe i mniej trwałe.

**2.** Podział ze względu na rodzaj sensora:

● **czujniki katalityczne (pellistory)**

Reagują na spalanie katalityczne gazu na powierzchni czujnika. Charakteryzują się dużą odpornością na zmiany temperatury i możliwością pracy w różnych warunkach otoczenia. Są podatne na działanie niektórych substancji, np. silikonów, co może prowadzić do obniżenia czułości lub uszkodzenia czujnika.

● **czujniki półprzewodnikowe**

Działają na zasadzie adsorpcji gazu na powierzchni półprzewodnika, co powoduje zmianę jego parametrów elektrycznych, np. oporności. Charakteryzują się wysoką czułością i szybkim czasem reakcji. Są natomiast wrażliwe na zmiany temperatury i wilgotności, co może wpływać na odczyty. Ponadto są mniej selektywne.

● **czujniki elektrochemiczne**

Umożliwiają bardzo dokładny pomiar stężenia gazu dzięki reakcji chemicznej między nim a elektrolitem, która generuje prąd elektryczny. Jego natężenie jest proporcjonalne do stężenia mierzonego gazu. Charakteryzują się wysoką czułością i selektywnością (dają możliwość dobrania elektrolitu, który reaguje tylko z określonym gazem).

● **czujniki na podczerwień (NDIR)**

Mierzą absorpcję promieniowania IR przez cząsteczki gazu. Każdy gaz ma unikalne widmo absorpcji w podczerwieni, co pozwala detektorowi zidentyfikować i określić jego stężenie. Wysoka odporność na zanieczyszczenia i długa żywotność sensora powodują, że urządzenia te są popularne w przemyśle petrochemicznym [9, 11].

**3.** Podział ze względu na mobilność:

● **detektory przenośne**

Kompaktowe urządzenia bateryjne wykorzystywane przez służby kontrolne, inspektorów bhp i pracowników utrzymania ruchu (fot. 1). Wyposażone w różne

typy sensorów (elektrochemiczne, katalityczne, NDIR) umożliwiają szybkie sprawdzenie atmosfery w terenie, rejestrację pomiarów (data-logging) oraz alarmowanie akustyczne, optyczne i wibracyjne. Typowym przykładem jest miernik czterogazowy stosowany w przemyśle i górnictwie do jednoczesnego pomiaru CH<sub>4</sub>, CO, H<sub>2</sub>S i O<sub>2</sub>.

● **detektory stacjonarne**

Zamocowane na stałe w miejscach narażonych, takich jak kotłownie, hale, magazyny, garaże, pracują w trybie ciągłym i zwykle są zasilane z sieci z podtrzymaniem akumulatorowym (fot. 2). Są integrowane z centralami alarmowymi i urządzeniami wykonawczymi, np. elektrozworami, co pozwala na automatyczną reakcję systemu po wykryciu niebezpiecznego stężenia (więcej informacji o systemach detekcji znajduje się w pkt 4).

**4.** Podział ze względu na środowisko pracy:

● **ATEX**

Urządzenia certyfikowane, przeznaczone do stref zagrożonych wybuchem. Są oznaczone symbolem Ex (Ex d, Ex ia) [4].

● **standardowe**

W środowiskach, w których występuje niskie ryzyko, stosuje się standardowe



Fot. 1. Detektor przenośny, wielogazowy, do wykrywania O<sub>2</sub>, CO i NH<sub>3</sub>



Fot. 2. Detektor stacjonarny, jednogazowy, pracujący w strefie EX, do wykrywania  $H_2$

detektory domowe lub komercyjne, zgodne z normami PN-EN 50291 i pokrewnymi [7].

### BUDOWA I INTEGRACJA SYSTEMÓW WYKRYWANIA GAZÓW

Systemy wykrywania gazów wybuchowych są zaprojektowane tak, by zapewnić jak najszybsze wykrycie niebezpiecznego

stężenia oraz natychmiastową, skoordynowaną reakcję. Ich budowa łączy elementy pomiarowe, obwody przetwarzające sygnał, jednostki sterujące oraz mechanizmy wykonawcze, a także interfejsy komunikacyjne, które umożliwiają integrację z innymi instalacjami.

Na pierwszym poziomie znajdują się same czujniki – dobrane pod kątem typu

gazu, wymogów czułości i warunków pracy. Zastosowanie właściwego sensora ma bezpośredni wpływ na skuteczność detekcji. Dla gazów palnych w obiektach lub przestrzeniach przemysłowych często wybiera się czujniki NDIR lub katalityczne [10]. Natomiast w pomieszczeniach z zagrożeniem toksycznym używa się czujników elektrochemicznych. Sygnał z detektora trafia do modułów przetwarzania, gdzie odbywa się wstępna filtracja i kompensacja wpływu temperatury oraz wilgotności. Nowoczesne moduły zawierają mikrokontrolery i algorytmy diagnostyczne, które potrafią wykryć np. zaburzenia pomiaru wskutek zabrudzenia sensora czy nieprawidłowego zasilania. Przetworzone dane trafiają następnie do centrali, w której są zapisane progowe wartości alarmowe i sposób reakcji.

Rola centrali polega nie tylko na generowaniu sygnałów alarmowych, lecz także na koordynowaniu działań wykonawczych. W praktyce typowe scenariusze zakładają kilka poziomów reakcji, np. ostrzeżenie i włączenie wentylacji przy przekroczeniu niskiego progu, kolejne działania oraz odcięcie dopływu gazu po przekroczeniu progu krytycznego. Scentralizowana analiza pozwala również zlokalizować źródło wycieku poprzez korelację sygnałów z czujników rozlokowanych w różnych strefach obiektu [10].

Część wykonawcza systemu obejmuje urządzenia takie jak elektrozaopory odcinające, przekaźniki sterujące napędami wentylatorów czy układy automatycznego zamykania systemów dystrybucji paliwa. W zakładach o wysokich wymaganiach bezpieczeństwa stosuje się redundancję istotnych elementów – podwójne czujniki, zapasowe centrale i zasilanie awaryjne (UPS, agregaty), by zapewnić ciągłość działania nawet w przypadku awarii pojedynczego komponentu [9].

**Integracja z systemami: bezpieczeństwa budynku (SSP, DSO, BMS) oraz zdalnego monitoringu umożliwia szybkie powiadomianie służb technicznych i ratunkowych.** Współczesne rozwiązania



komunikacyjne (Modbus, Ethernet, protokoły IoT) pozwalają na zdalną diagnostykę, przesył zdarzeń i archiwizację danych. Skraca to czas reakcji i ułatwia późniejszą analizę incydentów.

Wdrażanie systemów detekcji powinno być zgodne z wymaganiami normowymi, prawem budowlanym i dyrektywą ATEX. Niezbędnymi elementami eksploatacji są: regularna konserwacja i kalibracja czujników, testy funkcjonalne oraz dokumentacja przeglądów, co zapewnia niezawodność działania w sytuacjach krytycznych.

### ZASTOSOWANIE W RÓŻNYCH SEKTORACH GOSPODARKI

Systemy detekcji gazów znajdują szerokie zastosowanie w:

- przemyśle naftowym i gazowym (kontrola szczelności instalacji, monitoring procesów);
- przemyśle chemicznym (wykrywanie oparów i niekontrolowanych emisji);

- energetyce (monitoring paliw gazowych istotny dla bezpieczeństwa pracy turbin i generatorów);

- górnictwie (systemy detekcji metanu i tlenku węgla to podstawowe zabezpieczenie pracowników);

- sektorze transportu i logistyki (instalacje chroniące magazyny LPG);

- budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej (detektory stosowane w kotłowniach, garażach i kuchniach w celu zapobiegania zatruciom oraz wyciekom).

### PODSUMOWANIE

Zastosowanie detektorów, mierników i systemów wykrywania gazów wybuchowych oraz toksycznych w Polsce wynika nie tylko z konieczności spełnienia wymagań technicznych, lecz przede wszystkim z potrzeby zapewnienia bezpieczeństwa ludzi, mienia i środowiska. Współczesne rozwiązania technologiczne pozwalają na wykrywanie nawet bardzo niewielkich stężeń gazów,

co umożliwia natychmiastowe podjęcie działań zapobiegawczych. W przypadku gazów wybuchowych szybka detekcja oznacza realne zmniejszenie ryzyka pożaru lub eksplozji. Jeśli zaś chodzi o gazy toksyczne – ochronę zdrowia, a często także życia osób przebywających w zagrożonej strefie.

Obowiązujące w Polsce przepisy i normy precyzyjnie określają wymagania dotyczące konstrukcji, instalacji i eksploatacji urządzeń detekcyjnych. Stanowią one punkt odniesienia zarówno dla producentów sprzętu, jak i projektantów oraz użytkowników. Przestrzeganie tych wymogów jest warunkiem uzyskania zgodności z prawem oraz gwarancją, że urządzenia będą działały skutecznie i niezawodnie przez cały okres użytkowania.

**Wybór odpowiedniego systemu detekcji gazów powinien być poprzedzony analizą ryzyka**, która uwzględni m.in. rodzaj stosowanego lub magazynowanego gazu, warunki środowiskowe, specyfikę obiektu

REKLAMA



# alter S.A.

## Urządzenia, które pracują na Twoje Bezpieczeństwo

Nowy miernik gazów toksycznych, wybuchowych oraz tlenu

### GasHunter II

- możliwość stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem

- szeroki obszar zastosowania

- duży, podświetlany wyświetlacz

- wbudowana pompka elektryczna

## PRODUCENT URZĄDZEŃ DO MIERZENIA I WYKRYWANIA GAZÓW

**ALTER S.A.**

ul. Poczтовая 13  
62-080 Tarnowo Podgórne  
e-mail: alter@altersa.pl

tel./fax: +48 61 814 65 57  
+48 61 814 71 49  
+48 61 814 62 90

[www.altersa.pl](http://www.altersa.pl)

oraz potencjalne skutki awarii. Właściwa konfiguracja systemu – w tym dobór rodzaju sensorów, ich rozmieszczenie i integracja z innymi systemami bezpieczeństwa – ma kluczowe znaczenie dla skuteczności ochrony.

Postęp technologiczny sprawia, że detektory i mierniki stają się coraz bardziej precyzyjne i odporne na zakłócenia środowiskowe. Współczesne urządzenia oferują również zaawansowane funkcje diagnostyczne, zdalny monitoring oraz możliwość integracji z systemami automatyki budynkowej lub przemysłowej. Jednak nawet najlepszy sprzęt wymaga regularnej konserwacji, okresowej kalibracji i testów sprawności, aby zapewnić pełną skuteczność działania.

Podsumowując, skuteczna ochrona przed zagrożeniami związanymi z gazami wybuchowymi i toksycznymi wymaga połączenia trzech elementów: odpowiednich urządzeń detekcyj-

nych zgodnych z normami, prawidłowego ich rozmieszczenia i konfiguracji, a także właściwej obsługi oraz konserwacji. Świadomość użytkowników, parta rzetelną wiedzę i znajomością aktualnych przepisów, jest w tym procesie również istotna, co sam sprząet. ■

## Literatura

- [1] *Statystyczne podsumowanie 2024 roku*, 3 stycznia 2025 [dostęp: 29.07.2025], Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej: <https://www.gov.pl/web/kgpsp/statystyczne-podsumowanie-2024-roku>.
- [2] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (tj. Dz.U. z 2025 r. poz. 418 ze zm.).
- [3] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. z 1997 r. nr 129, poz. 844).
- [4] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/34/UE (ATEX).
- [5] PN-EN 60079-29-2:2015-09 Atmosfery wybuchowe – Część 29-2: Detektory gazu
- Wybór, instalacja, użytkowanie i konserwacja detektorów gazów palnych i tlenu.
- [6] PN-EN IEC 62990-2:2022-03 Atmosfery w miejscu pracy – Część 2: Detektory gazu – Dobór, instalowanie, użytkowanie i konserwacja detektorów toksycznych gazów i par.
- [7] PN-EN 50291-1:2018-06 Wykrywacze gazu – Urządzenia elektryczne do wykrywania tlenu węgla w pomieszczeniach domowych – Część 1: Metody badań i wymagania eksploatacyjne.
- [8] Dyrektywa 2012/18/UE (Seveso III).
- [9] *Punktowa detekcja gazów toksycznych i wybuchowych. Zasady*, 3.09.2019 [dostęp: 29.07.2025], Inżynier Budownictwa: <https://inzynierbudownictwa.pl/punktowa-detekcja-gazow-toksycznych-i-wybuchowych-zasady/>.
- [10] Hiero M., *Systemy detekcji gazu w obiektach przemysłowych – wytyczne prawne i projektowe*, 05.2025 [dostęp: 29.07.2025], Haleprzemyslowe Plus: <https://www.haleprzemyslowe.plus/systemy-detekcji-gazu-w-objektach-przemyslowych-wytyczne-prawne-i-projektowe/>.
- [11] *Detekcja gazów w przemyśle rafineryjnym, bazach paliw i stacjach benzynowych cz. 3/3*, 28 maja 2020 [dostęp: 29.07.2025], Portal Przemysłowy: <https://portalprzemyslowy.pl/utrzymanie-ruchu-produkcja/monitorowanie-diagnostyka/detekcja-gazow-w-przemysle-rafineryjnym-bazach-paliw-i-stacjach-benzynowych-cz-2-3>.

REKLAMA

## Inżynier budownictwa

Patronat medialny wydarzenia

# Stormwater Poland

**3-4 MARCA, 2026**  
Start godz. 09:00

**MTP SALA ZIEMI**  
Głogowska 14, 60-101 Poznań

Stormwater Poland 2026 to jubileuszowa, 10. edycja konferencji skierowanej do inżynierów, projektantów i praktyków odpowiedzialnych za funkcjonowanie infrastruktury miejskiej. Wydarzenie zaprasza do rozmowy o wodach opadowych w realiach projektowych i eksploatacyjnych – z naciskiem na rozwiązania, które sprawdzają się w obliczu susz, deszczy nawalnych i rosnących wymagań klimatycznych.

Program obejmuje cztery bloki tematyczne poświęcone m.in. równowadze między retencją a odpływem, wykorzystaniu narzędzi cyfrowych i danych w pracy inżyniera oraz współpracy infrastruktury technicznej z rozwiązaniami przyrodniczymi w przestrzeni miejskiej. Stormwater Poland to praktyczna wiedza, wymiana doświadczeń i konkretne inspiracje dla osób podejmujących decyzje techniczne i systemowe w procesie inwestycyjnym.

# Kompleksowa termomodernizacja w zabytkowym obiekcie w Olsztynie

Realizacja projektów termomodernizacyjnych w budynkach historycznych wymaga nie tylko wiedzy technicznej, ale również szczególnej dbałości o zachowanie ich wartości architektonicznych. Doskonałym przykładem takiego podejścia jest projekt „Kompleksowa termomodernizacja budynku użyteczności publicznej położonego w Olsztynie przy ulicy Partyzantów 82”, współfinansowany przez Unię Europejską w ramach programu Fundusze Europejskie dla Warmii i Mazur 2021–2027.



**Agnieszka Huk**  
„Revo” Olsztyn

**B**udynek, wybudowany przed 1890 r., będzie pełnił funkcję siedziby Warmińsko-Mazurskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa. Przedsięwzięcie prowadzone jest w sposób kompleksowy, z uwzględnieniem zarówno poprawy efektywności energetycznej, jak i zachowania historycznego charakteru obiektu.

Projekt obejmuje zakresem kompleksową termomodernizację budynku użyteczności publicznej (historycznego) o powierzchni 880,97 m<sup>2</sup>, a jego realizacja wpłynie na poprawę efektywności energetycznej obiektu, zmniejszy zapotrzebowanie na zużycie energii ze źródeł konwencjonalnych, a tym samym emisję CO<sub>2</sub> do atmosfery.

O stanie inwestycji na koniec września 2025 r. pisaliśmy w grudniowym wydaniu „Inżyniera Budownictwa”. Obecnie przypominamy, że w styczniu minął rok od jej rozpoczęcia.

## STAN ROBÓT

Od 1 października do 31 grudnia 2025 r. przeprowadzono prace związane z wymianą stolarki okiennej oraz drzwi ze-

wnętrznych, dostosowując ją do wymogów konserwatorskich i aktualnych standardów izolacyjności cieplnej.

Równoległe zakończono ocieplenie dachu, modernizację instalacji ciepłej wody użytkowej oraz systemu grzewczego. Zastosowane rozwiązania techniczne pozwolą na znaczne obniżenie zapotrzebowania obiektu na energię pierwotną, a tym samym redukcję emisji CO<sub>2</sub>.

Trwają prace związane z ociepleniem ścian zewnętrznych – jednym z najbardziej wymagających elementów inwestycji w obiekcie zabytkowym oraz prace związane z montażem instalacji odnawialnych źródeł energii wraz z magazynem energii oraz nowoczesnym systemem zarządzania energią. Rozwiązania te zwiększą niezależność energetyczną budynku i pozwolą na efektywne wykorzystanie energii wytwarzanej na miejscu.

W I kwartale 2026 r. nadal będą prowadzone działania promocyjno-informacyjne oraz szkoleniowo-edukacyjne. Celem tych ostatnich jest podniesienie świadomości mieszkańców, przedsiębiorców i władz miasta w obszarach efektywności energetycznej oraz wykorzystania OZE, które łączą się z tematyką realizowanego projektu.

Wszystkie prace budowlane prowadzone są zgodnie z harmonogramem, przy zachowaniu wysokich standardów jakości oraz zasad bezpieczeństwa i higieny pracy.

## ZNACZENIE INWESTYCJI

Projekt stanowi przykład skutecznego łączy polityki ochrony dziedzictwa z celami termomodernizacji energetycznej. Po zakończeniu prac obiekt przy ul. Partyzantów 82 stanie się nowoczesnym, energooszczędnym budynkiem użyteczności publicznej, spełniającym potrzeby użytkowników i wpisującym się w założenia zrównoważonego rozwoju regionu.

Przedsięwzięcie „Kompleksowa termomodernizacja budynku użyteczności publicznej położonego w Olsztynie przy ulicy Partyzantów 82” jest współfinansowane ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach programu Fundusze Europejskie dla Warmii i Mazur 2021–2027.

**Cel projektu:** poprawa efektywności energetycznej budynku i ograniczenie emisji gazów cieplarnianych.

**Beneficjent:** Warmińsko-Mazurska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa. ■

# Problematyka pomiarów dynamicznych kominów i masztów wyposażonych w masowe tłumiki drgań

## Problems of dynamic measurements of chimneys and masts equipped with mass vibration dampers



**Paweł Podstolak**

Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego  
EMKA Sp. z o.o. sp.k.,  
pawel.podstolak@buko-projekty.pl



**Mariusz Kędziński**

Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego  
EMKA Sp. z o.o. sp.k.,  
mariusz.kedziński@emka.krakow.pl

### Streszczenie

Artykuł przedstawia zagadnienia związane z wykonywaniem i analizą wyników pomiarów dynamicznych wysokościowych konstrukcji budowlanych. Pomiary takie prowadzi się najczęściej w celu kontroli rzeczywistej skuteczności działania urządzeń tłumiących, zabudowanych na konstrukcji zarówno bezpośrednio po ich montażu, jak i okresowo w trakcie dalszej eksploatacji obiektu. Kominy, wieże oraz inne tego typu budowle są często narażone na silne drgania wywołane dynamicznym działaniem wiatru, co powoduje konieczność

ich zabezpieczenia przed skutkami rezonansu wiatrowego. Jedną z metod jest stosowanie masowych tłumików drgań, których zabudowa istotnie modyfikuje zachowanie dynamiczne konstrukcji, zazwyczaj prowadząc do pojawienia się dwóch, blisko siebie położonych częstotliwości rezonansowych. Ma to istotny wpływ na metodykę prowadzenia pomiarów oraz sposób analizy wyników. W artykule opisano doświadczenia zdobyte przez autorów w trakcie wieloletniej diagnostyki dynamicznej konstrukcji tego typu.

**Słowa kluczowe** pomiary dynamiczne, analiza wyników pomiaru, tłumienie drgań, wiatrowe wzbudzenie wirowe, logarytmiczny dekrement tłumienia, współczynnik tłumienia

### Abstract

This article presents issues related to the performance and analysis of dynamic measurements of high-rise building structures. Such measurements are most often conducted to verify the actual effectiveness of damping devices installed on the structure, immediately after their installation and periodically during the structure's operation. Chimneys, towers, and other such structures are often exposed to strong vibrations caused by dynamic wind action, necessitating protec-

tion against the effects of wind resonance. One method is the use of mass vibration dampers, whose installation significantly affects the dynamic behavior of the structure, typically resulting in the occurrence of two closely spaced resonant frequencies. This significantly impacts the measurement methodology and the analysis of measurement results. This article describes the experience gained by the authors during many years of dynamic diagnostics of this type of structure.

**Keywords** dynamic measurements, measurement result analysis, vibration damping, wind eddy excitation, logarithmic damping decrement, damping coefficient

### WPROWADZENIE

Konstrukcje budowlane typu wieżowego, takie jak: kominy, iglice, kolumny, maszty i wieże, są często narażone na silne drgania wywołane dynamicznym oddziaływaniem wiatru o charakterze rezonansowym (wskutek odrywania się wirów wiatro-

wych). Drgania takie mogą być niebezpieczne dla budowli z powodu zmęczenia materiału, ponieważ narażona na nie konstrukcja w czasie swojej eksploatacji musi wytrzymać setki tysięcy cykli takiego obciążenia. W ekstremalnych przypadkach może nawet dochodzić do szybkiego znisz-

czenia obiektu na skutek zmęczenia niskocyklowego związanego z uplastycznieniem materiału. Szczególnie podatne na zjawiska dynamiczne są konstrukcje metalowe (stalowe) ze względu na niewielkie tłumienie konstrukcyjne metali oraz stosunkowo małą masę drgającą. O konieczności

redukcji drgań budowli decydują czasem względy użytkowe, np. konieczność zapewnienia komfortu użytkowników lub spełnienia warunków technicznych dla instalacji antenowych.

Z analizy formuł stosowanych według [1] p. E.1.5.2 i E.1.5.3 dla określenia obciążenia rezonansem wiatrowym wynika, że parametrem dobrze charakteryzującym podatność konstrukcji na to zjawisko jest liczba Scrutona. Jest ona definiowana w sposób następujący:

$$S_c = \frac{2 \delta_s \cdot m_{ie}}{\rho \cdot b^2}$$

gdzie:

$\delta_s$  – logarytmiczny dekrement tłumienia konstrukcyjnego,

$m_{ie}$  – masa równoważna konstrukcji na jednostkę długości i-tej postaci drgań,  $\rho$  – gęstość powietrza wynosząca 1,25 kg/m<sup>3</sup>,  $b$  – szerokość odniesienia przekroju poprzecznego (np. średnica kolumny).

Zwiększenie liczby Scrutona efektywnie wpływa na ograniczenie drgań wywołanych wzbudzeniem wirowym, gdyż występuje ona w mianowniku wyrażenia na wyznaczenie amplitudy drgań. Wzrost wartości liczby Scrutona można najprościej uzyskać, zwiększając logarytmiczny dekrement tłumienia konstrukcji, będący parametrem opisującym tłumienie drgań układu dynamicznego. Dla wysokich obiektów wieżowych powszechnie stosowanym sposobem poprawy tłumienia jest zabudowa masowych tłumików drgań umieszczanych w pobliżu szczytu budowli. W tym przypadku nie ma zwykle konieczności wykonywania żadnych dodatkowych podpór, wzmocnień ani odciągów zmieniających schemat konstrukcyjny obiektu.

Precyzyjna regulacja oraz ocena rzeczywistej skuteczności masowego tłumika drgań wymaga określenia efektywnego współczynnika tłumienia dla analizowanej postaci drgań obiektu. W praktyce dokonuje się tego poprzez pomiary dynamiczne w celu określenia rzeczywistych charakterystyk dynamicznych obiektu, które przeprowadzane są zarówno bez-



Fot. 1. Przykład zabudowy masowego tłumika drgań na kominie stalowym

pośrednio po zabudowie urządzeń tłumiących (pomiaru powykonawcze), jak i okresowo w trakcie dalszej eksploatacji konstrukcji.

### ZAGADNIENIA TEORETYCZNE ZWIĄZANE Z WPŁYWEM TŁUMIKA MASOWEGO NA ZACHOWANIE DYNAMICZNE OBIEKTU

Zasada działania tłumika masowego polega na dodaniu do układu dynamicznego, jaki stanowi budowla, dodatkowej masy połączonej z układem głównym więzami sprężystymi. Masa ta porusza się wraz z układem głównym, przejmując energię jego drgań. Dodatkowo dla poprawy skuteczności między ruchomymi elementami stosuje się więzy tłumiące o charakterze ciernym lub wiskotycznym, które rozpraszają energię drgań. Najczęściej tłumiki tego typu dostosowuje się do tłumienia pojedynczej częstotliwości drgań obiektu. Regulacja polega na precyzyjnym doborze parametrów urządzenia tłumiącego, którymi są masa czynna, sztywność wewnętrzna oraz współczynnik tłumienia wewnętrzne. Szczególnie istotny dla skuteczności działania tłumika jest dobór dwóch pierwszych parametrów, co potocznie nazywa się strojeniem tłumika drgań.

Modelowanie działania tłumika pojedynczej częstotliwości drgań polega na zastąpieniu całego układu dyna-

micznego, jakim jest budowla wyposażona w tłumik masowy, układem dynamicznym o dwóch stopniach swobody. Taki układ można zapisać przy pomocy dwóch liniowych równań różniczkowych określonych przez sześć niezależnych parametrów. Trzy z nich wynikają bezpośrednio z charakterystyki tłumionego obiektu i są to:

- $M$  – masa sprowadzona (modalna) odpowiadająca masie biorącej udział w danej postaci drgań,
- $K$  – sztywność sprowadzona (modalna) odpowiadająca sztywności konstrukcji dla danej postaci drgań,
- $C$  lub  $\delta_s$  – współczynnik tłumienia drgań dla danej postaci lub zamiennie logarytmiczny dekrement tłumienia konstrukcyjnego.

Parametry  $M$  i  $K$  można wyznaczyć w przybliżeniu z modelu numerycznego konstrukcji wykonanego np. w oprogramowaniu MES. Wartość  $\delta_s$  można ustalić według wytycznych normy [1] dla danego typu konstrukcji. Powyższe oszacowania charakteryzują się zwykle istotnym błędem i praktycznie na potrzeby właściwego dostrojenia tłumika wymagana jest ich weryfikacja w wyniku powykonawczych badań dynamicznych. Kolejne trzy parametry obliczeniowe modelu wynikają z zastosowanego typu tłumika drgań i określa je producent (projektant) urządzenia, a są to:

- $m$  – masa czynna tłumiąca (masa rucho- ma wewnątrz tłumika),
- $k$  – sztywność więzów wewnętrznych,
- $c$  lub  $\delta_w$  – współczynnik tłumienia wewnętrz- nego (dla więzów wewnętrznych) lub inny parametr charakteryzujący tłumienie wewnętrzne urządzenia.

Znając wymienione parametry, można zbudować układ równań ruchu opisujący zachowanie się obiektu z zamontowanym tłumikiem, dla drgań zachodzących w pobliżu częstotliwości tłumionej. Jest to podejście stosowane z powodzeniem przy analizie skuteczności oraz przy regulacji tłumików pracujących dla pojedynczej czę- stotliwości drgań.

Taki układ równań zapisuje się w po- staci macierzowej:

$$M\ddot{x} + C\dot{x} + Kx = P(t)$$

gdzie:

- $M$ ,  $C$  i  $K$  oznaczają odpowiednio ma- cierze mas, tłumienia i sztywności o wy- miarze  $2 \times 2$ ;
- $P$  jest wektorem sił ( $2 \times 1$ );
- $x$  to wektor stopni swobody układu ( $2 \times 1$ ) i jego pochodne czasowe.

W przypadku analizy drgań ustalonych przy wymuszeniu harmonicznym  $P$  zachowanie takiego systemu dobrze ob- razuje charakterystyka amplitudowo- częstotliwościowa, będąca modułem transmitancji widmowej, którą można zapisać w postaci:

$$H_{j,k}(\omega) = |((K) - \omega^2 \cdot M) + i \cdot \omega \cdot C|^{-1}_{j,k}$$

gdzie:

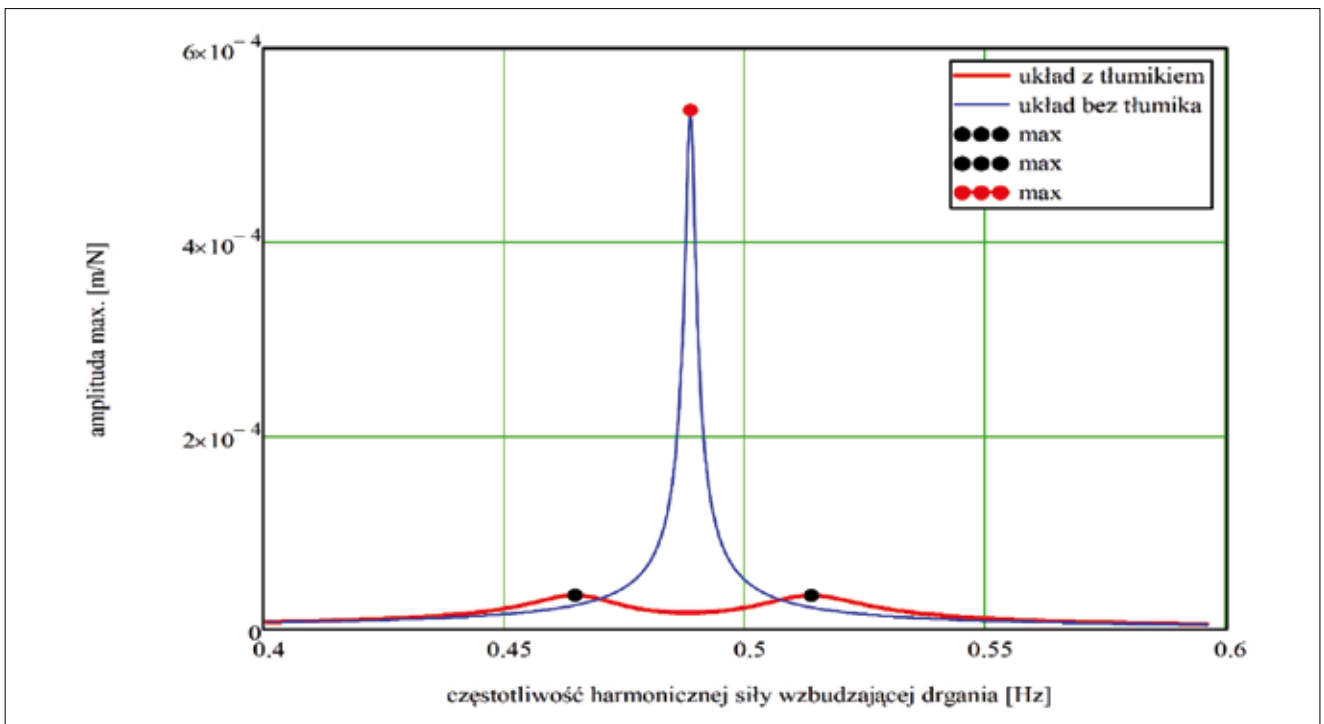
- $\omega$  jest częstością kołową siły wymuszają- cej drgania układu;
- $j$ ,  $k$  charakterystyki a-c oznaczają mak- symalne wartości amplitudy drgań stopnia swobody  $j$ , wywołanych siłą harmoniczną działającą w czasie nieograniczonym na stopień swobody  $k$ .

Na wykresie (rys. 1) przedstawiono przykładowy przebieg krzywych ampli- tudowo-częstotliwościowych dla rzeczy- wistego obiektu w stanie przed zabudową tłumienia pierwszej częstotliwości drgań własnych i po takiej zabudowie.

Podczas porównywania wykresów wi- doczna jest istotna zmiana kształtu krzy- wej rezonansowej. W przypadku braku

tłumika występuje jedno maksimum od- powiadające częstotliwości rezonansowej  $f_r = 0,49$  Hz i wartości współczynnika tłumienia konstrukcyjnego wynoszą- cej  $\delta_s = 0,014$ . Dla układu z tłumikiem występują wyraźne dwa maksima rezo- nansowe  $f_{r1} = 0,465$  Hz i  $f_{r2} = 0,514$  Hz, zlokalizowane powyżej oraz poniżej pierwotnej częstotliwości rezonansu. W tym przypadku optymalne dostrojenie tłumika wyrównuje wartości charakte- rystyki dla obydwu punktów rezonansu, co powoduje, że ekwiwalent współczyn- nika tłumienia w całym zakresie często- tliwości wzbudzenia jest najmniejszy i wynosi ok.  $\delta_{\min} = 0,215$ .

Dla tłumików niedostrojonnych opty- malnie wartości krzywej będą różne w obu punktach rezonansowych  $f_{r1}$  i  $f_{r2}$ , co pogarsza skuteczność tłumie- nia. W wypadku zastosowania tłumików o stosunkowo małej masie i du- żym tłumieniu wewnętrznym możliwe są również sytuacje, w których punkty rezonansu łączą się w jedno wspólne maksimum. Obecność dwóch punk- tów rezonansu, wynikająca z opisanego



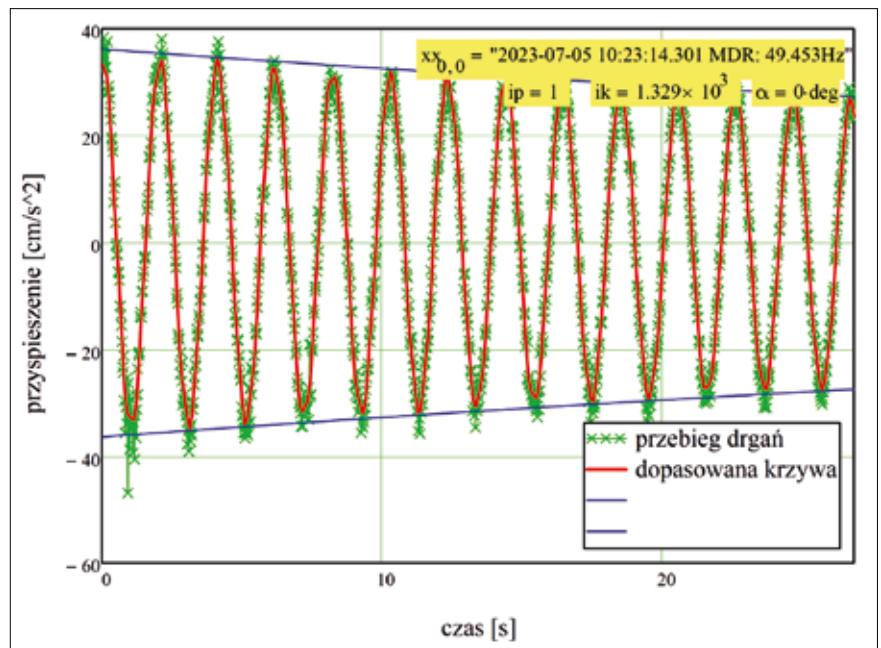
Rys. 1. Charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowe dla układu dynamicznego przed zabudową i po zabudowie masowego tłumika drgań

zagadnienia drgań wymuszonych, przekłada się również na istnienie dwóch częstotliwości drgań własnych w przypadku drgań swobodnych systemu, który wykorzystuje się w pomiarach dynamicznych. Duże tłumienie generowane przez tłumik masowy powoduje więc w praktyce „rozmycie” strefy rezonansu drgań, co utrudnia prowadzenie i analizę wyników pomiarów dynamicznych.

## PROBLEMATYKA WYKONYWANIA I ANALIZY WYNIKÓW POMIARÓW DYNAMICZNYCH

Przeprowadzanie badań dynamicznych polega na rejestracji, a następnie analizie drgań budowli po jej uprzednim wzbudzeniu. W trakcie pomiaru układ powinien wykonywać drgania swobodne, zanikające możliwie bez wpływu czynników zewnętrznych. Pomiar można przeprowadzić przy użyciu rozmaitych typów czujników pomiarowych, mierzących i zapisujących różne wielkości fizyczne związane z drganiami. Mogą to być wartości przemieszczeń liniowych lub kątowych różnych punktów konstrukcji, albo ich pochodne czasowe, czyli prędkość i przyspieszenie ruchu. Można też używać czujników tensometrycznych zapisujących odkształcenia powstające w elementach konstrukcji. Więcej na ten temat wspomniano w artykule [4]. Rejestrowana wielkość fizyczna nie ma dużego znaczenia, istotne jest natomiast odpowiednie dostosowanie używanego sprzętu do mierzonego zakresu częstotliwości oraz amplitudy analizowanych przebiegów. Długość zapisu powinna być również dostosowana do charakterystyk mierzonoj konstrukcji i w praktyce obejmować co najmniej kilkanaście okresów drgań. Istotne jest, aby rozpoczęcie pomiaru następowało po ustaniu wzbudzenia, tak aby analizowany sygnał dotyczył wyłącznie drgań swobodnych, zanikających.

Pierwsza trudność występująca przy prowadzeniu pomiarów dynamicznych związana jest ze wzbudzeniem drgań układu, które będą przedmiotem rejestra-



Rys. 2. Zapis przebiegu drgań gasnących rzeczywistego układu dynamicznego bez tłumika drgań. Widoczne drgania o częstotliwości  $f_1 = 0,486$  Hz i współczynniku tłumienia  $\delta_1 = 0,021$ . Dodatkowo widoczne nakładające się drgania o częstotliwości  $f_2 = 2,57$  Hz i niewielkiej amplitudzie

cji pomiarowej. W przypadku obiektu bez tłumika o niskim tłumieniu wywołanie drgań jest stosunkowo proste. Wystarczy do tego zwykle jedna lub co najwyżej kilka osób poruszających się synchronicznie w miejscu i na kierunku spodziewanego wystąpienia ruchu drgającego.

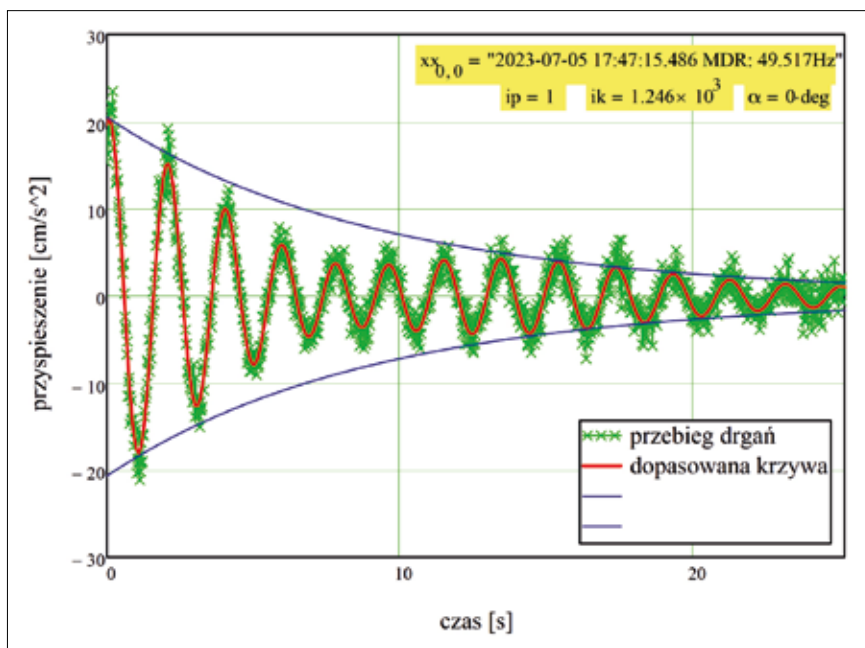
W przypadku odpowiedniego dopasowania częstotliwości ruchów powstały rezonans mechaniczny powoduje szybkie narastanie amplitudy drgań. W takiej sytuacji efekty wzbudzenia są powtarzalne podczas każdej próby.

Dla układów z dobrze działającym tłumikiem drgań pojawia się jednak kilka poważnych trudności. Znacznie wyższe tłumienie efektywne układu powoduje silne rozpraszanie energii i bardzo utrudnia skuteczne wzbudzenie drgań o odpowiedniej amplitudzie. Wymagane jest zaangażowanie większej liczby osób, co z kolei pogarsza ich synchroniczne współdziałanie, może zakłócać wynik pomiaru (dodatkowa masa drgająca), a niekiedy jest wręcz niemożliwe z powodu ograniczonej przestrzeni na konstrukcji (np. brak lub zbyt małe pomosty w miejscu pomiaru). Szczególnie istotnym proble-

mem jest jednak opisane rozmycie strefy rezonansowej systemu. Wygenerowane z dużym trudem drgania będą miały za każdym razem inny przebieg, zależny od częstotliwości i czasu wzbudzenia. W praktyce najczęściej wywoływane są równocześnie drgania o dwóch częstotliwościach położonych w pobliżu punktów rezonansowych, przy czym ich przebieg wizualny może się istotnie różnić w zależności od proporcji amplitud początkowych oraz przesunięcia fazowego drgań składowych. Brak idealnej współpracy osób wzbudzających może generować drgania o innych, nawet dość odległych częstotliwościach, co dodatkowo zakłóca pomiar.

Na rys. 2 i 3 przedstawiono przykładowe zapisy czasowe przebiegu drgań z pomiarów rzeczywistego układu, odpowiadającego charakterystykom przedstawionym na rys. 1.

Z wyżej wymienionych powodów często podczas prowadzenia pomiarów występują trudności we wzbudzeniu drgań o odpowiednio dużej amplitudzie, która powinna znacznie wykraczać poza poziom szumów i zakłóceń pomiarowych (szumy/rozdzielczość czujnika,



Rys. 3. Zapis przebiegu drgań gasnących rzeczywistego układu dynamicznego z tłumikiem drgań. Widoczne nakładające się drgania o częstotliwościach dualnych  $f_1 = 0,462$  Hz i  $f_2 = 0,522$  Hz. Współczynniki tłumienia wynoszą odpowiednio  $\delta_1 = 0,313$  i  $\delta_2 = 0,168$ . Amplitudy początkowe składowych drgań wynoszą  $A_1 = 8,07$  cm/s<sup>2</sup> i  $A_2 = 12,54$  cm/s<sup>2</sup>

tło drgań pochodzących od innych instalacji lub wiatru). Szczególnie problematyczny jest wiatr, który nie tylko może zakłócać pomiar, generując szумы, lecz także istotnie wpływa na wyznaczoną wartość współczynnika tłumienia. Wynika to z faktu, że podmuchy wiatru mogą zarówno tłumić, jak i potęgować drgania konstrukcji, dlatego też prowadzenie pomiarów współczynnika tłumienia powinno odbywać się w sprzyjających warunkach pogodowych (cisza wiatrowa), w przeciwnym razie mogą być one mało wiarygodne.

W przypadku bardzo skutecznych tłumików i układów o działaniu nieliniowym duży problem stanowi powtarzalność uzyskanych przebiegów drgań. W zależności od proporcji i wielkości wzbudzonych amplitud składowych drgań dualnych występują znaczne różnice w uzyskanych wynikach pomiarów, a więc w częstotliwościach drgań oraz wartościach współczynnika tłumienia. Pewnym rozwiązaniem opisanych problemów jest wykonywanie wielu rejestracji i statystycznej obróbki wyników z odrzuceniem wartości skrajnie odbiegających od średniej.

Kolejnym kluczowym problemem podczas prowadzenia pomiarów dynamicznych systemów z tłumikami jest analiza zarejestrowanych sygnałów pomiarowych. W przypadku drgań układu bez tłumika (np. rys. 2), o wyraźnie dominującej częstotliwości głównej, wyznaczenie częstotliwości i współczynnika tłumienia jest zwykle dosyć proste. Można to zrobić, odczytując wartości rzędnych i odciętych kolejnych ekstremów na zarejestrowanym przebiegu. Wartość okresu drgań jest wówczas równa różnicy kolejnych wartości rzędnej, a zestawienie proporcji odciętych pozwala na wyznaczenie współczynnika tłumienia. Większe problemy mogą pojawić się w przypadku sygnału silnie zaszumionego lub zakłóconego drganiami o innej częstotliwości. Wówczas trudne staje się precyzyjne ustalenie punktów ekstremalnych wykresu, co prowadzi do spadku dokładności obliczeń. Rozwiązaniem może być tutaj użycie filtrów górno- i/lub dolnoprzepustowych do wstępnej obróbki sygnału. Ta metoda nie sprawdzi się jednak przy rejestracji dwóch lub więcej zbliżonych

częstotliwości. Z takim właśnie przypadkiem mamy zazwyczaj do czynienia podczas pomiarów układów dynamicznych z tłumikami masowymi. Przykładowo, przedstawiony na rys. 3 zapis czasowy ilustruje dwa nakładające się drgania o bliskich częstotliwościach. W takiej sytuacji zachodzi zjawisko tzw. dudnienia. Dla silnie tłumionych drgań może ono za każdym razem generować zupełnie różne kształty przebiegów czasowych. Charakterystycznymi objawami, które jednoznacznie wskazują na równoczesne pojawienie się kilku bliskich częstotliwości w sygnale, są zmiany odległości pomiędzy kolejnymi ekstremami wykresu (drgania o zmiennym okresie) oraz występowanie stref ponownego narastania amplitudy drgań pomimo braku wymuszenia układu (drgania gasnące). W takich przypadkach metoda analizy graficznej oparta na odczycie punktów ekstremalnych prowadzi do całkowicie błędnych wyników i nie może być stosowana.

Autorzy w swojej praktyce z powodzeniem wykorzystują metodę analizy opartą na dopasowaniu do zarejestrowanych przebiegów funkcji drgań, będącej sumą wartości stałej i n krzywych drgań gasnących o postaci ogólnej:

$$X(t) = A_0 + \sum_{k=1}^n A_k e^{-\beta_k t} \cos(\omega_k t + \varphi_k)$$

Do wyznaczenia wszystkich  $4n + 1$  nieznanych parametrów funkcji stosuje się metodę najmniejszych kwadratów. Liczbę istotnych składowych drgań występujących w sygnale, a więc parametr n, ustala się, analizując widmo zarejestrowanego sygnału. Metoda ta jest pracochłonna obliczeniowo, ponieważ wymaga rozwiązania nieliniowego układu równań arytmetycznych z wieloma niewiadomymi. Zastosowanie w tym przypadku komputera daje dobre rezultaty i umożliwia szybkie znalezienie rozwiązań. Na rys. 2 i 3 czerwoną linią oznaczono przebiegi funkcji drgań wyznaczonych tą metodą. Uzyskane w ten sposób wartości funkcji pozwalają obliczyć poszukiwane



Fot. 2. Realizacja pomiarów dynamicznych stalowych masztów flagowych z zabudowanymi tłumikami drgań wielu częstotliwości

parametry (okres, częstotliwość, współczynnik tłumienia, amplitudę początkową, przesunięcie fazowe) oddzielnie dla każdej składowej drgań. Dodatkowo metoda ta umożliwia łatwe oszacowanie błędów pomiarowych dla wszystkich wyliczonych parametrów.

## PODSUMOWANIE

Pomiary dynamiczne są bardzo przydatne i często wykonywane podczas projektowania, montażu, serwisu oraz kontroli okresowej masowych tłumików drgań, stosowanych zarówno w istniejących, jak i w nowych konstrukcjach budowlanych. Pozwalają na pomiar rzeczywistych wartości parametrów dynamicznych konstrukcji (częstotliwości i współczynniki tłumienia drgań), które są podstawą precyzyjnego strojenia i kontroli skuteczności działania tłumików drgań.

Przeprowadzanie pomiarów dynamicznych konstrukcji wyposażonych w masowe tłumiki drgań wymaga nie tylko wiedzy na temat zagadnień tech-

nicznych związanych z obsługą i doborem urządzeń pomiarowych, lecz także dobrej znajomości teorii działania tłumików oraz ich wpływu na zachowanie dynamiczne konstrukcji.

Pomiary należy dobrze zaplanować pod kątem rodzaju i umiejscowienia czujników pomiarowych oraz sposobu wzbudzenia drgań, uwzględniając warunki panujące w czasie rejestracji. Zespół prowadzący wzbudzenie powinien zostać odpowiednio rozlokowany na konstrukcji i zoptymalizowany pod względem liczby osób. Ważne jest jego doświadczenie oraz odpowiednie przeszkolenie w celu synchronicznego i skutecznego działania. Zaleca się stosowanie urządzenia wskazu-

jącego tempo prowadzonych wzbudzeń (rodzaj metronomu). W miarę możliwości technicznych należy dążyć do eliminacji czynników zakłócających pomiar, takich jak wiejący wiatr czy drgania generowane przez sąsiadujące urządzenia i instalacje. Konstrukcja powinna znajdować się w stanie odpowiadającym jej normalnej eksploatacji, tj. być w pełni zmontowana i wyposażona, pozbawiona tymczasowych elementów, takich jak rusztowania, odciąg lub podpory. Wzbudzenie drgań powinno być wystarczająco duże, aby poziom wywołanych amplitud znacznie przekraczał występujące zakłócenia pomiarowe, jednocześnie nie przekraczając wartości bezpiecznych dla badanej konstrukcji.

W przypadku układów mocno tłumionych należy wykonać wiele rejestracji pomiarowych, a zapisane przebiegi powinny być odpowiednio długie – najlepiej prowadzone aż do zaniku drgań. Wzbudzenia należy prowadzić w różnych zakresach częstotliwości odpowiednio do zakresu strefy rezonansu.

Do analizy przebiegów należy użyć odpowiednich metod zdolnych do separacji wszystkich znaczących składowych drgań występujących w rejestrowanym sygnale.

Prowadzenie i analiza dynamicznych pomiarów budowli wyposażonych w tłumiki drgań jest zagadnieniem bardzo skomplikowanym, wymagającym zarówno gruntownej wiedzy teoretycznej, jak i praktycznego doświadczenia. Aby wyniki pomiarów były wiarygodne, procedury pomiarowe oraz opracowanie wyników powinny być powierzone specjalistom o dużym doświadczeniu i dogłębnej znajomości przedmiotu. ■

## Literatura

- [1] PN-EN 1991-1-4:2008 – Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru.
- [2] PN-EN 1993-1-9:2007 – Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-9: Zmęczenie.
- [3] PN-EN 13084-1:2007 – Kominy wolno stojące – Część 1: Wymagania ogólne.
- [4] Kuras P. i in., „Pomiary drgań stalowych kominów przemysłowych wyposażonych w tłumiki masowe” w: *Problemy Aplikacji Kinematyki*, nr 12, 2014.
- [5] Kędzierski M. i in., „Poprawa bezpieczeństwa i niezawodności kominów stalowych poprzez modernizację systemów tłumienia drgań”, *X Konferencja Budownictwo w Energetyce w: Materiały Budowlane*, nr 5, 2016, s. 38–39, <https://doi.org/10.15199/33.2016.05.17>.
- [6] Podstolak P., Kędzierski M., „Zastosowanie tłumików drgań poprzecznych w przypadku modernizacji stalowych kominów przemysłowych” w: *XXVIII Konferencja Naukowo-Techniczna „Awaryjne Budowlane”*, Międzyzdroje, 2017.
- [7] Lewandowski R., *Redukcja drgań konstrukcji budowlanych*, Warszawa: PWN, 2014.
- [8] Wichtowski B., Żurański J.A., „Pewne przypadki rezonansu wiatrowego kominów stalowych” w: *XXIV Konferencja Naukowo-Techniczna „Awaryjne Budowlane”*, Międzyzdroje, 2009.
- [9] Włodarczyk W., „Problemy projektowania kominów stalowych z uwzględnieniem Eurokodów” w: *XXVII Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji*, Szczyrk, 2012.
- [10] Dulińska J., Kawecki J., „Awaryjne i katastrofy budowli wywołane działaniami dynamicznymi” w: *XXV Konferencja Naukowo-Techniczna „Awaryjne Budowlane”*, Międzyzdroje, 2011.

MATERIAŁ  
MARKETINGOWY



# Siła i koncentracja zaczynają się po pracy - odkryj PZU Sport

Więcej na: [sport.pzu.pl](http://sport.pzu.pl)



# Siła, koncentracja, odporność – odkryj sekret skutecznego inżyniera

Praca inżyniera to codzienna presja, odpowiedzialność i zmęczenie. Regularny ruch pomaga zachować siłę, koncentrację i spokój – także na budowie.



Jeszcze wczoraj Marek, kierownik budowy, kończył dzień z bólem pleców i zmęczonym umysłem. Harmonogram gonił, telefony się nie kończyły, a stres był codziennością. Dziś, po porannym treningu na siłowni, wchodzi na plac budowy z energią i spokojem. Co się zmieniło? Marek zrozumiał, że aktywność fizyczna to nie luksus, a inwestycja w zdrowie i efektywność.

## DLACZEGO INŻYNIER POTRZEBUJE RUCHU?

Praca inżyniera budownictwa jest wymagająca – długie godziny, presja terminów, częste zmiany lokalizacji. To wszystko obciąża zarówno ciało, jak i umysł. Brak ruchu zwiększa ryzyko kontuzji, chorób kręgosłupa, a także wpływa na koncentrację i odporność na stres.

Tymczasem regularna aktywność fizyczna działa jak najlepszy system wspomagania:

- redukuje napięcie,
- poprawia kondycję,

- dodaje energii,
- wspiera zdrowie psychiczne.

To nie tylko kwestia wyglądu – to fundament Twojej sprawności i skuteczności w pracy. Silne ciało to stabilny kręgosłup, a spokojny umysł to lepsze decyzje na budowie.

## JAK TO ZROBIĆ W PRAKTYCE?

Z pomocą przychodzi **abonament PZU Sport**, który daje dostęp do szerokiej sieci obiektów sportowych w całej Polsce: siłowni i basenów, a także zajęć fitness, squasha, jogi oraz wielu innych.

Niezależnie od tego, czy pracujesz w Warszawie, Wrocławiu czy na budowie w mniejszym mieście, zawsze znajdziesz miejsce, gdzie możesz zadbać o siebie. Elastyczność abonamentu sprawia, że trening dopasujesz do swojego grafiku: przed pracą, po pracy, a nawet w weekend.

**Nie masz czasu na długie sesje?** Wystarczy **30 minut**, by poczuć różnicę. Krótki trening siłowy, zajęcia jogi czy szybkie pływanie to Twój sposób na reset i regenerację.

## Korzyści, które poczujesz od razu:

- **więcej energii** – zamiast zmęczenia po pracy, zyskasz siłę na cały dzień;
- **lepsza koncentracja** – trening poprawia pracę mózgu, co przekłada się na skuteczniejsze planowanie i nadzór;
- **mniejszy stres** – aktywność fizyczna obniża poziom kortyzolu, dzięki czemu łatwiej zachować spokój w trudnych sytuacjach;
- **zdrowy kręgosłup** – ruch wzmacnia mięśnie stabilizujące, chroniąc przed bólami pleców.

## DLACZEGO WARTO?

Bo aktywny inżynier to specjalista:

- sprawniejszy,
- bardziej odporny na stres,
- skoncentrowany i efektywny w działaniu.

To inwestycja, która zwraca się każdego dnia – w lepszym samopoczuciu, większej koncentracji i zdrowiu pozwalającemu realizować ambitne projekty bez ograniczeń. Nie odkładaj decyzji na później. **Sprawdź, jak łatwo możesz dołączyć do PZU Sport i zacząć dbać o siebie już dziś!** ■



Ofertę abonamentu sportowo-rekreacyjnego PZU Sport znajdziesz na:  
[portal.piib.org.pl](http://portal.piib.org.pl).

# Praktyczne problemy z kosztorysami w zamówieniach publicznych



W procesie realizacji inwestycji budowlanych kosztorys pozostaje kluczowym dokumentem, który oddziałuje na sytuację zamawiającego oraz wykonawców w różnych fazach życia projektu.



## **dr n. pr. adwokat Hubert Wysoczański**

doktor nauk prawnych na Uniwersytecie Jagiellońskim; partner w kancelarii SSW kierujący Działem Infrastruktury; inżynier konsultant – członek Stowarzyszenia Inżynierów Doradców i Rzeczoznawców (SIDiR)



## **radca prawny Konrad Lach**

magister prawa na Uniwersytecie Śląskim w Katowicach; associate w zespole Infrastruktury oraz Zamówień Publicznych w kancelarii SSW

**K**osztorysy budowlane sporządza się na różnych etapach procesu inwestycyjnego i mogą one być opracowane przez inwestora albo wykonawcę (lub na zlecenie tych podmiotów przez biura kosztorysowe). W zależności od rodzaju kosztorysu mają one też różne przeznaczenie i służą odmiennym celom. Inne może być również rozumienie kosztorysu danego rodzaju na gruncie kontraktu zawartego pomiędzy podmiotami na rynku prywatnym, a inne na gruncie zamówień publicznych.

## **CHARAKTERYSTYKA KOSZTORYSU W KONTEKŚCIE ZAMÓWIEŃ PUBLICZNYCH**

Ustawa z dnia 11 września 2019 r. – Prawo zamówień publicznych [1] (dalej: p.z.p.) reguluje wyłącznie obowiązek sporządzania kosztorysu inwestorskiego w celu ustalenia wartości niektórych zamówień na roboty budowlane. W obrocie prywatnym natomiast sam obowiązek sporządzenia kosztorysu, jego zakres, treść i przeznaczenie muszą zostać wyrażone uregulowane w umowie. W praktyce spotyka się wiele rodzajów kosztorysów,

jednak trzeba wziąć pod uwagę, że inne ich typy (w tym ofertowe), choć tradycyjnie stosowane w obrocie, muszą każdorazowo znaleźć umocowanie w umowie, aby mogły mieć moc wiążącą między stronami<sup>1</sup>.

W kontekście zamówień publicznych kosztorys to dokument, który z jednej strony jest wykorzystywany przez zamawiających w celu określenia wartości szacunkowej zamówienia na roboty budowlane (kosztorys inwestorski), a z drugiej do przedstawienia przez wykonawcę

<sup>1</sup> Zob. więcej: rozdz. 13 w: Wysoczański H., *Kontrakty Budowlane. Nowe warunki FIDIC*, wyd. 2, Warszawa: Oficyna Wydawnicza Polcen, 2018 [2].

rozbicia i kalkulacji ceny swojej oferty na realizację przedmiotu zamówienia (kosztorys ofertowy). Niemniej w ogólnym znaczeniu należy przyjąć, że może być on nazywany dokumentem, który jest pisemnym zestawieniem materiałów i nakładów pracy potrzebnych do wykonania robót, wraz z podaniem ich cen jednostkowych [3–6]. Tak skonstruowany kosztorys może być wykorzystany w procesie wykonywania umowy dotyczącej realizacji danej inwestycji jako element umownego wynagrodzenia.

Z tego też powodu kwestie związane z tym dokumentem często stanowią oś sporu pomiędzy zamawiającym a wykonawcą.

Z uwagi na brak definicji kosztorysu ofertowego w przepisach prawa, w szczególności w ramach objaśnienia pojęć w art. 7 ustawy p.z.p., zamawiający, przygotowując dokumentację postępowania o udzielenie zamówienia publicznego, mają szeroką swobodę w ustalaniu, jak należy rozumieć to pojęcie. Takie rozwiązanie może jednak powodować wątpliwości wykonawców dotyczące sposobu przedstawienia jednego z kluczowych elementów oferty – ceny. Problem ten może dodatkowo pogłębić fakt, że przepisy p.z.p. nie zabraniają zamawiającym wymagać w dokumentacji postępowania więcej niż jednego rodzaju kosztorysu. W tej sytuacji jest kluczowe, aby dokładnie określić, jaką funkcję miałby spełniać dokument o takiej nazwie, czy stanowi on część oferty oraz na jakim etapie realizacji zamówienia będzie wykorzystywany. Zaniedbania w tym zakresie mogą skutkować sporami dotyczącymi prawidłowego sporządzenia oferty.

Taki przypadek wystąpił np. w sprawie o sygn. KIO 438/23 [7], w której zamawiający w specyfikacji warunków zamówienia dokonał rozróżnienia na pojęcia „kosztorysu ofertowego”, „kosztorysu uproszczonego” i „kosztorysu powykonawczego”. Dokumentacja nie wyjaśniała jednak wzajemnych relacji pomiędzy tymi pojęciami oraz ich nie definiowała. Zaniedbania te dopro-

wadziły do wątpliwości co do obowiązku składania kosztorysu ofertowego wraz z ofertą, która ostatecznie musiała być rozstrzygnięta przez Krajową Izbę Odwoławczą (KIO) na kanwie tej konkretnej dokumentacji zamówienia. Omawiane orzeczenie obrazuje, jak istotne jest to, aby zamawiający precyzyjnie opisywał swoje wymagania w zakresie sporządzanych kosztorysów oraz korzystał z możliwości określania definicji kosztorysu w dokumentacji zamówienia.

Uwaga dotycząca możliwości kształtowania pojęcia kosztorysu przez zamawiającego nie odnosi się jednak do kosztorysu inwestorskiego. Zamawiający nie może bowiem w sposób swobodny decydować o jego formie, gdyż ten został uregulowany w Rozporządzeniu Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021 r. w sprawie określenia metod i podstaw sporządzania kosztorysu inwestorskiego, obliczania planowanych kosztów prac projektowych oraz planowanych kosztów robót budowlanych określonych w programie funkcjonalno-użytkowym [8] (dalej: rozporządzenie o kosztorysie inwestorskim). Opisano w nim elementy składowe kosztorysu, metody jego sporządzania (§ 2), podstawy sporządzenia (§ 3) oraz elementy wchodzące w jego skład (§ 7). Rozporządzenie o kosztorysie inwestorskim nie wprowadza definicji legalnej tego pojęcia,

dowlano-montażowej, stanowiący podstawę do ustalenia potrzebnych środków na wykonanie zamówienia [9, 10].

Brak jednoznacznych regulacji prawnych dotyczących formy kosztorysów, a także ich złożony charakter, często bardzo duża objętość oraz istotna rola przy ustalaniu ceny oferty sprawiają, że w praktyce zamówień publicznych pojawia się wiele problemów związanych z ich stosowaniem. Mogą one bezpośrednio wpływać zarówno na wybór wykonawcy w postępowaniu, jak i na sposób realizacji kontraktu.

### **KOSZTORYS INWESTORSKI – PROBLEMY POJAWIAJĄCE SIĘ W PRAKTYCE**

Z uwagi na funkcję kosztorysu inwestorskiego w postępowaniu o udzielenie zamówienia publicznego jest on dokumentem o istotnym znaczeniu dla kwestii formalno-prawnych, a także praktycznych.

Problematyka sporów opartych na ewentualnych błędach w kosztorysie inwestorskim nie jest jednak tak rozbudowana jak w przypadku kosztorysów ofertowych. Wynika to z faktu, że kosztorys inwestorski jest dokumentem przygotowywanym przez zamawiającego, jego wpływ na proces oceny ofert jest mniejszy niż w przypadku kosztorysu ofertowego, co zmniejsza też ryzyko sporów między stronami na jego kanwie.

## **Podstawowym problemem praktycznym związanym z kosztorysem inwestorskim może być brak jego korelacji z rzeczywistym nakładem prac koniecznych do wykonania w ramach przedmiotu zamówienia.**

niemniej w piśmiennictwie definiowany jest on jako dokument określający szacunkową wartość przedmiotu zamówienia na podstawie cen rynkowych takiego samego lub podobnego składnika bądź z wykorzystaniem publikowanych przez GUS lub inne podmioty dostępnych wskaźników cen produkcji bu-

Warto jednak zauważyć, że kosztorys inwestorski jako dokument stanowiący element szacowania wartości zamówienia ma wpływ na procedurę badania oferty pod kątem wystąpienia rażąco niskiej ceny. Poza bezpośrednim zastosowaniem tego dokumentu w kontekście decyzji o wezwaniu



wykonawcy do złożenia wyjaśnień ceny oferty na podstawie art. 224 ust. 2 p.z.p., kosztorys inwestorski bywa wykorzystywany przez wykonawców jako punkt odniesienia oraz element argumentacji w sporach dotyczących odrzucenia oferty z rażąco niską ceną. W niektórych przypadkach sprawy te opierają się na kwestii omyłek w tym dokumencie.

Uwzględniając to przy omówieniu praktycznych aspektów stosowania

z pomyłki zamawiającego, który pominął pewien zakres robót na etapie sporządzania kosztorysu, lub braku aktualizacji kosztorysu inwestorskiego mimo rozszerzenia skali planowanej inwestycji. Ostatecznie przypadek, w którym kosztorys inwestorski nie pokrywa wszystkich elementów zamówienia, musi prowadzić do wątpliwości co do sposobu użycia tego dokumentu w postępowaniu o udzielenie zamówienia publicznego.

## **Kosztorysy ofertowe przygotowywane przez wykonawców są dokumentami rozbijającymi cenę ofertową na poszczególne składniki kosztotwórcze, tj. robociznę, materiały, sprzęt, koszty pośrednie i zysk.**

kosztorysów inwestorskich w zamówieniach publicznych, warto skupić się na wspomnianej kwestii wykorzystania ich w procedurze badania ceny oferty wykonawcy.

Podstawowym problemem praktycznym związanym z kosztorysem inwestorskim może być brak jego korelacji z rzeczywistym nakładem prac koniecznych do wykonania w ramach przedmiotu zamówienia. Taka sytuacja może wynikać

Takie wątpliwości wystąpiły w sprawie rozpoznawanej przez Krajową Izbę Odwoławczą pod sygnaturą KIO 605/24 [11], w której odwołujący zarzucał zamawiającemu zaniechanie zbadania oferty wybranej jako najkorzystniejsza pod kątem wystąpienia rażąco niskiej ceny. Odwołujący oparł się przy tym na rzekomych błędach w kosztorysie inwestorskim polegających na nieuwzględnieniu w nim wielu pozycji do wyceny, co z kolei skutkowało zaniże-

niem szacunkowej wartości zamówienia. Na tej podstawie w zarzutach podniesiono, że oferty sporządzone zgodnie z kosztorysem inwestorskim zawierają cenę niepozwalającą na prawidłowe wykonanie zamówienia.

Krajowa Izba Odwoławcza w swoim orzeczeniu stwierdziła, że argumentacja odnosząca się do wartości zamówienia i kosztorysów inwestorskich nie mogła być stosowana przez izbę dla rozstrzygnięcia o zarzucie naruszenia art. 224 ust. 1 p.z.p. w kontekście oceny prawidłowości kalkulacji cen, w tym kwestionowanych cen z oferty wykonawcy. Wniosek ten wynikał z ustalenia, że kosztorysy inwestorskie są sporządzane przed wszczęciem postępowania i służą zamawiającemu ze swej istoty przede wszystkim – jak wynika z treści przepisu – do ustalenia wartości szacunkowej, a odniesienie ceny z oferty do tej wartości ma znaczenie, ale w myśl art. 224 ust. 2 p.z.p. dla ustalenia wskaźnika 30% przy rażąco niskiej cenie.

Omawiany wyrok oddziela od siebie zatem kwestię wartości szacunkowej zamówienia wynikającej z kosztorysu inwestorskiego od oceny prawidłowości kalkulacji ceny ofert wykonawców. W ten sposób należałoby interpretować pogląd izby o możliwości odniesienia kosztorysu inwestorskiego do ceny oferty wyłącznie dla ustalenia wskaźnika, od którego badana jest cena oferty, zgodnie z art. 224 ust. 2 p.z.p. Innymi słowy, przyjmując pogląd izby, kosztorys inwestorski może być potrzebny do stwierdzenia, czy wykonawca powinien wyjaśnić cenę swojej oferty, ale nie jest kluczowy dla dalszej oceny złożonych wyjaśnień. Takie stanowisko niewątpliwie znacząco ogranicza wykorzystanie kosztorysu na dalszych etapach postępowania o udzielenie zamówienia publicznego.

Jednocześnie w omawianym orzeczeniu Krajowa Izba Odwoławcza nie wypowiedziała się wprost co do zgłaszanych błędów w tym dokumencie. Skład orzekający wskazał, że w odwołaniu nie został podniesiony zarzut naruszenia art. 34 ust. 1 pkt 1 p.z.p. Ogólny kontekst sporu

sugeruje jednak, że zważywszy na opisane powiązanie wartości szacunkowej zamówienia z koniecznością badania ceny ofert na podstawie art. 224 ust. 2 p.z.p., błędy w kosztorysie inwestorskim mogą wpływać na ten obowiązek zamawiającego. Jeżeli w postępowaniu błędnie zaniżono wartość zamówienia w oparciu o nieoprawny kosztorys inwestorski, będzie się to przekładać na brak konieczności badania ofert pod kątem rażąco niskiej ceny z uwagi na nieprzekroczenie limitu 30% odchylenia od wartości zamówienia wskazanego w art. 224 ust. 2 p.z.p.

Należy więc uznać, że błędy zamawiającego na etapie sporządzania kosztorysu inwestorskiego mogą mieć wpływ nie tylko na kwestie związane z trybem udzielenia zamówienia czy stosowaniem przepisów związanych z postępowaniami powyżej progów unijnych, ale w pewnym stopniu także na przebieg procesu badania i oceny ofert.

### **KOSZTORYSY OFERTOWE – PROBLEMY POJAWIAJĄCE SIĘ W PRAKTYCE**

Odmienne niż w przypadku kosztorysów inwestorskich, kosztorysy ofertowe są przygotowywane przez wykonawców i stanowią dokument rozbijający cenę ofertową na poszczególne składniki kosztotwórcze, takie jak robocizna, materiały, sprzęt, koszty pośrednie oraz zysk. W rzeczywistości bardzo konkurencyjnego rynku budowlanego zrozumiałe jest, że kosztorys ofertowy jest często kwestionowany przez innych wykonawców biorących udział w postępowaniu o udzielenie zamówienia publicznego. Wynika to przede wszystkim z możliwości odrzucenia oferty danego wykonawcy z uwagi na błędy w kosztorysie, które mogą wskazywać na niezgodność oferty z warunkami zamówienia na podstawie art. 226 ust. 1 pkt 5 p.z.p. lub stanowić podstawę do jej odrzucenia jako zawierającej rażąco niską cenę albo koszt w stosunku do przedmiotu zamówienia na podstawie art. 226 ust. 1 pkt 8 p.z.p.

Przy omawianiu kwestii praktycznych związanych z ewentualnymi błędami w kosztorysach ofertowych nie spo-

sób pominąć tego, że istotna część z nich może zostać poprawiona przez zamawiającego na podstawie art. 223 ust. 2 p.z.p. W tej sytuacji właściwe zastosowanie procedury poprawy omyłek w ofercie również może być elementem sporu w toku postępowania o udzielenie zamówienia publicznego.

Mając powyższe na uwadze, w dalszej części niniejszego artykułu omówione zostaną różnego rodzaju błędy popełniane w kosztorysach ofertowych właśnie z perspektywy ewentualnej możliwości ich poprawy. Ostatecznie bowiem celem wykonawcy składającego ofertę jest to, aby została ona wybrana jako najkorzystniejsza w postępowaniu, a ponadto poprawa ewentualnych błędów w kosztorysie, umożliwiającą osiągnięcie tego celu, jest najczęściej rozwiązaniem pożądanym przez oferentów. Zastosowanie art. 223 ust. 2 p.z.p. może decydować o tym, czy dany błąd będzie skutkować odrzuceniem oferty czy jej utrzymaniem w postępowaniu.

Pierwszym rodzajem błędów, które mogą być poprawiane na podstawie art. 223 ust. 2 p.z.p., są omyłki pisarskie. W kosztorysach ofertowych mogą one

## **Błędem, który najczęściej nie będzie mógł być poprawiony przez zamawiającego jako oczywista omyłka pisarska, jest niewłaściwe wypełnienie pozycji kosztorysu w zakresie ceny za dany zakres zamówienia.**

przejawiać się błędnym oznaczeniem nazwy wycenianej pozycji, w tym poprzez przedstawienie bądź pominięcie wyrazów lub niewłaściwe użycie danego słowa. Błędy te powinny mieć charakter błędów oczywistych, czyli takich, które mogą być rozpoznane przez każdego, bez pogłębionej analizy treści kosztorysu. W orzecznictwie zwraca się uwagę, że oczywista omyłka to błąd wynikający z przeoczenia lub innej wady procesu myślowo-redakcyjnego, nie zaś spowodowany uchybieniem o charakterze merytorycznym [12].

Błędem, który najczęściej nie będzie mógł być poprawiony przez zamawiającego jako oczywista omyłka pisarska, jest niewłaściwe wypełnienie pozycji kosztorysu w zakresie ceny za dany zakres zamówienia. Przykładowo w jednej ze spraw Krajowa Izba Odwoławcza (wyrok z dnia 5 września 2023 r., sygn. akt KIO 2465/23) orzekła co do przypadku wpisania znaku „-” w pozycji dotyczącej kosztu zapewnienia członka personelu, tj. specjalisty ds. kosztorysowania. Wykonawca omyłkowo nie wypełnił tej pozycji, za to uzupełnił pozycję sąsiadującą, dotyczącą zapewnienia innego członka personelu, tj. specjalisty ds. górniczych, który nie był wymagany w tym postępowaniu. Ostatecznie skład orzekający stwierdził, że nie jest to oczywista omyłka pisarska, gdyż poprawienie błędu polegałoby na przeniesieniu wartości z całkiem innej pozycji kosztorysu (choć sąsiadującej) do tej właściwej, a dotyczącej innego specjalisty. Izba uznała także, że omawiany błąd nie może być kwalifikowany jako inna omyłka z art. 223 ust. 2 pkt 3 p.z.p. Taką decyzję oparto na wniosku, zgodnie z którym z pozostałych dokumentów, stanowiących treść oferty, nie wynikało, jak dana pozycja powinna zostać poprawiona, ani czy w ogóle wymaga poprawy.

Kolejna grupa omyłek przewidziana w art. 223 ust. 2 p.z.p., bardzo istotna z punktu widzenia kosztorysów, to błędy rachunkowe. Oprócz oczywistego charakteru, omyłka z tej grupy powinna spełniać dwa warunki:

- 1) każdy racjonalnie działający wykonawca złożyłby ofertę o odmiennej treści;
- 2) dotyczy błędów rachunkowych polegających na mylnym wyniku działania arytmetycznego, w których wynik można poprawić w jeden, konkretny sposób, zgodny z zasadami matematyki [13].

Ten ostatni element charakterystyki oczywistych omyłek rachunkowych, tj. możliwość ich poprawy zgodnie z zasadami działań matematycznych w jedyny sposób, odróżnia je od błędów w obliczeniu ceny lub kosztu (o którym mowa w art. 226 ust. 1 pkt 10 p.z.p.), które stanowią podstawę do odrzucenia oferty [14].

W kosztorysach ofertowych błędami kwalifikującymi się do poprawy jako oczywiste omyłki rachunkowe są najczęściej błędne wyniki sumowania danych grup pozycji kosztowych. W niektórych przypadkach błędy matematyczne mogą być bardziej skomplikowane z uwagi na wymagania specyfikacji warunków zamówienia, które znajdują przełożenie na konstrukcję kosztorysu. Przykładowo w sprawie KIO 1150/23 [15] wykonawcy zgodnie z dokumentacją zamówienia mieli wycenić realizację studni rewizyjnych w gotowym wykopie,

omyłki rachunkowej podlegającej obowiązkowi skorygowania przez zamawiającego, z uwzględnieniem konsekwencji rachunkowych korekty.

Omawiany wyrok w sprawie KIO 1150/23 [15] porusza istotną kwestię konieczności uwzględniania poprawy omyłki w cenie oferty wykonawcy. Nie należy bowiem zapominać, że większość omyłek rachunkowych wpływa na wysokość ceny zaoferowanej w kosztorysie ofertowym za realizację danej pozycji. Wykonawca musi więc liczyć się z tym, że cena jego oferty może zostać podwyższona lub obniżona. Co przy tym istotne, pomimo tak dużego wpływu na całokształt oferty, w przeciwieństwie do kategorii innych omyłek, przepisy p.z.p. nie przewidują konieczności uzyskania przez zamawiającego akceptacji wykonawcy poprawy oczywistej omyłki rachunkowej. Należy więc przyjąć, że jest

w swoich kosztorysach często powołują się właśnie na potrzebę poprawy ich oferty w tym zakresie na podstawie art. 223 ust. 2 pkt 3 p.z.p. Katalog błędów, które mogą być korygowane w ten sposób, jest bowiem bardzo szeroki. Może chodzić o przedstawienie pozycji w kosztorysie, ich niewłaściwą wycenę, a nawet pominięcie.

Konstrukcja przepisu art. 223 ust. 2 pkt 3 p.z.p. powoduje, że przy badaniu, czy zamawiający powinien skorzystać z tego przepisu, należy uwzględnić także kwestię istotności zmiany. Ocena istotności zmiany dokonanej w ofercie w wyniku przeprowadzenia poprawy omyłki musi następować indywidualnie, każdorazowo uwzględniając stan faktyczny sprawy, treść konkretnej oferty i przedmiot zamówienia [16]. W przypadku poprawy kosztorysów ofertowych poprawki najczęściej będą mieć przełożenie na konkretne wartości liczbowe, co pomaga przy analizie, czy są one istotne. Orzecznictwo sugeruje, że w takiej sytuacji oceniając istotność, brać pod uwagę, ile wyniesie wartość zmiany, a także ile pozycji kosztorysu będzie musiało ulec poprawie [17]. W wybranych orzeczeniach Krajowa Izba Odwoławcza stwierdziła przykładowo, że dopuszczalna jest poprawa, która opiewa na ok. 1% ceny globalnej oferty i dotyczy 11 ze 196 pozycji kosztorysu [18], oraz że akceptowalna jest poprawa dotycząca kwoty 11 tys. zł przy wartości projektu ponad 13 mln zł [19]. Podane wartości mogą stanowić wskazówkę interpretacyjną dla oceny poziomu istotności poprawki kosztorysu, jednakże należy zaznaczyć, że w orzecznictwie nigdy nie wypracowano jednolitego poglądu dotyczącego konkretnego progu, który przesądzałby o tym, że mamy do czynienia z zakazaną zmianą istotną.

Specyficznym problemem praktycznym związanym z kosztorysami ofertowymi może być sytuacja, w której w danym zakresie wykonawca wpisał cenę jednostkową pozycji jako 0 zł. Jak wskazał Trybunał Sprawiedliwości UE [20], taka okoliczność nie powinna automatycznie skutkować odrzuceniem oferty, natomiast powinna



co wymagało uwzględnienia w kosztorysie ofertowym korekty dla tej pozycji. W takim stanie faktycznym Krajowa Izba Odwoławcza stwierdziła, że błąd polegający na nieuwzględnieniu ujemnego czynnika w iloczynnie wartości pozycji (kolumna 7 i 8 kosztorysu ofertowego), przy jednoczesnym wskazaniu intencji pomniejszenia o te wartości w kolumnie 4 kosztorysu ofertowego, doprowadził do nieintencjonalnego podwyższenia ilości i wartości robót o założoną wartość korekty, zamiast do obniżenia ilości oraz wartości robót o tę założoną w kosztorysie ofertowym wartość korekty. W ocenie izby omyłka ta miała charakter oczywistej

to czynność jednostronna, która w przypadku obiekcji wykonawcy może być jedynie zaskarżona odwołaniem do Krajowej Izby Odwoławczej.

Na gruncie art. 223 ust. 2 p.z.p. zdecydowanie najbardziej pojemnym pojęciem jest grupa innych omyłek przewidziana w pkt. 3 omawianego przepisu. Zgodnie z regulacją na tej podstawie poprawiane mogą być inne omyłki polegające na niezgodności oferty z dokumentami zamówienia, niepowodujące istotnych zmian w treści oferty.

Ze względu na ogólny charakter omawianych omyłek wykonawcy przy błędach

prować do przeprowadzenia procedury wyjaśnienia ceny oferty pod kątem wystąpienia rażąco niskiej ceny. Taki przypadek oznacza bowiem, że wykonawca proponuje realizację jakiegos zakresu prac na własny koszt.

Z sytuacją wyceny danej pozycji na 0 zł nie powinno się utożsamiać całkowitego pominięcia danej pozycji kosztorysu i pozostawienia jej pustej. W tym kontekście należy jednak zaznaczyć, że w orzecznictwie Krajowej Izby Odwoławczej brak jest w pełni jednolitego poglądu dotyczącego możliwości poprawy na podstawie art. 223 ust. 2 pkt 3 p.z.p. kosztorysów, w których niektóre pozycje nie zostały wypełnione.

## Brak podania jakiegokolwiek wartości liczbowej w kosztorysie ofertowym należy uznać za brak wyceny, a nie za oferowanie przedmiotu zamówienia za 0 zł.

Przykładowo, w sprawie o sygn. KIO 2520/21 [21] skład orzekający przyjął, iż bezpodstawne było stanowisko odwołującego, jakoby w przypadku pozycji niewycenionych zamawiający winien był wstawić w odpowiednich kolumnach kosztorysu ofertowego kwotę 0 zł. Brak podania jakiegokolwiek wartości liczbowej należy uznać za brak wyceny, a nie za oferowanie przedmiotu zamówienia za 0 zł. Cyfra zero jest wartością wymierną i wpisanie jej do kosztorysu stanowi wycenę, natomiast w przypadku oferty odwołującego część rubryk nie została po prostu wypełniona, czyli wyceniona. Ostatecznie więc izba doszła do wniosku, że zachodzi niezgodność oferty ze specyfikacją warunków zamówienia i powinna ona zostać odrzucona.

Natomiast w sprawie KIO 3130/23 [22] izba przyjęła stanowisko bardziej liberalne, które polegało na stwierdzeniu, że jeżeli z innych dokumentów złożonych przez wykonawcę wynika, jakie stawki oferował za dany zakres prac objętych kosztorysem ofertowym, to poprawa tych pustych pozycji przez zamawiającego jako innych omyłek na podstawie art. 223 ust. 2 pkt 3 p.z.p. nie prowadzi do uzupełnienia oferty o wy-

cenę pozycji, które od początku zostały wycenione w wartości zsumowanej, a jedynie do ich sprecyzowania, do czego podstawy istniały w ofercie.

Opisane przypadki spraw spornych obrazują, jak wiele wątpliwości mogą budzić błędy w kosztorysach ofertowych czy ich ewentualne poprawki. Ostatecznie obecnie przewidziane w p.z.p. mechanizmy pozwalające na „ratowanie” ofert wykonawców, którzy popełnili oczywiste omyłki w kosztorysach ofertowych, należy ocenić względnie pozytywnie. Elastyczność w tym zakresie jest bowiem z jednej strony kontrolowana w ramach

ewentualnych odwołań do Krajowej Izby Odwoławczej, a z drugiej pozwala na zaoszczędzenie środków publicznych dzięki możliwościom poprawy bagatelnych błędów w kosztorysach, które w przeciwnym razie prowadziłyby do odrzucenia często najtańszej oferty. Niewątpliwie dla rynku budowlanego pożądanym byłoby jednak, aby orzecznictwo w zakresie poprawy omyłek w kosztorysach przedstawiało bardziej jednolite oraz przewidywalne poglądy.

### WNIOSKI KOŃCOWE

Z uwagi na znaczenie kosztorysów w postępowaniach o udzielenie zamówienia publicznego omawiane powyżej aspekty praktyczne bywają często kluczowe dla ostatecznego wyniku przetargu na roboty budowlane. Z tego powodu wątki powiązane w szczególności z błędami popełnianymi przez zamawiającego oraz wykonawców powinny być bardzo dokładnie adresowane w przyszłych postępowaniach, ponieważ mają one przełożenie na cały proces inwestycyjny. Rola kosztorysów ofertowych nie kończy się na etapie podpisania umowy z zamawiającym.

Są one kluczowym dokumentem w procesie rozliczania prac wykonawcy w ramach wynagrodzenia kosztorysowego, a jako takie pozostają często centralnym elementem późniejszych sporów sądowych. ■

### Literatura

- [1] Ustawa z dnia 11 września 2019 r. – Prawo zamówień publicznych (t.j. Dz.U. z 2024 r. poz. 1320).
- [2] Wysoczański H., *Kontrakty Budowlane. Nowe warunki FIDIC*, wyd. 2, Warszawa: Oficyna Wydawnicza Polcen, 2018.
- [3] Buczkowski S., *System prawa cywilnego*, t. III, cz. 2, s. 436.
- [4] Radwański Z., Panowicz-Lipska J., *Zobowiązania*, Warszawa: Wydawnictwo C.H. Beck, 2008, s. 173.
- [5] Kidyba A., *Prawo handlowe*, Warszawa: Wydawnictwo C.H. Beck, 2006, s. 825.
- [6] Zygmunt R., „Kosztorysowanie robót budowlanych” w: *Wspólnota*, 2006, nr 27.
- [7] Wyrok Krajowej Izby Odwoławczej z dnia 3 marca 2023 r., sygn. akt KIO 438/23.
- [8] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021 r. w sprawie określenia metod i podstaw sporządzania kosztorysu inwestorskiego, obliczania planowanych kosztów prac projektowych oraz planowanych kosztów robót budowlanych określonych w programie funkcjonalno-użytkowym (Dz.U. z 2021 r. poz. 2458).
- [9] Kotowicz B., art. 34, nb. 3 w: Sieradzka M. (red.), *Prawo zamówień publicznych. Komentarz*, Warszawa: Wydawnictwo C.H. Beck, 2022.
- [10] Wyrok Krajowej Izby Odwoławczej z dnia 1 kwietnia 2011 r., sygn. akt KIO 586/11.
- [11] Wyrok Krajowej Izby Odwoławczej z dnia 11 marca 2024 r., sygn. akt KIO 605/24.
- [12] Wyrok Krajowej Izby Odwoławczej z dnia 21 listopada 2022 r., sygn. akt KIO 2875/22.
- [13] Wiśniewski P., art. 223 w: Nowicki J.E., Wiśniewski P., *Prawo zamówień publicznych. Komentarz*, wyd. V, Warszawa: Wydawnictwo C.H. Beck, 2023.
- [14] Wyrok Krajowej Izby Odwoławczej z dnia 24 stycznia 2022 r., sygn. akt KIO 34/22.
- [15] Wyrok Krajowej Izby Odwoławczej z dnia 8 maja 2023 r., sygn. akt KIO 1150/23.
- [16] Wyrok Sądu Okręgowego w Krakowie z dnia 23 kwietnia 2009 r., sygn. akt XII Ga 102/09.
- [17] Wyrok Krajowej Izby Odwoławczej z dnia 26 listopada 2008 r., sygn. akt KIO/UZP 1277/08.
- [18] Wyrok Krajowej Izby Odwoławczej z dnia 6 kwietnia 2023 r., sygn. akt KIO 797/23.
- [19] Wyrok Krajowej Izby Odwoławczej z dnia 4 czerwca 2021 r., sygn. akt KIO 1128/21.
- [20] Wyrok Trybunału Sprawiedliwości Unii Europejskiej z dnia 10 września 2020 r., C-367/19.
- [21] Wyrok Krajowej Izby Odwoławczej z dnia 9 września 2021 r., sygn. akt KIO 2520/21.
- [22] Wyrok Krajowej Izby Odwoławczej z dnia 17 listopada 2023 r., sygn. akt KIO 3130/23, sygn. akt KIO 3164/23.

# Inżynier budownictwa pod ochroną Compensy

Rozmowa z Jarosławem Poszeleżnym, dyrektorem Biura Ubezpieczeń OC i Finansowych w Compensie, na temat zakresu ochrony, jaką zapewnia ubezpieczenie OC inżynierom budownictwa.



## Jaką rolę pełni ubezpieczenie OC w praktyce zawodowej inżyniera budownictwa?

Ubezpieczenie OC w praktyce zawodowej inżyniera budownictwa pełni rolę znacznie szerszą niż jako formalne spełnienie obowiązku ustawowego. Przede wszystkim jest ono realnym instrumentem ochrony majątku osobistego inżyniera oraz elementem stabilizującym jego sytuację zawodową w przypadku wystąpienia roszczeń ze strony inwestorów, użytkowników obiektów czy innych uczestników procesu budowlanego.

W praktyce inżynierskiej nawet przy zachowaniu należytej staranności ryzyko po-

wstania szkody jest nieuniknione. Proces inwestycyjny jest złożony, angażuje wielu uczestników i często rozciąga się w czasie, a konsekwencje błędów projektowych, wykonawczych czy nadzorczych mogą ujawnić się dopiero po latach. Ubezpieczenie OC przejmuje wówczas ciężar finansowy odpowiedzialności cywilnej, umożliwiając zaspokojenie roszczeń osób poszkodowanych bez konieczności angażowania prywatnych środków inżyniera.

Istotnym aspektem roli ubezpieczenia OC jest również zapewnienie ochrony w zakresie kosztów obrony prawnej. Postępowania odszkodowawcze, spory sądowe oraz mediacje generują znaczne koszty, a sama

konieczność uczestniczenia w takich postępowaniach bywa dla inżyniera dużym obciążeniem organizacyjnym i psychicznym. Dzięki ochronie ubezpieczeniowej inżynier zyskuje wsparcie w prowadzeniu sprawy, co pozwala mu skupić się na wykonywaniu obowiązków zawodowych.

## Jaką ochronę oferuje Compensa osobom, które wykonują projekty i kierują robotami budowlanymi?

Podstawowym i jednocześnie najważniejszym elementem ochrony projektantów oraz kierowników robót i budów jest obowiązkowe ubezpieczenie odpowiedzialności cywilnej za szkody wyrządzone w związku z wykonywaniem samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie. Od początku 2025 r., na mocy umowy zawartej z Polską Izbą Inżynierów Budownictwa, Compensa zapewnia członkom PIIB kompleksową ochronę w tym zakresie, odpowiadającą realnym ryzykom związanym z wykonywaniem zawodu inżyniera budownictwa.

Zakres ochrony w ramach obowiązkowego ubezpieczenia OC jest bardzo szeroki. Jednym z jego kluczowych elementów jest objęcie odpowiedzialności za szkody wyrządzone w wyniku rażącego niedbalstwa ubezpieczonego. Co szczególnie istotne z punktu widzenia inżynierów, Compensa rezygnuje w takich przypadkach z prawa dochodzenia roszczeń regresowych wobec ubezpieczonego. Oznacza to realną ochronę majątku osobistego inżyniera, nawet w sytuacjach, w których błąd zawodowy miał poważny charakter.

Ochroną objęta jest również działalność gospodarcza osoby fizycznej – ubezpieczonego, w ramach której wykonuje on samodzielne funkcje techniczne w budownictwie, zgodnie z posiadanymi uprawnieniami. Zakres ten zawiera także działania i zaniechania osób zatrudnionych przez ubezpieczonego na podstawie umowy o pracę lub umów prawa cywilnego, o ile osoby te wykonują swoje czynności pod jego nadzorem oraz w granicach samodzielnych funkcji technicznych pełnionych przez ubezpieczonego.

Szczególnym rozwiązaniem, które budzi duże zainteresowanie środowiska inżynierskiego i które wynika bezpośrednio z porozumienia zawartego z PIIB, jest brak znaczenia formy wykonywania zawodu dla zakresu ochrony oraz wysokości należnego odszkodowania. Niezależnie od tego, czy inżynier wykonuje samodzielne funkcje techniczne w ramach prowadzonej działalności gospodarczej, umowy o pracę czy umowy cywilnoprawnej, ochrona ubezpieczeniowa pozostaje taka sama. Jest to rozwiązanie korzystniejsze niż to, które wynika z aktualnego orzecznictwa Sądu Najwyższego, potwierdzającego subsydiarną odpowiedzialność pracownika wobec poszkodowanego za szkody wyrządzone nieumyślnie przy wykonywaniu obowiązków pracowniczych. Compensa wypłaci odszkodowanie w pełnej wysokości również w sytuacji, gdy odpowiedzialność ubezpieczonego jest ograniczona przepisami Kodeksu pracy. Ochrona ta ma zastosowanie nie tylko w przypadkach, gdy nie jest możliwe wyłączenie naprawienia szkody przez pracodawcę z uwagi na brak realnej możliwości zaspokojenia roszczeń, lecz także w szerszym zakresie, wynikającym z przyjętych warunków ubezpieczenia.

### Jakie inne elementy kompleksowej ochrony ubezpieczeniowej dla członków PIIB oferuje Compensa?

Uzupełnieniem ochrony obowiązkowej są dobrowolne umowy ubezpieczenia OC o charakterze nadwyżkowym, oferowane w różnych wariantach sum gwarancyjnych. Pozwalają one na zabezpieczenie rosz-

czeń przekraczających limit przewidziany w umowie podstawowej, co ma szczególne znaczenie przy dużych i skomplikowanych inwestycjach.

Osobom prowadzącym jednoosobową działalność gospodarczą, które w określonej specjalności nie posiadają uprawnień budowlanych, a jednocześnie zatrudniają specjalistów, Compensa oferuje możliwość zawarcia dobrowolnej umowy ubezpieczenia OC z tytułu prowadzonej działalności gospodarczej oraz OC projektanta. W takim przypadku ochrona obejmuje nie tylko całość aktywności budowlanej i projektowej przedsiębiorstwa, lecz również odpowiedzialność cywilną z tytułu posiadanego mienia.

W ofercie Compensy znajdują się także produkty dobrowolne, kierowane do przedsiębiorców jednoosobowych oraz spółek handlowych, obejmujące, oprócz ochrony dla prac budowlano-montażowych, również działalność związaną z nadzorem inwestorskim, w tym funkcje inwestora zastępczego, menedżera projektu, inżyniera kontraktu oraz zarządzającego projektem inwestycyjnym. Dzięki temu możliwe jest kompleksowe zabezpieczenie całego procesu inwestycyjnego.

## Uzupełnieniem ochrony obowiązkowej są dobrowolne umowy ubezpieczenia OC o charakterze nadwyżkowym.

### Czy OC chroni szkody powstałe w wyniku kierowania robotami przez osobę będącą udziałowcem spółki?

Odpowiadając na to pytanie, musimy rozważyć kilka okoliczności, które mogą wystąpić w obrocie. W przypadku spółek cywilnych, które nie są przedsiębiorcami według przepisów prawa, zabezpieczenie daje wspólnik, który jest przedsiębiorcą i jako członek PIIB jest objęty ochroną OC. W spółkach kapitałowych udziałowiec zgodnie z przepisami nie ma obowiązku świadczyć usług na rzecz spółki, ale będąc np. zatrudniony w spółce, może wykonywać samodzielne funkcje techniczne. Kiedy odpowiedzialność za szkodę będzie można przypisać inżynierowi, nie zaś

spółce, wówczas polisa OC będzie chronić. W wypadku spółek kapitałowych istotne znaczenie ma fakt wykonywania samodzielnej funkcji technicznej, nie zaś bycie udziałowcem. Z kolei w spółkach osobowych prawa handlowego np. inżynierowie będący wspólnikami jawnymi, wykonując świadczenia w ramach samodzielnych funkcji, w razie przypisania im wyłącznej odpowiedzialności będą chronieni polisą. W przypadku spółek osobowych mogą występować różne konfiguracje kierowanych roszczeń zarówno do spółki, jak i subsydiarnie do wspólników.

Jeśli podmiotem zawierającym umowę o wykonanie prac lub usług jest spółka, roszczenie będzie kierowane do spółki. Zawsze warto zadbać o ubezpieczenie spółki chociażby z uwagi na fakt, że mogą powstać szkody.

### Czy umowa ubezpieczenia obowiązkowego OC obejmuje czyste straty finansowe?

Tak, obowiązkowe ubezpieczenie OC obejmuje również ryzyko tzw. czystych strat finansowych. Pojęcie to zostało wykształcone w praktyce obrotu prawno-ubezpieczeniowego i oznacza szkodę majątkową,

która nie jest następstwem ani szkody na osobie, ani w mieniu.

Czystą stratą finansową może być np. utrata korzyści, poniesienie dodatkowych kosztów, utrata możliwości korzystania z rzeczy lub mienia, która nie wynika z ich uszkodzenia bądź zniszczenia. Tego rodzaju ryzyka są szczególnie istotne w działalności projektowej i inżynierskiej, gdzie konsekwencje błędów często mają charakter finansowy, a nie materialny. Zakres ochrony oferowany przez Compensę uwzględnia te realia wykonywania zawodu. ■

Dziękuję za rozmowę.

Rozmawiała Anna Dębińska

# Materiały alternatywne i nowoczesne technologie stosowane w zrównoważonej geoinżynierii

## Alternative materials and modern technologies used in sustainable geoen지니어ing



**prof. dr hab. inż. Małgorzata Jastrzębska**

Politechnika Śląska  
malgorzata.jastrzebska@polsl.pl  
ORCID: 0000-0003-0080-5784



**dr inż. Anna Olma**

Politechnika Śląska  
anna.olma@polsl.pl  
ORCID: 0000-0003-4731-0623

### Streszczenie

W artykule przedstawiono zwięźle materiały odpadowe, biomateriały i biotechnologie stosowane w zrównoważonej geoinżynierii do wzmacniania słabego podłoża gruntowego. Więcej uwagi poświęcono dynamicznie rozwijającym się technologiom opartym na nanomateriałach, mikroorganizmach (metody MICP, EICP) i lignosulfon

nianach. Wskazano podstawowe zastosowania poszczególnych rozwiązań, ich wady i zalety. Zwrócono uwagę na konieczność weryfikacji wyników badań laboratoryjnych w warunkach terenowych oraz przeprowadzenia niezbędnych analiz wykonalności ekonomicznej i śladu węglowego.

**Słowa kluczowe** nanomateriały, MICP, EICP, lignosulfonian, geoinżynieria zrównoważona, grunty słabe

### Abstract

This article briefly presents waste materials, biomaterials, and biotechnologies used in sustainable geoen지니어ing to improve weak subsoil. More attention is paid to the dynamically developing technologies based on nanomaterials, microorganisms (MICP and EICP methods), and lignosulfona

tes. The basic applications of all solutions, their advantages and disadvantages were outlined. Attention is drawn to the need to verify laboratory test results in field conditions and conduct the necessary economic feasibility and carbon footprint analyses.

**Keywords** nanomaterials, MICP, EICP, lignosulfonate, sustainable geoen지니어ing, weak soils

### WPROWADZENIE

W praktyce inżynierskiej popularność zyskują materiały i technologie, które w ramach Europejskiego Zielonego Ładu wpisują się w unijną strategię gospodarki niskoemisyjnej oraz gospodarki o obiegu zamkniętym. Tym samym realizowany jest plan zrównoważonego rozwoju (ang. sustainable development), który zakłada uniezależnienie od paliw kopalnych, ograniczenie emisji gazów cieplarnianych i zużycia surowców naturalnych oraz wytwarzania

odpadów. W Polsce taka działalność regulowana jest przez projekt Narodowego Programu Rozwoju Gospodarki Niskoemisyjnej z 2015 r. z późniejszymi zmianami [1].

Takie podejście, w kontekście stosowania nowych materiałów lub technologii oraz materiałów odpadowych albo pochodzących z odzysku itp., spowodowało intensywny rozwój zrównoważonej geotechniki (geoinżynierii) [2–5]. W zależności od kategorii materiałów czy technologii nazywa się je biomateriałami i materia-

łami alternatywnymi oraz biotechnologiami. Ich coraz powszechniejsze stosowanie jest przedmiotem badań i dyskusji szeroko prezentowanych w literaturze naukowej [6].

### PODZIAŁ MATERIAŁÓW I TECHNOLOGII STOSOWANYCH W GEOINŻYNIERII

Materiały **alternatywne** używane w geoinżynierii (rys. 1) pochodzą z:

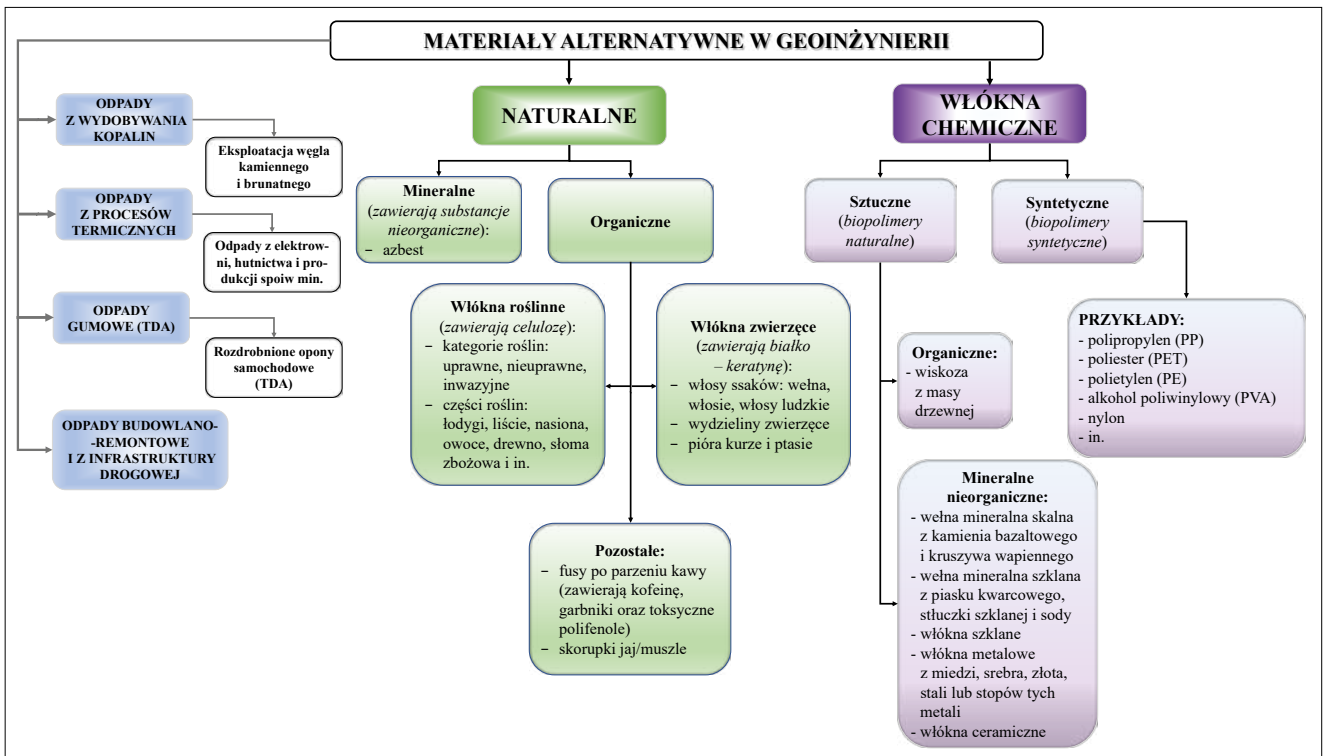
- wydobywania kopalni i eksploatacji węgla kamiennego oraz brunatnego;



- procesów termicznych w elektrowniach, hutnictwie i z produkcji spoiw mineralnych;
  - recyklingu materiałów gumowych, głównie opon samochodowych;
  - robót budowlano-remontowych oraz infrastruktury drogowej;
  - różnych gatunków roślin;
  - zwierząt;
  - celowej produkcji sztucznych i syntetycznych włókien chemicznych.
- Kolejne dwie obszerne grupy tworzą **biomateriały i biotechnologie** (rys. 2),

które w inżynierii geotechnicznej są stosowane do wzmocnienia podłoża, zwłaszcza pod infrastrukturę komunikacyjną. Do biomateriałów zalicza się nanomateriały obejmujące:

- nanorurki węglowe w postaci grafenu,



Fot. © vegefox.com - stock.adobe.com, rys. autorów

Rys. 1. Podział materiałów alternatywnych stosowanych w geoinżynierii

- nanocząstki, czyli krzemionkę koloidalną, nanobentonit i inne nanogrunty, laponit.

Z kolei biotechnologie to technologie wykorzystujące zjawisko biocementacji wskutek:

- mikrobiologicznego wytrącania węgla wapnia  $\text{CaCO}_3$  (metodą MICP; ang. microbially induced calcium-carbonate precipitation),
- enzymatycznego wytrącania  $\text{CaCO}_3$  (metodą EICP; ang. enzymatic induced calcium-carbonate precipitation),
- elektrostatycznego zagęszczania macierzy gruntu z użyciem lignosulfonianu.

Bez względu na rodzaj odpadu czy technologii ich skuteczność potwierdza się eksperymentalnie na podstawie badań:

- podstawowych cech fizycznych (np. wilgotności, ciężaru objętościowego),
- parametrów uziarnienia ( $C_u, C_c, d_{50}$ ),

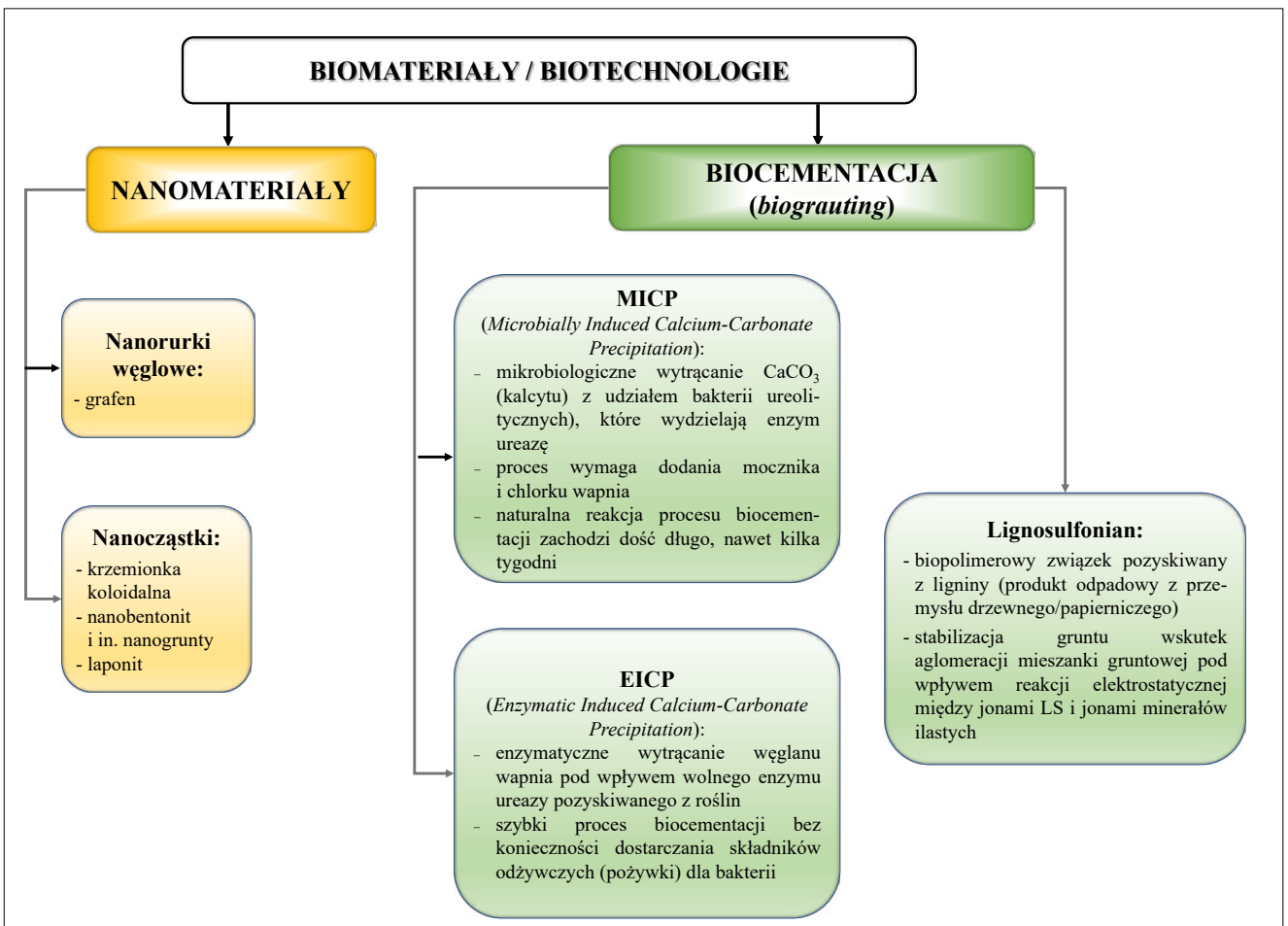
- granic konsystencji ( $w_L, w_p, w_c$ ),
- parametrów pęcznienia (np. wskaźnika swobodnego pęcznienia),
- parametrów zagęszczenia w aparacie Proctora ( $w_{opt}, \rho_{dmax}$ ),
- wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie (UCS),
- wytrzymałości na rozciąganie (T),
- modułu sprężystości przy rozciąganiu (E),
- kalifornijskiego wskaźnika nośności (CBR),
- (rzadziej) parametrów wytrzymałościowych ( $\phi, c$ ) w aparacie bezpośredniego ściskania i trójosiowego ściskania.

## NANOMATERIAŁY JAKO INTEGRALNY SKŁADNIK NANOTECHNOLOGII

Nanotechnologia jest pojęciem interdyscyplinarnym, które odnosi się do niemal wszystkich dziedzin nauk przyrodniczych i technologii. Ogólnie obejmuje ono pro-

jektowanie, wytwarzanie, modyfikowanie i zastosowanie materiałów oraz urządzeń w skali nano, czyli na poziomie atomów i cząsteczek. Pożądane właściwości inżynierskie nanomateriałów są związane z ich bardzo dużą powierzchnią właściwą oraz wysoką aktywnością powierzchniową. Dzięki temu znajdują one szerokie zastosowanie w inżynierii lądowej/budownictwie do:

- ulepszenia podstawowych właściwości materiałów,
- potencjalnego zmniejszenia wpływu na środowisko i zużycia energii przez konstrukcje i procesy budowlane,
- poprawy bezpieczeństwa i zmniejszenia kosztów związanych z infrastrukturą lądową,
- kontrolowania awarii dróg poprzez ograniczanie uszkodzeń spowodowanych przesiąkaniem wody i pęknięć nawierzchni indukowanych termicznie,



Rys. 2. Podział biomateriałów i biotechnologii stosowanych w geoinżynierii

Rys. autorów

• ulepszenia podłoża gruntowego zwłaszcza w warstwach konstrukcyjnych/podbudowie infrastruktury transportu drogowego oraz na obszarach osuwiskowych.

### Nanorurki węglowe

Nanorurki węglowe (CNT; ang. carbon nanotubes), powszechnie nazywane grafenem, ze względu na złożony charakter oraz wciąż wysoki koszt produkcji znajdują zastosowanie głównie w sferze badań eksperymentalnych. W zadaniach geoinżynierskich nanorurki węglowe wykorzystuje się przede wszystkim jako domieszki do cementu w procesie chemicznej stabilizacji podłoża. Mechanizm wzmocnienia opiera się na przewidywanym zmniejszeniu odstępów między ziarnami szkieletu gruntowego, co zwiększa sztywność całego układu [7].

Nieliczne badania wskazują, że dodanie CNT do gruntu prowadzi do wzrostu kąta tarcia wewnętrznego i zmniejszenia spójności [8], a także do zwiększenia wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie w zakresie 77–185% [7]. Dotychczas badaniami objęto: piaski gliniaste, pyły organiczne, organiczne piaski gliniaste oraz pyły piaszczyste [np. 9]. Najczęściej przyjmowane stężenia roztworu grafenu wynosiły 0,001–3,000 wt%. Badacze wykazali również konieczność stosowania surfaktantów, czyli środków powierzchniowo czynnych zapobiegających naturalnej tendencji nanorurek węglowych do agregacji.

Grafen może także być używany jako dodatek do mieszanek mineralno-asfaltowych, betonów asfaltowych i cementowych w infrastrukturze drogowej [np. 10]. Wówczas służy do diagnozowania uszkodzeń nawierzchni, monitorowania natężenia i struktury ruchu, zwiększania wytrzymałości na obciążenia cykliczne i regulacji temperatury nawierzchni.

### Nanocząstki – krzemionka koloidalna

Krzemionka koloidalna (KK) jest wodną zawiesiną nanocząsteczek krzemionki wytwarzaną z nasyconych roztworów kwasu krzemowego ( $H_4SiO_4$ ). Taki roz-

twór ma początkowo niską lepkość, która z czasem wzrasta, a powstały w ten sposób koloidalny żel krzemionkowy twardnieje. Żel KK pełni funkcję wypełniacza/spoiwa pomiędzy ziarnami szkieletu gruntowego, stabilizując go. Pod kątem zastosowań w geoinżynierii dotychczas objęto badaniami: piaski (w tym wapienne, krzemionkowe, pochodzące z kamieniołomów), pyły organiczne oraz gliny piaszczyste. Najczęściej używane stężenia KK mieszczą się w przedziale 1–20 wt% w stosunku do masy wody [11]. Badacze wykazali [np. 12]:

- wzrost odporności gruntu na upłynnienie po iniekcji KK,
- wzrost wytrzymałości gruntu w warunkach obciążenia monotonicznego (efekt nasila się wraz ze wzrostem zawartości KK i czasem utwardzania żelu),
- wzrost wskaźnika CBR o 38,0–82,0% dla iłu z zawartością 0,5–1,0 wt% KK,
- nasilenie dylatacji pod obciążeniem monotonicznym,
- znaczny spadek przewodnictwa hydraulicznego gruntu po iniekcji KK,
- zwiększenie ściśliwości gruntu poddanego działaniu KK.

Podjęto także próby modelowania zjawiska iniekcji nanokrzemionkowej pod kątem wrażliwości podłoża na upłynnienie w warunkach obciążeń cyklicznych/sejsmicznych [np. 13].

### Nanocząstki – nanobentonit i inne nanogrunt

Nanobentonit to nanocząsteczkowa wersja naturalnej gliny bentonitowej, charakteryzująca się lepszymi niż ona właściwościami w zakresie absorpcji wilgoci i pęcznienia. Metody uzyskiwania nanobentonitu opierają się na wieloetapowej procedurze mielenia bentonitu [14]. Inne nanogrunt

się wysokoenergetycznego mielenia kulowego gruntu naturalnego (spoiwego lub niespoiwego).

Dotychczasowe badania [np. 15–17] wykazały, że:

- już niewielki dodatek nanogruntu znacząco poprawia właściwości geotechniczne gruntu naturalnego;
- grunty piaszczyste reagują korzystnie na dodatek własnych nanocząstek;
- dodanie zaledwie 1–4% nanogruntu zwiększa wytrzymałość gruntu piaszczystego na ścinanie (o 20–60%) oraz na ściskanie (o 3–40%), a także poprawia jego

## Pożądane właściwości inżynierskie nanomateriałów są związane z ich dużą powierzchnią właściwą i aktywnością powierzchniową.

właściwości hydrofizyczne, dielektryczne i elektryczne;

- korzystne efekty przynosi łączenie nanogruntów z włóknami naturalnymi (np. ryżowymi, bananowymi) lub syntetycznymi – zmienia charakterystykę zniszczenia gruntu z kruchej na ciągliwą.

### Nanocząstki – laponit

Laponit (L) jest produkowany z syntetycznego arkusza nanocząstek krzemionki sodu, magnezu i litu. Występuje w postaci proszku, który po zmieszaniu z wodą pęcznieje i tworzy przezroczysty żel koloidalny. Wskaźnik plastyczności laponitu ( $I_p = 1200\%$ ) jest ok. 2 razy większy niż bentonitu. Częstki laponitu są 5–10 razy mniejsze niż bentonitu, a jego początkowa lepkość i gęstość są podobne do parametrów wody [18].

Do podstawowych zalet laponitu zalicza się zdolność (jeszcze większą niż w przypadku krzemionki koloidalnej) do zwiększania wytrzymałości gruntu na upłynnienie poprzez spowolnienie generowania nadmiernego ciśnienia w porach [np. 19, 20]. Wykazano, że dodatek 1–5 wt% laponitu podnosi odporność czystych piasków i piasków pylastych na upłynnienie o 60–90%.



Wskazuje to na potencjał jego zastosowania do łagodzenia wstrząsów sejsmicznych i ulepszenia systemów izolacji drgań dla mostów, dróg oraz innych wrażliwych konstrukcji.

Ponadto stwierdzono, że grunty z dodatkiem 3% laponitu mają podobną odporność na upłynnienie jak grunty z dodatkiem 10% krzemionki koloidalnej, co może kompensować wyższą cenę jednostkową laponitu.

Interesującym rozwiązaniem jest wykorzystanie laponitu jako tzw. przezroczystego gruntu do symulowania różnych zagadnień związanych z upłynnieniem. W modelowaniu geotechnicznym stanowi on substytut słabego łu [np. 21].

### STABILIZACJA PRZEZ BIOCEMENTACJĘ METODAMI MICP I EICP

Zjawisko biocementacji w geoinżynierii metodami MICP (microbially induced calcite precipitation) i EICP (enzyme induced calcite precipitation) ma zastosowanie przede wszystkim do gruntów niespoistych, słabych piasków i żwirów ze

względu na łatwość penetracji roztworów. Mimo tej oczywistej przesłanki badaniami objęto również grunty spoiste, w tym pęczniące, organiczne, piaski pylaste i gliniaste oraz popioły lotne. Wyniki eksperymentów wykazały skuteczność metod MICP i EICP w stabilizacji gruntów m.in. na terenach osuwiskowych oraz w zabezpieczaniu ścian wykopów i konstrukcji hydrotechnicznych [np. 22–25].

**Metoda MICP** polega na mikrobiologicznym wytrącaniu węglanu wapnia  $\text{CaCO}_3$  z udziałem bakterii ureolitycznych (najczęściej *Sporosarcina/Bacillus pasteurii*), które wydzielają enzym o nazwie ureaza. Proces ten wymaga dodania mocznika i chlorku wapnia, a jego skuteczność zależy m.in. od procesów komórkowych i szybkości metabolizmu, właściwych dla mikroorganizmów. W przypadku tej metody naturalna biocementacja zachodzi dość długo, nawet przez kilka tygodni [24].

**Metoda EICP** polega na wytrącaniu węglanu wapnia  $\text{CaCO}_3$  pod wpływem wolnego enzymu ureazy pozyski-

wanego z roślin (nasion arbuza, soi, dyni oraz fasoli skrzydlatej lub fasoli Jacka). Enzym ma postać proszku rozpuszczalnego w wodzie, o rozmiarze rzędu 12 nm, co ułatwia penetrację wewnątrz porów gruntu. W odróżnieniu od metody MICP proces biocementacji zachodzi bardzo szybko i nie wymaga dostarczania składników odżywczych (pożywki) dla podtrzymania aktywności bakterii.

Przebieg procesu biocementacji i jego efekt zależą od:

- stężenia ureazy i mocznika;
- temperatury – im wyższa, tym lepsze efekty;
- odczynu pH – środowisko alkaliczne sprzyja efektywniejszemu wytrącaniu  $\text{CaCO}_3$ ;
- lepkości roztworu;
- metody aplikacji (uzależnionej od uziarnienia i porowatości gruntu);
- głębokości, na której oczekiwany jest efekt wzmocnienia.

Wśród metod aplikacji roztworu można wyróżnić:

- wtrysk/iniekcję – pozwala na uzyskanie kolumn wzmocnionego gruntu;
- mieszanie mechaniczne i zagęszczanie – wskazane do zastosowań terenowych, np. przy budowie nawierzchni i ulepszeniu powierzchniowym;
- przesiąkanie powierzchniowe – wymaga kilku serii podawania roztworu, ale zapewnia mocniejsze (niż w metodzie mieszania i zagęszczania) wiązanie kalcytu z cząstkami gruntu, choć nie tak równomierne;
- natryskiwanie – gdy konieczne jest jedynie wzmocnienie powierzchni.

### STABILIZACJA PRZEZ ŻELOWANIE LIGNOSULFONIANEM

Lignosulfonian (LS) to biopolimerowy związek pozyskiwany w procesie chemicznej modyfikacji ligniny, która jest naturalnym polimerem występującym w roślinach (np. w drewnie). W zależności od rodzaju procesu i zastosowanych alkaliów otrzymuje się lignosulfonian wapnia (najczęściej łączy z gruntami), lignosulfonian sodu albo magnezu (które są dodawane jako plastyfikatory do mieszanek betonowych). Proces biocementacji w podłożu zachodzi na skutek reakcji elektrostatycznych między dodatnimi jonami LS i ujemnie naładowanymi minerałami ilastymi. Dochodzi wówczas do aglomeracji mieszanek, czyli tworzenia się kłaczków i łańcuchów polimerowych zagęszczających macierz gruntu.

Największe zalety LS zawdzięcza swemu pochodzeniu – są to m.in.: nietoksyczność, niekorozyjność oraz niebiodegradowalność (nie ulega rozkładowi pod wpływem bakterii, drożdży ani grzybów) [np. 26]. Badania wykazują, że dodatek zaledwie 0,4% LS znacząco spowalnia erozję gruntu. Dodanie 3% LS (do piasku gliniastego) może zredukować wskaźnik podatności gleby na erozję wodną o prawie 100%.

Podstawowe zastosowania geoinżynierne lignosulfonianu obejmują wykorzystanie go jako [np. 27–30]:

- głównego stabilizatora dróg nieutwardzonych i rolniczych oraz podłoża dróg o dużym natężeniu ruchu i autostrad;

- dodatku poprawiającego odporność na erozję wewnętrzną (zwłaszcza w przypadku piasków pylastych lub gliniastych) np. na nasypach drogowych lub nasypach zapór wodnych (zwłaszcza po przelaniu);
- korzystnej domieszki w bioinżynierii zbroczy, przede wszystkim gdy jest on mieszany włącznie, a nie rozpylany powierzchniowo.

Należy jednak uwzględnić ryzyko wylukiwania LS z powierzchni stabilizowanego podłoża w określonych warunkach pogodowych (takich jak: wilgotne środowisko, intensywne opady, topniejący śnieg). Mimo to udokumentowano pozytywne zastosowanie LS jako środka stabilizującego w dziewięciu projektach drogowych o łącznej długości 115 km, realizowanych w latach 1984–1988 w Alabamie [31].

### PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Syntetycznie przedstawiono metody i materiały alternatywne stosowane w geoinżynierii do ulepszenia podłoża gruntowego. Więcej uwagi poświęcono biomateriałom oraz biotechnologiom. Oczekiwanymi efektami ich użycia są: zwiększenie wytrzymałości i sztywności, ograniczenie pęcznienia lub upłynniania oraz zmiany właściwości hydraulicznych.

Do tej pory poprawa tych cech była weryfikowana głównie badaniami laboratoryjnymi. Nieliczne zespoły badawcze wykazują skuteczność proponowanych

informacji o trwałości zastosowanych materiałów. Twarde wyliczenia dokumentujące „zrównoważone działania” w geoinżynierii pojawiają się w literaturze niezwykle rzadko [np. 32, 33].

Należy pamiętać, że każde z proponowanych nowych rozwiązań, obok zalet, ma również wady. Można je niwelować poprzez kombinację różnych technologii i materiałów. Przykładem tego są metody biocementacji często łączone z zastosowaniem włókien roślinnych, które zmniejszają kruche pękanie gruntów poddawanych wyłącznie biocementacji.

Do interesujących rozwiązań należy połączenie:

- piasku, włókien konopnych i metody EICP [24];
- nanokrzemionki oraz włókien bananowych [34];
- gruntów marglowo-gliniastych, włókien szklanych (0,75%), wapna (6,00%) i nanogliny (1,00%) [35];
- gruntów gliniastych, włókien roślin ryżowych i nanogliny [16];
- piasku przybrzeżnego, włókien węglowych (0,40%), bazaltu (0,40%), polipropylenu (0,20%) oraz metody MICP [36].

Na podstawie dokonanego przeglądu można stwierdzić, że w dobie kurczenia się surowców naturalnych i postępującej degradacji środowiska nowe metody i biotechnologie będą coraz częściej brane pod uwagę jako alternatywne rozwiązania problemów inżynierskich.

## Twarde wyliczenia dokumentujące „zrównoważone działania” w geoinżynierii pojawiają się w literaturze niezwykle rzadko.

rozwiązań w warunkach terenowych, gdzie największym wyzwaniem jest wprowadzenie odpowiedniego dodatku na pewną głębokość i stworzenie mieszaniny w skali makro.

Wdrażaniu nowych metod nie sprzyja brak rzetelnej analizy wykonalności ekonomicznej, analizy śladu węglowego czy

Więcej informacji na temat wybranych materiałów i metod można znaleźć w pierwszym tomie *Zrównoważonej geotechniki* [2], w którym obszernie omówiono odpady pochodzące z procesów termicznych, odpady gumowe, a także naturalne pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Planowany drugi tom tej

publikacji obejmie swoim zakresem zagadnienia odpadów z wydobywania kopalin, budowlano-remontowych i z infrastruktury drogowej, a także włókien biopolimerowych, biomateriałów i metod biocementacyjnych. ■

## Literatura

- [1] Ministerstwo Środowiska, *Narodowy Program Rozwoju Geotermii w Polsce* (projekt), Warszawa, 2023 [dostęp: 1.08.2023] w: CIRE, [https://www.cire.pl/pliki/1/2018/nprgn\\_konsultacje\\_2.pdf](https://www.cire.pl/pliki/1/2018/nprgn_konsultacje_2.pdf).
- [2] Jastrzębska M. i in., *Zrównoważona geotechnika – wybrane materiały alternatywne*, t. 1, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2024.
- [3] Jastrzębska M., „Rozwiązania ekologiczne w geotechnice” w: *Inżynier Budownictwa*, nr 7/8, 2024, s. 50–55.
- [4] Jastrzębska M. i in. (red.), *New Frontiers in Sustainable Geotechnics*, Basel, 2023 [dostęp: 2.11.2023] w: MDPI, <https://www.mdpi.com/books/reprint/6801-new-frontiers-in-sustainable-geotechnics>.
- [5] Mickowski S., „Sustainable Geotechnics—Theory, Practice, and Applications” w: *Sustainability*, t. 13, nr 9, 2021, art. nr 5286, <https://doi.org/10.3390/su13095286>.
- [6] Jastrzębska M., „Use of Alternative Materials in Sustainable Geotechnics: State of World Knowledge and Some Examples from Poland” w: *Applied Sciences*, t. 15, nr 6, 2025, art. nr 3352, <https://doi.org/10.3390/app15063352>.
- [7] Correia A.A.S. i in., „Key-Parameters in Chemical Stabilization of Soils with Multiwall Carbon Nanotubes” w: *Applied Sciences*, t. 11, nr 18, 2021, art. nr 8754, <https://doi.org/10.3390/app11188754>.
- [8] Liu G. i in., „Comparison of Nanomaterials with Other Unconventional Materials Used as Additives for Soil Improvement in the Context of Sustainable Development: A Review” w: *Nanomaterials*, t. 11, nr 1, 2021, art. nr 15, <https://doi.org/10.3390/nano11010015>.
- [9] Wang E. i in., „Effects of carbon nanotubes treatment on engineering properties of sandy fine-grained soils subject to freeze–thaw cycles” w: *Research in Cold and Arid Regions*, t. 17, nr 2, 2025, s. 383–392, <https://doi.org/10.1016/j.rcar.2025.03.003>.
- [10] Kostrzanowska-Siedlarz A., „Inteligentne nawierzchnie drogowe i konstrukcje z nanomateriałami” w: *Magazyn Autostrady*, nr 8–9, 2017.
- [11] Vrana A., Tika T., „The Mechanical Response of a Silty Sand Stabilized with Colloidal Silica” w: *Geotechnics*, t. 1, nr 2, 2021, s. 243–259, <https://doi.org/10.3390/geotechnics1020013>.
- [12] Kumar A., Devi K., „Application of Nanotechnology in Soil Stabilization” w: *Journal of Building Material Science*, t. 5, nr 2, 2023, s. 25–36, <https://doi.org/10.30564/jbms.v5i2.5913>.
- [13] Spagnoli G., Collico S., „Multivariate analysis of a grouted sand with colloidal silica at different dilution stages” w: *Transportation Geotechnics*, t. 40, 2023, art. nr 100987, <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2023.100987>.
- [14] Erdoğan Y., Kök O., „Production and characterization of nanobentonite from sodium bentonite with mechanical grinding” w: *Fresenius Environmental Bulletin*, t. 28, nr 11, 2019, s. 8141–8150.
- [15] Alkhaza'leh H. i in., „Nanoparticles in Soil Reclamation: A Review of Their Role in Reducing Soil Compaction” w: *Air, Soil and Water Research*, t. 18, 2025, s. 1–13, <https://doi.org/10.1177/11786221241311725>.
- [16] Arabani M. i in., „The influence of rice Fiber and Nanoclay on Mechanical Properties and Mechanisms of Clayey Soil Stabilization” w: *Construction and Building Materials*, t. 407, 2023, art. nr 133542, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133542>.
- [17] Jiang P. i in., „Unconfined Compressive Strength and Splitting Tensile Strength of Lime Soil Modified by Nano Clay and Polypropylene Fiber” w: *Crystals*, t. 12, nr 2, 2022, art. nr 285, <https://doi.org/10.3390/cryst12020285>.
- [18] Tobar G., Orensé R., „Geotechnical Properties of Laponite-Treated Sands in Reliquefaction Events” w: *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, t. 148, nr 2, 2022, s. 34–42, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0002901](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0002901).
- [19] Huang Y., Wang L., „Experimental Studies on Nanomaterials for Soil Improvement: A Review” w: *Environmental Earth Sciences*, t. 75, 2016, art. nr 497, <https://doi.org/10.1007/s12665-015-5118-8>.
- [20] Siddique S. i in., „The Application of Laponite Nanoparticle to Lessen the Risks of Liquefaction: An Emerging Technique for Sand Improvement (A Review)” w: *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, t. 60, 2023, s. 149–157, <https://doi.org/10.1007/s11204-023-09876-1>.
- [21] Zhang J. i in., „Soil improvement with laponite: effects on soil-structure interaction in liquefiable sands” w: *Computers and Geotechnics*, t. 185, 2025, art. nr 107360, <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2025.107360>.
- [22] Almajed A. i in., „State-of-the-Art Review of the Applicability and Challenges of Microbial-Induced Calcite Precipitation (MICP) and Enzyme-Induced Calcite Precipitation (EICP) Techniques for Geotechnical and Geoenvironmental Applications” w: *Crystals*, t. 11, nr 4, 2021, art. nr 370, <https://doi.org/10.3390/cryst11040370>.
- [23] Arab M. G. i in., „State-of-the-Art Review of Enzyme-Induced Calcite Precipitation (EICP) for Ground Improvement: Applications and Prospects” w: *Geosciences*, t. 11, nr 12, 2021, art. nr 492, <https://doi.org/10.3390/geosciences11120492>.
- [24] Iamchaturapatr J. i in., „Characteristics of Sandy Soil Treated Using EICP-Based Urease Enzymatic Acceleration Method and Natural Hemp Fibers” w: *Case Studies in Construction Materials*, t. 16, 2022, art. nr e00871, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00871>.
- [25] Wasil M. i in., „Effect of Ureolytic Bacteria on Compressibility of the Soils with Variable Gradation” w: *Architecture Civil Engineering Environment*, t. 16, nr 4, 2023, s. 131–139, <https://doi.org/10.2478/acee-2023-0040>.
- [26] Vakili A. i in., „Treatment of Highly Dispersive Clay by Lignosulfonate Addition and Electro-osmosis Application” w: *Applied Clay Science*, t. 152, 2018, s. 1–8, <https://doi.org/10.1016/j.clay.2017.11.039>.
- [27] Amulya G. i in., „Sustainable Binary Blending for Low-Volume Roads—Reliability-Based Design Approach and Carbon Footprint Analysis” w: *Materials*, t. 16, nr 5, 2023, art. nr 2065, <https://doi.org/10.3390/ma16052065>.
- [28] Gratchev I. i in., „Application of Lignin for Slope Bioengineering: Effect on Soil Improvement and Plant Growth” w: *Applied Sciences*, t. 15(8), 2025, art. nr 4173, <https://doi.org/10.3390/app15084173>.
- [29] Loranger B. i in., „Mechanical and Freezing Behavior of Quarry Waste Sands Stabilized with Two Nontraditional Additives” w: *Cold Regions Science and Technology*, t. 221, 2024, art. nr 104168, <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2024.104168>.
- [30] Indraratna B. i in., „Estimating the Rate of Erosion of a Silty Sand Treated with Lignosulfonate” w: *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, t. 139, nr 5, 2013, s. 701–714, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0000766](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0000766).
- [31] Hicks R.G., „Evaluation of Soil Stabilization Practices in Alaska. Phase I – Interim Report”, Alaska Department of Transportation and Public Facilities, Juneau, 2002 [dostęp: 31.05.2025] w: State of Alaska DOT, [https://dot.alaska.gov/stwddes/research/assets/pdf/fhwa\\_ak\\_rd\\_01\\_06a.pdf](https://dot.alaska.gov/stwddes/research/assets/pdf/fhwa_ak_rd_01_06a.pdf).
- [32] Nadeem M. i in., „Evaluation of engineering properties of clayey sand bio-mediated with terrazyme enzyme” w: *Frontiers in Materials*, t. 10, 2023, art. nr 1195310, <https://doi.org/10.3389/fmats.2023.1195310>.
- [33] van Paassen L.A. i in., „Quantifying Biomechanical Ground Improvement by Ureolysis: Large-Scale Biogrowth Experiment” w: *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, t. 136, nr 12, 2010, s. 1721–1728, <https://doi.org/10.1061/ASCEGT.1943-5606.0000382>.
- [34] Kannan G., Sujatha E., „Effect of Nano Additive on Mechanical Properties of Natural Fiber Reinforced Soil” w: *Journal of Natural Fibers*, t. 20, nr 1, 2023, art. nr 2143980, <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2143980>.
- [35] Salimi M. i in., „Effect of Glass Fiber (GF) on the Mechanical Properties and Freeze-thaw (F-T) Durability of Lime-nanoclay (NC)-stabilized Marl Clayey Soil” w: *Construction and Building Materials*, t. 416, 2024, art. nr 135227, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135227>.
- [36] Rawat V., Satyam N., „Enhancing the Durability of Coastal Soil Treated with Fiber-Reinforced Microbial-Induced Calcite Precipitation (MICP)” w: *Applied Ocean Research*, t. 150, 2024, art. nr 104106, <https://doi.org/10.1016/j.apor.2024.104106>.

# MEAKERB BRIDGE – odprowadzanie wody z nawierzchni mostowych

Zwykły dzień w naszym życiu. Jedziemy do pracy, robimy zakupy, zajmujemy się swoimi podopiecznymi. Przemierzamy się. Rzadko jednak zwracamy uwagę na to, jak często korzystamy ze skomplikowanych obiektów inżynierskich, jakimi są mosty i wiadukty.



## Stawomir Gut

Dział Techniczny MEA Polska

**W** Polsce mamy ponad 40 000 obiektów mostowych: wojewódzkich, gminnych, kolejowych, a nawet prywatnych (według danych GDDKiA, www.gov.pl). Sama powierzchnia mostów pod zarządem GDDKiA wynosi ok. 8,4 mln m<sup>2</sup> (stan na 2024 r.).

Raport NIK z 2022 r., z kontroli na obszarze pięciu województw, pt. „Utrzymanie i ochrona obiektów inżynierskich w ciągu dróg samorządowych” w swojej syntezie wyników podaje, że „75% skontrolowanych nie przeprowadzała okresowych kontroli stanu technicznego”, „4% poddanych oględzinom obiektów było zagrożonych katastrofą budowlaną, 31% obiektów stwarzało zagrożenie...”, a stan większości obiektów określono jako „niepokojący”. Jest to wynikiem przeznaczenia niewielkich nakładów finansowych, gdyż rocznie na utrzymanie jednego obiektu wydano w zarządach dróg: wojewódzkich – średnio 8700 zł, powiatowych – 1900 zł, gminnych – 1700 zł.

Przeprowadzanie konserwacji i napraw bieżących obiektów mostowych zapewnia długi, bezawaryjny okres użytkowania, a gwarancją bezpieczeństwa zarówno dla użytkowników, jak i samej budowli jest m.in. szybkie i pewne zbieranie wody opadowej z jej nawierzchni.

Najlepszym rozwiązaniem technicznym do osiągnięcia powyższego celu będzie zastosowanie innowacyjnego produktu typu 2 w 1 z gamy produktów firmy MEA – krawężnika

odwadniającego MEAKERB BRIDGE. Łączy on funkcje obramowania nawierzchni jezdni mostowej oraz odprowadzania wody z nawierzchni przeprawy. Do tej pory elementami stosowanymi do odprowadzania wody były wpusty krawężnikowe lub przykrawężnikowe. Oba te rozwiązania montowano w rozstawie co ok. 5–8 m, co oznaczało, że woda musiała dopływać do nich na całej długości tego odcinka. MEAKERB BRIDGE ma wloty do wnętrza krawężnika w rozstawie osiowym co 25 cm, więc nawet zachowując odległości pomiędzy odpływami, uzyskuje się zwielokrotnienie powierzchni wlotu i natychmiastowy spływ wody z nawierzchni. Dzięki temu zmniejsza się ilość zalegającej wody na moście oraz eliminuje powstawanie zjawisk aquaplaningu i gołoledzi. Główne zalety rozwiązania typu 2 w 1 polegają na wykorzystaniu krawężnika w nowej funkcji, co umożliwia ograniczenie zajętej powierzchni oraz redukcję kosztów. System MEAKERB BRIDGE obejmuje kilka typów: 200-75 – wysokość krawężnika 75 mm, 160-125 – wysokość krawężnika 125 mm, 160-150

– wysokość krawężnika 150 mm. Wszystkie typy mają gniazda w tylnej ściance do wklejenia prętów zbrojeniowych. Oferujemy także rozwiązania w wersji OPA do asfaltów porowatych.

Do produkcji zastosowano polimerobeton, którego podstawowymi właściwościami są praktycznie zerowa nasiąkliwość oraz struktura bez naczyń włosowatych – najbardziej pożądane przy odprowadzaniu i transporcie wód. Kolejną cechą jest jego bardzo duża wytrzymałość na ściskanie  $\geq 90$  MPa oraz rozciąganie  $\geq 22$  MPa, co przekłada się na trwałość produktu i jego niewielki ciężar. Ponadto polimerobeton ma bardzo gładką powierzchnię, której minimalna szorstkość uniemożliwia osadzanie się zanieczyszczeń wewnątrz, a ewentualne zabrudzenia są spłukiwane przez płynącą wodę. Wydłuża to przerwy pomiędzy niezbędnymi pracami konserwacyjnymi. Zastosowany w MEAKERB BRIDGE polimerobeton jest odporny na materiały ropopochodne oraz środki odladzające. Kompozytowy pręt zbrojeniowy wklejany w tylną ściankę jest odporny na korozję. Zamontowane fabrycznie na płaszczyznach styku uszczelki z EPDM oraz zestawy do przedłużenia przepływu przez dylatacje dopełniają możliwości systemu. Stosowanie MEAKERB BRIDGE, który łączy funkcje krawężnika i odpływu liniowego, to korzyści ekonomiczne, konstrukcyjne i użytkowe.

Zapraszamy do kontaktu z naszym działem technicznym, który przeanalizuje Państwa projekt i zaproponuje optymalne dla niego rozwiązanie. ■



# Geotechnika w stylu grand

Każda realizacja geotechniczna to osobne wyzwanie, którego skalę nie zawsze oddaje wartość kontraktu. Przykład rewitalizacji Hotelu Grand we Wrocławiu pokazuje, jak złożone warunki miejskie wymuszają zastosowanie rozwiązań szytych na miarę.

**G**eotechnika stanowi bardzo ciekawą gałąź inżynierii budowlanej ze względu na różnorodność zagadnień, które należy rozpatrzyć, oraz niepowtarzalne dla każdej inwestycji warunki brzegowe, do jakich należy choćby specyficzna dla danej lokalizacji budowa podłoża gruntowego. Ta cecha powoduje, że niemal wszystkie realizacje wymagające specjalistycznych robót geotechnicznych muszą być zaprojektowane i wykonane jako rozwiązanie szyte na miarę. Dzięki temu każdy temat jest pewnego rodzaju mniejszym lub większym wyzwaniem, niemożliwe bowiem jest zastosowanie rozwiązania według szablonu lub katalogu.

W mojej ponaddziesięcioletniej przygodzie z geotechniką spotkałem się z wieloma wyzwaniami wynikającymi z restrykcyjnych wymagań dotyczących stanu granicznego użytkowania obiektów, skomplikowanych warunków gruntowych, prowadzenia prac w zwartej zabudowie lub złożonego etapowania robót. Niejednokrotnie stopień skomplikowania wzrastał poprzez zidentyfikowanie



**Maciej Król**  
kierownik projektu,  
Keller Polska sp. z o.o.

odmiennych warunków gruntowych, niezidentyfikowanych sieci uzbrojenia podziemnego albo przeszkód w podłożu. Co ciekawe, nie ma zależności między poziomem trudności a wartością kontraktu. Często mniejsze tematy potrafią stanowić większe wyzwanie niż duże, wielotygodniowe projekty.

Bazując na doświadczeniach, które zebrałem głównie przy projektowaniu konstrukcji geotechnicznych, mogę stwierdzić, że największym wyzwaniem w geotechnice są dla mnie głębokie wykopy w zwartej zabudowie miejskiej. W mojej opinii takie realizacje wymagają wielopłaszczyznowej analizy: wyboru odpowiednich technologii geotechnicznych, właściwego etapowania prac (obejmującego wymagania wszystkich branż), uwzględnienia wymagań konserwatora zabytków, oceny możliwości logi-

stycznych, monitoringu i ochrony sąsiedniej zabudowy, a także możliwości i ograniczenia sprzętowego. Doskonałym przykładem projektu, który stanowił moje największe dotychczasowe wyzwanie i odnosi się do wspomnianych zagadnień, jest realizacja prac geotechnicznych podczas rewitalizacji Hotelu Grand we Wrocławiu.

W sercu miasta, naprzeciwko Dworca Głównego, w 1903 r. wybudowano Hotel Du Nord, który stanowił wizytówkę Wrocławia dla przybywających podróżnych i charakteryzował się należą mu elegancją. Przemianowany po wojnie na Hotel Grand, przez wiele lat był jednym z najbardziej prestiżowych tego typu obiektów w mieście. Transformacja ustrojowa i zmiany własnościowe w latach 90. nie były dla niego łaskawe. Hotel przestał być użytkowany i przez kilkanaście lat popadał w ruinę. Sytuacja ta zmieniła się, gdy jego rewitalizacji podjęła się firma Rafin, która postanowiła przywrócić budynkowi dawną świetność.

Ze względu na znaczący stopień uszkodzeń istniejącej konstrukcji duża część obiektu została wyburzona, pozostawiono tylko zabytkowe ściany frontowe, przeznaczone do odrestaurowania w pierwotnym stylu architektonicznym. Projekt przebudowy zakładał wykonanie kondygnacji podziemnej w celu dostosowania do współczesnych standardów oraz powiększenia cennej przestrzeni użytkowej obiektu. Zabezpieczenia wykopów od strony sąsiedniej zabudowy oraz istniejącej ściany frontowej zostały zrealizowane za pomocą nowoczesnych metod geoinżynierskich.

W celu zabezpieczenia głębokiego wykopu oraz ochrony sąsiedniej zabudowy wykonano palisadę z pali wierconych w orurowaniu (CCFA – Cased Continuous Flight Auger). Sposób wykonania pali CCFA polega na jednoczesnym pograżeniu

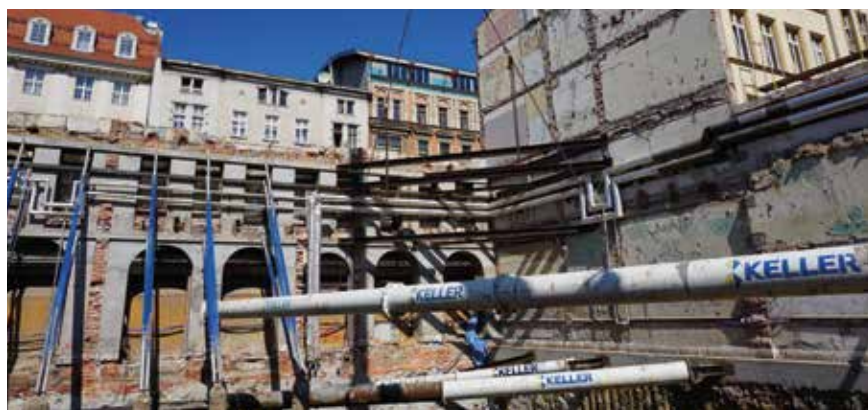


Fot. 1. Prace geotechniczne podczas rewitalizacji Hotelu Grand we Wrocławiu

rury osłonowej i ciągłego świdra przy użyciu podwójnej głowicy wierzącej.

Zabezpieczenie wykopu zaprojektowano, przyjmując schemat statyczny z rozparciem za pomocą konstrukcji stalowej. Ze względu na bliskie sąsiedztwo budynków należało dobrać odpowiednią sztywność obudowy w celu minimalizacji przemieszczeń. Zastosowanie pali w orurowaniu umożliwiło uzyskanie wymaganej dokładności w trudnych warunkach gruntowych z licznymi przeszkodami w postaci pozostałości fundamentów dawnej konstrukcji. Dodatkowym argumentem przemawiającym za użyciem pali CCFA była konieczność zastosowania technologii bezwibracyjnych z uwagą na wrażliwą

ścian garażu na styk do istniejących fundamentów. Pozwoliło to na uzyskanie dodatkowej przestrzeni w kondygnacji podziemnej, na tyle kluczowej, że nie można było jej przeznaczyć na zajęcie przez palisadę. Ważnym aspektem podchwycenia fundamentów jest konieczność uzyskania zgody właściciela budynku na wzmocnienie fundamentów, co nie zawsze jest łatwym zadaniem. W omawianym przypadku iniekcję wysokociśnieniową zrealizowano pod częścią obiektu należąca do inwestora (co z oczywistych powodów nie wymagało uzgodnień), natomiast wzdłuż budynków sąsiednich, ze względu na ograniczenie ingerencji w fundamenty istniejących obiektów, wykonano palisady.



zabudowę sąsiednią. Ponadto zaprojektowano dodatkowe pale oporowe (wykonywane tą samą metodą), na których oparto stalowe zastrzały dla zapewnienia stateczności ściany elewacyjnej.

W celu zabezpieczenia fundamentów istniejącej ściany elewacyjnej zaprojektowano podchwycenie za pomocą iniekcji wysokociśnieniowej Soilcrete®. W tej metodzie wytwarzane są bryły cementogruntu przy użyciu monitora zamontowanego na końcu żerdzi wierzących. Proces rozpoczyna się od wkręcenia monitora iniekcji wysokociśnieniowej na żądaną głębokość. Następnie przez dysze w monitorze wydostaje się z dużą prędkością zaczyn cementowy (opcjonalnie z wodą i powietrzem). Strumień zaczynu rozplukuje oraz miesza grunt w trakcie wyciągania i obracania monitora. Zaletą podchwycenia fundamentów przy użyciu iniekcji wysokociśnieniowej jest możliwość wykorzystania bryły podbicia jako szalunku jednostronnego i wykonania

Istotnym elementem realizacji projektu była ochrona sąsiedniej zabudowy, zlokalizowanej w ostrej granicy niemal wszystkich krawędzi działki. Kluczowym dokumentem dla prawidłowego zabezpieczenia przylegających budynków jest ekspertyza techniczna, która powinna zawierać szczegóły dotyczące obiektów, kryteria dopuszczalnych osiadań oraz podstawowe dane do obliczeń statycznych. Ekspertyza jest niezwykle ważna, ponieważ stanowi ona dokumentację istniejącego stanu technicznego, a zarazem dowód w przypadku ewentualnych roszczeń sąsiadów względem inwestora. Nie należy marginalizować znaczenia ekspertyz i szukać w ich kosztach pozornych oszczędności.

Drugim elementem właściwej ochrony zabudowy jest monitoring przemieszczeń. Pomiary osiadania i odchylenia stanowią weryfikację przyjętych założeń projektowych i przedstawiają rzeczywiste zachowanie sąsiednich konstrukcji w wyniku

wykonywania prac ziemnych, geotechnicznych lub wyburzeniowych.

W przypadku Hotelu Grand wysoki stopień skomplikowania projektu i liczne sąsiedztwo wrażliwych obiektów budowlanych wymagały szczególnej dokładności i częstotliwości prowadzenia pomiarów przemieszczeń. Z tego względu zdecydowano się zastosować automatyczny system z ciągłą rejestracją danych. Wyniki zapisywano i udostępniano w trybie online z dostępem dla wszystkich uczestników projektu. Monitoring obejmował rejestrację osiadania oraz przemieszczeń poziomych ilustrujących odchylenia ścian. Automatyczny system okazał się niezwykle użyteczny, ponieważ pozwalał na obserwację przemieszczeń na każdym etapie realizacji prac, a zwłaszcza bezpośrednio podczas wykonywania robót geotechnicznych. Zastosowanie takiego systemu nie zwalnia z wykonania tradycyjnego pomiaru zerowego (stanowiącego punkt referencyjny dla dalszych odczytów) przed rozpoczęciem jakichkolwiek prac i, podobnie jak system reperów geodezyjnych, powinien być odpowiednio zabezpieczony przed przypadkowym uszkodzeniem.

Opisany projekt pokazuje, że rozwiązania geotechniczne, choć najczęściej niewidoczne dla użytkownika końcowego, mogą być zagadnieniem ciekawym, wielopłaszczyznowym, a przede wszystkim niezwykle istotnym z punktu widzenia bezpieczeństwa konstrukcji. Warto też podkreślić, że projekt to nie wszystko, bo bez starannego wykonawstwa nie ma szans na powodzenie. W trakcie mojej praktyki zawodowej nauczyłem się, że kluczem do sukcesu jest właściwa współpraca zespołu projektowego z pionem wykonawczym, tak jak w przypadku Hotelu Grand. Miałem przyjemność realizować tę inwestycję z doświadczonym zespołem, dzięki któremu z powodzeniem udało się wykonać przewidziany zakres prac. Było to, jak dotąd, moje największe wyzwanie. Wyniosłem z tego projektu wiele cennych doświadczeń. Ta lekcja już procentuje na kolejnej budowie, o której – mam nadzieję – będę miał możliwość napisać w przyszłości w rubryce „Moje największe wyzwanie”. ■

# Doświadczenie, które buduje przewagę

– *Doświadczenie i zaangażowanie sprawiają, że jesteśmy w stanie realizować nawet najbardziej wymagające projekty* – mówi Marek Mielnik, wiceprezes WPIP Construction Sp. z o.o., laureat tytułu Kreator Budownictwa Roku 2025.



**Tytuł Kreator Budownictwa Roku 2025 to sygnał, że WPIP Construction Sp. z o.o. wyróżnia się na tle rynku. Co Pana zdaniem za to odpowiada: sposób zarządzania, podejście do realizacji inwestycji czy praca zespołowa?**

Myszę, że największą przewagą WPIP Construction jest połączenie tych trzech elementów, uzupełnione o konsekwentną dbałość o zrównoważone budownictwo. Mamy jasno określony sposób zarządzania oparty na odpowiedzialności, partnerskich relacjach i transparentnej komunikacji. Do tego dochodzi kompleksowe podejście do realizacji inwestycji, gdzie kluczowa jest praca zespołowa od etapu koncepcji i projektowania po generalne wykonawstwo, z uwzględnieniem wymagań środowiskowych i energetycznych. Istotnym wyróżnikiem jest również nasze doświadczenie w certyfikacji obiektów, takiej jak BREEAM czy LEED, które coraz częściej stanowią standard w budownictwie przemysłowym i logistycznym.

Jednak to przede wszystkim ludzie, ich doświadczenie i zaangażowanie sprawiają, że jesteśmy w stanie realizować nawet najbardziej wymagające projekty w sposób przewidywalny i bezpieczny. Nagroda, którą odebrałem w imieniu własnym i firmy, jest tak naprawdę wyróżnieniem dla całego zespołu.

**Rozbudowa i przebudowa zakładu produkcyjnego firmy Fey Sp. z o.o. była złożonym przedsięwzięciem**

**obejmującym nie tylko projektowanie, lecz także realizację robót. Jakie były największe wyzwania inżynierskie oraz organizacyjne tego projektu?**

Rozbudowa i przebudowa zakładu firmy Fey Sp. z o.o. była projektem wymagającym zarówno pod względem inżynierskim, jak i organizacyjnym, przede wszystkim ze względu na konieczność prowadzenia robót na terenie czynnego zakładu produkcyjnego. Kluczowe było zaplanowanie etapów realizacji, tak aby nie zakłócić ciągłości procesów produkcyjnych oraz zapewnić bezpieczeństwo pracowników. Chciałbym w tym miejscu szczególnie podkreślić bardzo profesjonalne i partnerskie podejście inwestora. Otwartość na dialog, szybkie podejmowanie decyzji oraz wzajemne zaufanie pozwoliły sprawnie rozwiązywać pojawiające się wyzwania i elastycznie reagować na zmiany. Dzięki tej współpracy możliwe było skuteczne połączenie nowej infrastruktury z istniejącymi obiektami, instalacjami i technologiami produkcyjnymi. To przykład inwestycji, w której dobra komunikacja i zaangażowanie wszystkich stron, zwłaszcza inwestora, miały bezpośredni wpływ na sprawną realizację projektu. Za tę współpracę chciałbym serdecznie podziękować firmie Fey Sp. z o.o.

**Nowoczesne technologie stały się istotnym elementem realizacji inwestycji budowlanych. Jaką rolę – z Pana perspektywy – odgrywają dziś w podnoszeniu jakości, bezpieczeństwa i efektywności procesu inwestycyjnego?**

Nowoczesne technologie są dziś nieodzownym elementem profesjonalnego budownictwa. Narzędzia cyfrowe, takie jak BIM, zaawansowane harmonogramowanie czy systemy kontroli jakości i bhp, pozwalają lepiej planować procesy, minimalizować ryzyka i szybciej reagować na potencjalne problemy. Technologie przekładają się bezpośrednio na jakość realizacji, bezpieczeństwo na placu budowy oraz efektywność kosztową i czasową inwestycji. W WPIP Construction traktujemy je jako wsparcie dla ludzi, a nie ich zastępstwo.

**WPIP Construction od lat jest nagradzana w konkursach „Buduj bezpiecznie”. Jak udaje się skutecznie łączyć wysokie tempo realizacji inwestycji z rygorystycznymi standardami bhp na placach budów?**

Podstawą jest świadomość, że bezpieczeństwo nie jest przeszkodą w realizacji inwestycji, lecz jej integralną częścią. Stawiamy na szkolenia oraz stały nadzór nad warunkami pracy. Wyższe tempo robót wynika z dobrej organizacji i doświadczenia zespołów, a nie z omijania procedur. Kultura bezpieczeństwa jest u nas elementem codziennej pracy – od kadry zarządzającej po pracowników na budowie. To podejście przynosi efekty, co potwierdzają

zarówno kolejne otrzymywane nagrody, jak i realne wyniki na placach budów.

**W swoich wypowiedziach podkreśla Pan, że to ludzie są kluczem do sukcesu projektu. Jak buduje Pan zespoły inżynierskie zdolne realizować najbardziej wymagające inwestycje i jaka rola przypada liderowi w takim procesie?**

Budowanie zespołu zaczyna się od zaufania i jasno określonych celów. Stawiamy na kompetencje, ale również na postawę – odpowiedzialność, otwartość i gotowość do współpracy. Rolą lidera jest tworzenie warunków, w których zespół może skutecznie działać: podejmowanie decyzji, rozwiązywanie problemów i wspieranie rozwoju pracowników. Dobry lider powinien słuchać, inspirować i brać odpowiedzialność, szczególnie w trudnych momentach projektu.

**Patrząc w przyszłość – jakie kierunki rozwoju budownictwa przemysłowego i logistycznego uważa Pan**

**za kluczowe w najbliższych latach oraz jak WPIP Construction przygotowuje się na te zmiany?**

W najbliższych latach kluczowe będą: dalsza automatyzacja procesów produkcyjnych, rozwój logistyki, zrównoważone budownictwo oraz efektywność energetyczna obiektów. Coraz większe znaczenie będą miały elastyczne hale, możliwość rozbudowy oraz integracja obiektów z nowoczesnymi technologiami. WPIP Construction konsekwentnie inwestuje w rozwój kompetencji zespołów, nowe technologie oraz know-how projektowo-wykonawcze, aby być gotowym na zmieniającą się potrzeby rynku i naszych klientów. Istotnym elementem naszego przygotowania na przyszłość jest ścisła współpraca w ramach Grupy WPIP. Łączymy kompetencje WPIP Construction z doświadczeniem

**Niezależnie od kierunku rozwoju branży, fundamentem każdego projektu pozostaną ludzie, odpowiedzialność i partnerska współpraca.**

WPIP Green Energy w obszarze efektywności energetycznej i odnawialnych źródeł energii oraz z rozwiązaniami cyfrowymi i automatyzacją, oferowanymi przez WPIP Smart Solutions. Dzięki temu możemy proponować inwestorom kompleksowe, spójne i odpowiedzialne rozwiązania. Przykładem takiego podejścia jest również realizacja dla firmy Fey Sp. z o.o., w której zastosowaliśmy ofertę zrównoważonego fit-outu, uwzględniającą komfort użytkowników, efektywne zarządzanie energią oraz długoterminową funkcjonalność obiektu. Na koniec chciałbym podkreślić, że niezależnie od kierunku rozwoju branży, fundamentem każdego projektu pozostaną ludzie, odpowiedzialność i partnerska współpraca. To one pozwalają nam tworzyć inwestycje, które nie tylko spełniają dzisiejsze wymagania, ale są też realnie przygotowane na wyzwania przyszłości. ■

Dziękuję za rozmowę.

Rozmawiała **Anna Dębińska**

# KREATOR BUDOWNICTWA ROKU



Poznaj Laureatów  
NOWEJ edycji tytułu

# KREATOR BUDOWNICTWA ROKU 2025

[www.KreatorBudownictwaRoku.pl](http://www.KreatorBudownictwaRoku.pl)

**DELABIE**

**FORBUILD**

**BLACHY  
PRUSZYŃSKI**

GRUPA  
**KDM**

**EMKA**

construction  
**wpip**

# Iniekcja Krystaliczna® – innowacyjna technologia wspomagająca termomodernizację budynków

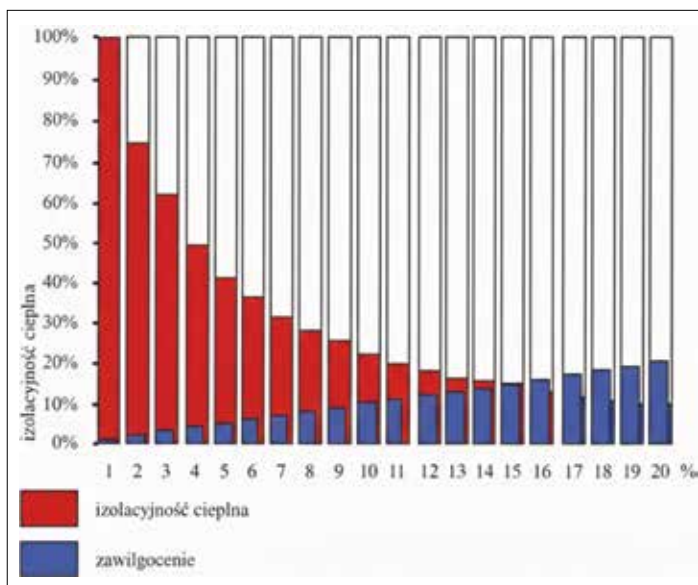
Skuteczna termomodernizacja budynku musi być poprzedzona usunięciem przyczyny zawilgocenia murów. W starym budownictwie brak działającej izolacji przeciwwilgociowej, zarówno poziomej, jak i pionowej, prowadzi do fatalnych skutków: drastycznego obniżenia izolacyjności cieplnej ścian oraz rozwoju pleśni i grzybów, które negatywnie wpływają na zdrowie mieszkańców.

**W**oda radykalnie pogarsza właściwości termoizolacyjne muru. Każdy nasiąkliwy materiał, taki jak cegła ceramiczna, traci izolacyjność cieplną, gdy jego pory zostają wypełnione wodą kapilarną. Ta zależność jest kluczowa dla oszczędzania energii, ponieważ suchy mur jest nieporównywalnie lepszym izolatorem cieplnym niż mur zawilgocony. Jak zobrazowano na rysunku, już wilgotność masowa na poziomie zaledwie 4% może skutkować utratą aż połowy termoizolacyjności ściany. Woda kapilarna zamaraża w temperaturach znacznie niższych niż 0°C, co potęguje jej negatywny wpływ na bilans cieplny. Oszczędzanie energii cieplnej zaczyna się od osuszenia budynku, co jest kluczowym efektem zastosowania Iniekcji Krystalicznej®. Skutkiem jest obniżenie kosztów ogrzewania.

Samo docieplenie zawilgoconych murów bez usunięcia wilgoci prowadzi do zwiększenia zasięgu podciągania kapilarnego i szybszego rozwoju korozji biologicznej, co unieważnia efekty termomodernizacji.

W trakcie iniekcji w strukturze zawilgoconego muru inicjowany jest proces tworzenia się układu mikrokrystalicznego, który samoczynnie rozrasta się w kapilarach i porach materiału budow-

lanego. Powstają w ten sposób trwałe, mineralne przegrody przeciwwilgociowe, całkowicie blokujące podciąganie kapilarne. Zjawisko samoorganizacji sprawia, że taka izolacja ma zdolność samoczynnego domykania mikroporów w miejscach, gdzie wcześniej mogły powstać nieszczelności. To czyni tę technologię wyjątkowo trwałą – o żywotności praktycznie nieograniczonej.



Iniekcja Krystaliczna® wykorzystuje wyłącznie certyfikowane wyroby budowlane marki Crystarid®, opracowane specjalnie do tej technologii. Materiały te gwarantują najwyższą skuteczność reakcji krystalizacji, są kompatybilne z różnymi rodzajami murów – od cegły ceramicznej po kamień naturalny – i zachowują pełną skuteczność niezależnie

od stopnia zawilgocenia oraz zasolenia przegrody.

Technologia Iniekcji Krystalicznej® jest wdrażana i rozwijana przez spadkobierców dr. inż. Wojciecha Nawrota oraz współautorów rozwiązań patentowych – mgr. inż. Macieja Nawrota i Jarosława Nawrota w ramach Autorskiego Parku Technologicznego. Wyłącznie licencjodawcy, czyli mgr inż. Maciej Nawrot i Jarosław Nawrot, posiadają

prawo do udzielania licencji oraz używania chronionych znaków towarowych Iniekcja Krystaliczna® i Crystarid®.

Dostęp do technologii mają wyłącznie licencjonowane firmy wykonawcze, stosujące oryginalne preparaty dystrybuowane przez Autorski Park Technologiczny Zakład Osuszenia Budowli mgr inż. Maciej Nawrot. W przypadku wątpliwości co do autoryzacji wykonawcy zaleca się weryfikację u licencjodawcy.

Iniekcja Krystaliczna® i materiały Crystarid® to przykład polskiej innowacji, która w sposób naukowo potwierdzony łączy zaawansowane zjawiska fizykochemiczne z praktyczną inżynierią budowlaną, oferując trwałe, ekologiczne i ekonomiczne rozwiązanie problemu zawilgocenia oraz solidną podstawę skutecznej termomodernizacji. ■

# Błędy w pracach renowacyjnych – cz. I

Przywracanie świetności historycznym obiektom to prawdziwe wyzwanie – również dla projektanta. Wszelkie pomyłki, błędy lub zaniedbania popełnione na etapie planowania prac renowacyjnych budynku mogą wręcz pogorszyć stan zabytku. Dlatego tak ważna jest drobiazgowa diagnoza, która powinna być przeprowadzona właśnie w fazie projektowania.



**mgr inż. Maciej Rokiel**

rzecznawca budowlany SITPMB-NOT  
rzecznawca mykologiczno-budowlany PSMB



**mgr inż. Cezariusz Magott**

rzecznawca budowlany PIIB  
rzecznawca mykologiczny PSMB

Zagadnienia związane z renowacją należą do trudnych i złożonych. Dotyczy to zwłaszcza prac wykonywanych w obiektach zabytkowych, w których optymalnym rozwiązaniem byłoby powtórzenie pierwotnej technologii. Często okazuje się to jednak niemożliwe. W takich sytuacjach należy stosować materiały dobrze „współpracujące” z tymi oryginalnymi, które umożliwiają łatwą naprawę, a niekiedy wielokrotne powtarzanie zabiegów zabezpieczających.

**Prace naprawczo-renowacyjne polegają przede wszystkim na odtwarzaniu izolacji poziomej i pionowej.** Niezbędne jest także uporanie się z problemami, które wynikają z obecności związków soli w zawil-

goconym murze (fot. 1, 2). Niekiedy konieczne bywa również osuszenie obiektu oraz naprawa elewacji. Prace mogą też obejmować czynności towarzyszące, np. udroźnienie lub zmianę sposobu odprowadzenia wód opadowych (fot. 3), reprofilację terenu czy naprawę albo wykonanie nowych instalacji.

Warto tu wyjaśnić, że bardzo często niewłaściwie używa się terminologii związanej z renowacjami. Termin „osuszanie budynku” powinien być rozumiany raczej jako zespół czynności technicznych i technologicznych, dzięki którym uzyskuje się trwałe zmniejszenie poziomu zawilgocenia ścian (najczęściej do poziomu 3–6% wilgotności masowej), co umożli-

wia prowadzenie dalszych prac budowlanych lub konserwatorskich, zapewniając po ich wykonaniu właściwą eksploatację. Przykładem są choćby przepony wodochronne w zawilgoconych budynkach. To jeden ze sposobów zabezpieczania (wykonania wtórnych izolacji), a nie osuszania. Same hydroizolacje mogą, ale nie muszą doprowadzić do znacznego obniżenia zawilgocenia przegród – i to nawet wtedy gdy zrobiono je prawidłowo i będą skutecznie chronić mury przed dalszym wnikaniem wody lub wilgoci. Ściany o znacznej grubości, po wykonaniu w nich blokady poziomej, mogą w sposób naturalny wysychać przez wiele lat.



Fot. 1, 2. Obecność skorup solnych świadczy o zaawansowanych procesach destrukcyjnych

## KONSEKWENCJE BŁĘDÓW I ZANIEDBAŃ PROJEKTOWYCH

Do renowacji należy podchodzić kompleksowo, na podstawie opracowanego w odniesieniu do danej sytuacji rozwiązania technologiczno-materiałowego, z uwzględnieniem konkretnych materiałów. Jest niezwykle ważne, aby podczas wyboru technologii naprawy wziąć pod uwagę ograniczenia, które wynikają z warunków i struktury odnawianego obiektu oraz właściwości zastosowanych materiałów.

Należy pamiętać, że nie ma tu mniej lub bardziej ważnego etapu przygotowania dokumentacji i przeprowadzenia prac. Zaniedbania lub błędy na każdym etapie inwestycji prowadzą do późniejszych – mniejszych lub większych – problemów. I zazwyczaj już podczas robót, a potem użytkowania obiektu są źródłem jedynie pozornych oszczędności. Generują bowiem niepomierne większe straty. A w skrajnym przypadku wręcz zwiększają destrukcję poddanej renowacji nieruchomości.

Błędy i zaniedbania w osuszaniu budynków mogą występować na trzech poziomach:

- projektowym,
- wykonawczym,
- eksploatacyjnym.

Ocena się, że ok. 45% błędów popełnianych podczas realizacji zadania ma swoje źródło już w procesie projektowania. Najczęściej spotykanymi są brak koncepcji lub niewłaściwa diagnoza (fot. 4), a w rezultacie – brak kompleksowego rozwiązania.

Zmiana funkcji zaniedbanych przez dziesięciolecia piwnic nie powinna i nie może ograniczać się jedynie do odtworzenia nieistniejących lub zdegradowanych izolacji oraz obniżenia wilgotności przegród powyżej projektowanych przepon hydroizolacyjnych. Osuszaniu przyziemia budynku powinien towarzyszyć zespół czynności polegających na:

- wykonaniu nowych wypraw – najczęściej z tynków renowacyjnych – wraz z odpowiednimi wymalowaniami;
- wykonaniu instalacji sanitarnych, grzewczych, elektrycznych, wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych;
- udrożnieniu albo zmianie sposobu odprowadzenia wód opadowych;
- reprofiliacji otaczającego terenu.

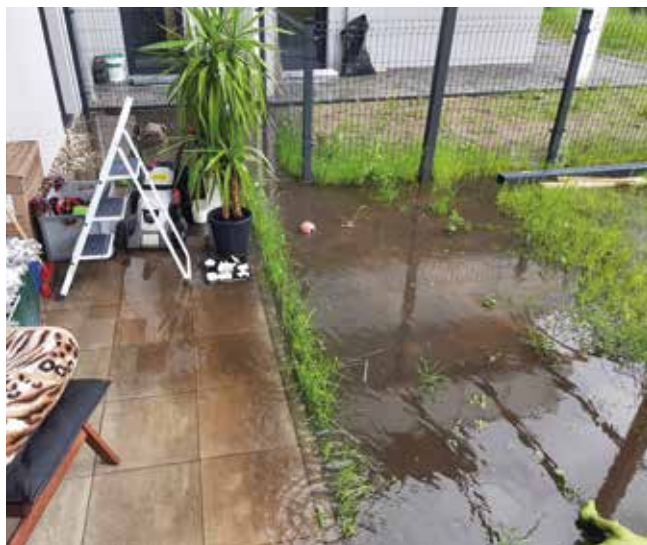
Ze względu na zachowanie parametrów użytkowania zamawiający oczekuje często obniżenia poziomu posadzek w pomieszczeniach piwnicznych. Zazwyczaj powoduje to konieczność podbijania istniejących fundamentów oraz obniżenia poziomu wód gruntowych, a także zakła-

dania drenażu powierzchniowego i opaskowego. Podwyższa to w znacznym stopniu sumaryczne koszty planowanych prac remontowych.

## DIAGNOSTYKA OBIEKTU

Aby dobrać odpowiednią metodę zabezpieczenia budynku przed wilgocią, niezbędne jest wykonanie badań diagnostycznych. Są one integralną czynnością technologiczną, która pozwala poprawnie opracować dokumentację techniczną i obejmuje kilka obszarów.

**Analiza historyczna i wywiad z użytkownikiem lub właścicielem obiektu** mogą przynieść odpowiedź na pytanie, czy w przeszłości nie nastąpiła zmiana parametrów podłoża gruntowego skutkująca jego inną nośnością (typową przyczyną jego rozluźnienia są doły chłonne rozmieszczone często w bezpośrednim sąsiedztwie historycznych fundamentów, przebudowy lub nadbudowy oraz zmiany sposobu użytkowania). Wspomniane czynności mogą również dostarczyć informacji o poziomie wód powierzchniowych znajdujących się w pobliskich zbiornikach lub ciekach wodnych. Mogą też rozstrzygnąć, czy i jak często dochodziło do spiętrzeń, których efektem było podniesienie się wód gruntowych wokół budynku (fot. 5).



Fot. 3. Brak odprowadzenia wód opadowych to często jedna z przyczyn zalewania budynków (wbrew pozorom dotyczy to także tych nowych)



Fot. 4. Izolacja wannowa nie sprawdza się w sytuacji, gdy przyczyną zawilgocenia jest kondensacja wilgoci



Fot. 5. Bywa, że woda dostaje się do budynku przez otwory w posadzce, które mają służyć do odprowadzenia wody zalewającej piwnicę

Warunki wodno-gruntowe, które panują wokół obiektu, powinny być określone dzięki wykonaniu odpowiednich **badani hydrogeologicznych**. Części podziemne budowli historycznych – zwłaszcza tych zlokalizowanych w pobliżu cieków wodnych lub w gęstej zabudowie – są szczególnie narażone na jednokierunkowe zasilanie warstw wodonośnych

przez wody podziemne, które spływają z wyżej położonych terenów. Stanowią one przegrodę dla naturalnego ruchu tych wód. W centrach miast, obok już istniejących budynków zabytkowych, powstają też nowe – z mocno rozwiniętą częścią podziemną, która jest przeznaczona np. na wielopoziomowe garaże. Obiekty te są projektowane i budo-

wane w sposób zupełnie od siebie niezależny. W efekcie tworzą się przypadkowe, niekontrolowane skupiska i ciągi podziemne, które ingerują w naturalne stosunki wodne. Głęboko usytuowane kondygnacje podziemne stwarzają zagrożenie spiętrzenia wód gruntowych lub zmiany kierunku ich spływu. Skutkuje to zalewaniem wodami podziemnymi istniejących budowli historycznych, których zabezpieczenie zaprojektowano (i wykonano) jako przeciwwilgociowe, a nie jako przeciwwodne.

Jeden z grzechów głównych przy pracach renowacyjnych to **niewykonywanie lub niepełne wykonywanie odkrywek ścian fundamentowych**. Tymczasem częstą przyczyną zawilgocenia jest podniesienie się poziomu przyległego terenu w stosunku do poziomu pierwotnego, tzn. tego z czasu budowy obiektu. Niezależnie od powodów, które bywają różne, w skrajnych przypadkach może to znacznie utrudnić poprawne wykonanie hydroizolacji lub wymusić zastąpienie izolacji przeciwwilgociowej przeciwwodną. Jeżeli poziom terenu zmienił się na skutek celowej – choć nie zawsze przemyślanej – ingerencji człowieka, może się okazać, że zaprojektowany drenaż będzie przebiegał w warstwie gruzu czy znacznie powyżej poziomu posadowienia niektórych fragmentów budynku. Odkrywki, zwłaszcza w połączeniu z obrazem zawilgoceń i bilansem wilgoci, pozwalają określić miejsca zalewania fundamentów przez wody gruntowe (fot. 6, 7). Taka sytuacja wymaga zaprojektowania izolacji przeciwwodnej, podczas gdy w zdecydowanej większości przypadków projektuje się i wykonuje izolacje przeciwwilgociowe.

Nierzadko w gruncie znajdują się **niezainwentaryzowane wcześniej**, nieczynne instalacje. Należy je albo zdemontować, albo dodatkowo uszczelnić miejsca przebiegu rur instalacyjnych przez ścianę. Jeżeli są one ułożone równoległe do fundamentów i biegną w niewielkiej odległości od nich, znacznie utrudniają poprawne odtworzenie powłok hydroizolacyjnych. Zdarza się też, że poziom posadowienia fundamentów jest różny – powinno się to



Fot. 6, 7. Zalana piwnica po wykonaniu prac renowacyjnych to często skutek braku analizy warunków gruntowo-wodnych i zaprojektowania izolacji przeciwwilgociowej

Fot. M. Rokiel

uwzględnić na etapie projektowania – albo że ściany fundamentowe są rozszerzane u podstawy – co należy wziąć pod uwagę podczas późniejszego projektowania prac naprawczo-renowacyjnych (fot. 8).

Ponadto odkrywki umożliwiają ocenę stanu ścian zarówno pod kątem przygotowania ich powierzchni do nakładania powłok hydroizolacyjnych, jak i konieczności wykonania innych napraw lub wzmocnień czy wreszcie – sposobu wykonania hydroizolacji. Dzięki odkrywkom inwestor może również już na etapie projektowania oszacować, czy przeprowadzenie koniecznych prac remontowych będzie opłacalne w stosunku do zakładanych efektów.

Elementem koniecznym do zbadania jest **określenie struktury budowy przegród**. Należy zwrócić uwagę, że obiekty historyczne wznoszono w czasach, gdy nie było dróg bitych, a budowle mogły powstawać w miejscach, w których istniały podkłady z gliny i źródła wody. Cegła wypalana w piecach polowych była materiałem relatywnie o wiele droższym niż obecnie. W efekcie budowano tzw. mury żebracze, w których występował „rdzeń” z innych, mniej wartościowych materiałów niż lico-we warstwy muru. W takiej sytuacji renowacja musi podlegać na etapie projektowania wyjątkowo dogłębnej analizie. Jej brak może spowodować, że wykonane prace okażą się nieskuteczne. Może się tak zdarzyć choćby wtedy, gdy w murach występują podłużne, najczęściej regularne pustki służące zazwyczaj rozdzie-



Fot. 8. Odsadzki ceglanej ławy fundamentowej potrafią znacznie utrudnić wykonanie wtórnych izolacji pionowych

leniu różnych rodzajów muru. W tych o małej izolacyjności cieplnej podłużne pustki powietrzne o szerokości 4–8 cm stanowiły sposób na „ocieplenie” ściany.

Na etapie projektowania należy również przeprowadzić **próbne wiercenia przegród** na różnych jej wysokościach. Dzięki temu można stwierdzić konieczność wykonania iniektowania wstępnego, np. z niskoskurczliwych zapraw pucolanowych. To podstawowy warunek – zarówno przy iniekcji ciśnieniowej, jak i bezciśnieniowej – poprawnego odtworzenia przepon poziomych. Wykonywanie iniekcji niskociśnieniowych

w murach z pustkami spowoduje, że podana normowa ilość iniektu nie wypełni otworów iniekcyjnych właściwie, czyli w sposób zapewniający zachowanie ciągłości blokad poziomych.

Projekt powinien zawierać dokładne **określenie stopnia zawilgocenia masowego poszczególnych przegród** w rozpatrywanym obiekcie (tab. 1). Szczególną uwagę należy zwrócić na strukturę zawilgocenia ściany w całym jej przekroju – oprócz pomiarów powierzchniowych trzeba koniecznie dokonać pomiarów wgłębnych w różnych przekrojach ściany i na różnych jej wysokościach.

Tab. 1. Mapowanie wilgoci ściany

Poziom nad posadzką [m]	Punkt nr 1		Punkt nr 2		Punkt nr 3		Punkt nr 4	
	głębokość 4 cm	głębokość 16 cm	głębokość 4 cm	głębokość 16 cm	głębokość 4 cm	głębokość 16 cm	głębokość 4 cm	głębokość 16 cm
0,24	3,8%	>16,0%	7,7%	>16,0%				
0,70	14,2%	6,7%	3,8%	4,3%				
1,06	4,0%	5,9%	4,3%	4,0%				
1,45	3,5%	3,5%	2,7%	7,0%				
1,84	>16,0%	>16,0%	4,2%	>16,0%				
0,20					>16%	5,6%	>16%	13%
0,49					>16%	>16,0%	>16%	>16%
0,79					>16%		>16%	

Fot. M. Rokiel



Fot. 9. Wychodzące ze ściany w piwnicy sznury grzyba niszczącego drewno. Wygląd sznurów – cienkie, nitkowane, brunatne o średnicy ok. 1 mm, tworzące siateczkę – jednoznacznie wskazuje na grzyba piwnicznego (*Coniophora puteana*)

Przy pomiarach istotne jest, jakim miernikiem wilgotności ich dokonujemy. Najbardziej rozpowszechnione mierniki pojemnościowe (detektorowe) przy znacznym zasoleniu ścian podają jedynie wyniki przybliżone, niekiedy znacznie odbiegające od rzeczywistej wartości zawilgocenia masowego przegrody. Dlatego dobrze jest je porównać in situ z tymi wykonanymi

miernikiem karbidowym (metodą CM) lub wagosuszarką. Grupa mierników przepływowych daje na miejscu budowy dokładniejsze odczyty, nie mogą one jednak konkurować z metodami dokonanymi sposobami bezpośrednimi.

Stopień i stan zawilgocenia ścian ma decydujący wpływ na podjęcie decyzji o sposobie odtwarzania izolacji, rodzaju

zastosowanych tynków renowacyjnych oraz metodzie neutralizacji szkodliwych soli budowlanych na licach ścian. Na podstawie wielkości i typu zawilgocenia wybiera się przede wszystkim płyny, którymi mają być iniektowane poszczególne przegrody. Należy zwrócić uwagę na to, że w praktyce bardzo rzadko przyjmowane są różne iniektory dla poszczególnych przegród o zróżnicowanym stopniu zawilgocenia.

Na tym etapie przeprowadza się także **proste badania in situ**. Są to, w zależności od potrzeb:

- pomiary zawilgocenia i temperatury;
- badania wytrzymałościowe, np. młotkiem Schmidta;
- oznaczenie pH;
- określenie możliwości wystąpienia kondensacji pary wodnej (oznaczenie punktu rosy lub strefy kondensacji) itp.

Przygotowuje się również dokumentację fotograficzną. Bardzo istotne jest, by zwrócić uwagę na objawy, które wskazują na wystąpienie korozji biologicznej (fot. 9). W takiej sytuacji należy dodatkowo przeprowadzić diagnostykę mykologiczną.

Ogłędziny oraz proste badania wykonywane na miejscu – w połączeniu z obrazem uszkodzeń – pozwalają zaplanować



Fot. 10. Półilościowa analiza chlorków paskami wskaźnikowymi

**Tab. 2. Oznaczenie stopnia zasolenia**

Próbka nr	Wartość stężenia zasolenia		
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
	% wagowe		
13 S3 zaprawa tynkarska poziom ~ 0,2 m	0,25–0,50	0,2–0,4	0,050–0,125
13 S3 cegła poziom ~ 0,2 m	0,25	0,1–0,2	0,0005
13 S3 zaprawa tynkarska poziom ~ 0,50 m	0,75	0,2	0,250
13 S3 cegła poziom ~ 0,5 m	0,75	0,1	0,250
13 S3 zaprawa tynkarska poziom ~ 0,9 m	0,75	0,1–0,2	0,250
13 S3 cegła poziom ~ 0,9 m	0,25	0,2	0,125

Niski stopień zasolenia Średni stopień zasolenia Wysoki stopień zasolenia

odpowiednie analizy laboratoryjne. Chodzi przede wszystkim o jednoznaczne i precyzyjne zidentyfikowanie przyczyn zawilgocenia. Ich określenie jedynie na podstawie oględzin obiektu nie zawsze jest możliwe, a błędna diagnoza i podjęcie niewłaściwych działań może prowadzić w najgorszym przypadku nawet do zintensyfikowania procesów destrukcyjnych. Bywa również tak, że źródłem zawilgocenia jest zwykła kondensacja wilgoci albo zalewanie ścian wodą opadową, natomiast zaleca się wykonanie robót niezbędnych przy podciąganiu kapilarnym. I wielokrotnie uzyskuje się pozytywny wynik, ponieważ przy okazji naprawia się obróbki blacharskie i odwodnienia, układa tynk renowacyjny wewnątrz pomieszczeń piwnicznych, odpowiednio kształtuje przyległy teren itp. Rezultatem jest tak czy inaczej wyschnięcie ściany. Tyle tylko, że zastosowane metody, niejednokrotnie kosztowne, są nieadekwatne do przyczyn.

Liczba pobranych próbek powinna być reprezentatywna dla konkretnego obiektu i rodzaju materiału występującego w konstrukcji (w wielu przypadkach pobiera się zarówno próbki cegieł, jak i zaprawy). Wielkość oraz rodzaj próbek zależą zaś od badanego parametru i wybranej metody badawczej. Przy diagnostyce mykologicznej może być konieczne przeprowadzenie badań laboratoryjnych.

Nie można również pominąć **badania zasolenia podłoża** (tab. 2). Od kilkunastu lat są dostępne specjalne walizeczki diagnostyczne, które pozwalają łatwo i szybko, za pomocą specjalnych wskaźników, oznaczyć ilość azotanów, siarczanów i chlorków (fot. 10). Co najważniejsze, wyniki te są na tyle dokładne, że na ich podstawie można dobrać układ i grubość warstw systemu tynków renowacyjnych.

### INNE BŁĘDY PROJEKTOWE

Projekty wykonawcze powinny uzupełniać i uszczegóławiać projekt budowlany w takim zakresie i stopniu dokładności, który jest niezbędny do sporządzenia przedmiaru robót i kosztorysu inwestorskiego oraz przygotowania oferty przez wykonawcę, a także realizacji robót budowlanych.

Praktyka ostatnich dwudziestu kilku lat wskazuje, że przy osuszaniu budynków zabytkowych – ze względu na grubość i strukturę ścian – zastosowanie mają przede wszystkim metody iniekcyjne, a wśród nich iniektowanie niskociśnieniowe. Projektant powinien na podstawie wcześniej przeprowadzonej diagnostyki zdecydować o wyborze środka iniekcyjnego, a w oparciu o informacje o porowatości i wytrzymałości cegieł wybrać sposób wykonania aplikacji. Projekt musi zawierać dokładne dane o sposobie wykonania iniekcji, określać liczbę rzędów,

średnice i rozstaw otworów, a także podawać wielkość ciśnienia iniekcyjnego.

Czynnością technologiczną, którą pomija się niestety na etapie projektowania izolacji w budynkach historycznych, jest wstępne uszczelnianie wszystkich wewnętrznych pustek kawern i rozstępów izolowanych przegród. Prowadzi to do nieciągłości projektowanych izolacji. Wypełnienia takie (iniektowanie wstępne) powinny być wykonywane niskociśnieniowo niskoskurczliwymi upłynnionymi zaprawami. Aby nie utrudniać rozchodzenia się preparatu hydrofobowego przy aplikowaniu właściwym, należy zwrócić uwagę na to, aby chłonność zaprawy była podobna do chłonności cegły. Choć producenci najpopularniejszych preparatów mówią wciąż o możliwości użycia aplikacji grawitacyjnej, to wydaje się, że w przyszłości w metodach iniekcyjnych odtwarzania izolacji poziomych wykorzystywać się będzie przede wszystkim iniektowanie ciśnieniowe. Iniektowanie wstępne powinno być stosowane każdorazowo przy zabytkowych murach warstwowych lub murach z kamienną okładziną licową.

Dokumentacja projektowa musi określać na rzutach i przekrojach przebieg poziomych i pionowych blokad hydrofobowych, a projekt wykonawczy być na tyle szczegółowy, by z rysunków można było odczytać informacje o wszystkich robotach towarzyszących pracom izolacyjnym. Istotne jest tutaj pokazanie wszelkich newralgicznych przejść izolacji pionowej w poziomą oraz wynikających z tego uszczelnień dodatkowych.

Dokumentacja powinna zawierać także określenie ewentualnego przebiegu drenażu powierzchniowego lub opaskowego.

W zabytkowych obiektach obniżenie wilgotności ścian jest jedynie wstępem do kontynuowania dalszych prac konserwatorskich. Prace izolacyjne trzeba podporządkować przyszłym zabiegom konserwatorskim, aby zapewnić pełną kompatybilność zastosowanych później materiałów. Czas renowacji eksponowanych sal obiektów zabytkowych powinien

być – ze względu na ich wykorzystanie – maksymalnie krótki. Zalecenia konserwatorskie winny być spełnione w zakresie doprowadzenia poszczególnych przegród do określonego poziomu wilgoci. Dlatego standardem staje się obecnie osuszanie nieinwazyjne ścian po wykonaniu blokad hydrofobowych. Wydaje się, że najbardziej efektywną formą takiego usuwania wody znad wykonanych przepon jest jednocześnie zastosowanie osuszaczy sorpcyjnych w połączeniu z osuszaniem mikrofalowym

## Praktyka ostatnich dwóch dekad pokazuje, że przy osuszaniu budynków zabytkowych stosuje się głównie metody iniekcyjne.

(generatory mikrofalowe wyprowadzają wodę zawartą w kapilarach w kierunku lica przegrody, skąd odbierają ją osuszacze sorpcyjne). Projekt wykonawczy, oprócz wskazania dokładnego sposobu obniżania poziomu zawilgocenia ścian, musi również określać przerwę technologiczną niezbędną do przeprowadzenia tej czynności. Częsty błąd polega na tym, że intensywność procesu osuszania nie zostaje sprecyzowana. Projekt powinien wskazywać wysokość temperatury, do której w jednym cyklu mogą być podgrzewane osuszone mury. Zapobiega to destrukcji samej zaprawy lub powstaniu naprężeń termicznych na styku zaprawy z cegłą, które powodują przekroczenie ich parametrów wytrzymałościowych. W warunkach budowy temperaturę muru najlepiej mierzyć termometrem bezkontaktowym na licu przegrody. Bezpieczna, do której można podgrzewać osuszaną ścianę, nie powinna przekraczać 80°C. Projektant musi określić szybkość procesu osuszania tak, by był on prowadzony bezpiecznie, mimo że inwestor dąży do jak najszybszego obniżenia poziomu zawilgocenia przegród.

Bardzo częstym błędem jest **brak analizy zmiany sposobu użytkowania obiektu**. Skutkiem są nowe kłopoty, najczęściej również związane z wilgocią. Przykładowo, stare mury, choć bardzo grube, absolutnie nie spełniają obecnych wymogów ter-

moizolacyjności. Ogrzewanie pomieszczeń dostarcza dużej ilości ciepła, ogrzane powietrze w zetknięciu z zimnymi ścianami skrapla się na ich powierzchni. Do tego wentylacja, o ile istnieje, nie jest w stanie zapewnić odpowiedniej wymiany powietrza i usunąć nadmiaru wilgoci. Pierwszym odruchem jest wtedy chęć docieplenia ścian. Skoro bowiem są zimne i skrapla się na nich para wodna, to trzeba je zizolować, aby nie zachodził efekt skraplania. Jednak docieplenie od zewnątrz,

np. ze względu na tynk renowacyjny lub bogato zdobione elewacje, stwarza problemy. Pojawia się więc pytanie: czy można docieplić od wewnątrz, a jeśli tak, to czym? Styropianem? Wełną? Specjalnymi płytami? Należy zdawać sobie sprawę, że tego typu próby bez wykonania szczegółowych analiz cieplno-wilgotnościowych jedynie pogorszą sytuację. Co z tego, że osiągniemy niski współczynnik U, skoro spowodujemy kondensację pary wodnej? Jeżeli będzie ona zachodzić w murze, to należy ustalić, w której jego części i o jakiej szerokości. Gdzie będzie odprowadzana skroplona tam wilgość? Możliwe, że do wnętrza budynku, pogarszając jeszcze warunki cieplno-wilgotnościowe. A przecież chcieliśmy uzyskać odwrotny efekt. W konsekwencji może się okazać, że obliczony współczynnik U ma wartość czysto teoretyczną, a my dostarczamy do wnętrza obiektu potężną dawkę wilgoci.

Zdarzają się sytuacje, gdy projekt budowlany, nawet na etapie udzielania pozwolenia na budowę, jest głównie projektem architektonicznym, a szczegóły rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych są ustalane równocześnie z postępem robót budowlanych. W wielu przypadkach właściciel lub użytkownik budynku nie ma wystarczających środków finansowych, aby całość prac przeprowadzić od razu. Należy je rozłożyć na etapy,

ale w taki sposób, aby przerwa w ich wykonywaniu nie spowodowała uszkodzeń i zniszczeń w pracach już zakończonych. Tymczasem w fazie projektowania często pomija się etapowanie prac, które powinno być tak przewidziane, aby – o ile to możliwe – w jak największym stopniu pozwolić zamawiającemu na korzystanie z obiektu w trakcie prowadzenia robót. Jeszcze gorsza jest sytuacja, w której zakres i wielkość prac dopasowuje się nie do uwarunkowań technologicznych, lecz do wielkości środków finansowych, jakimi dysponuje inwestor.

Kolejnym dość powszechnym błędem jest **przedstawianie w dokumentacji projektowej jedynie zabezpieczeń przeciwwilgociowych** budynku zabytkowego bez podania zamawiającemu kompleksowości rozwiązań, chociażby takich jak:

- brak właściwej wentylacji osuszanych pomieszczeń,
- niewłaściwa reprofilacja terenu wokół obiektu,
- brak uporządkowania odpływu wody powierzchniowej,
- pozostawienie fragmentów murów niezabezpieczonych przeciwwilgociowo. ■

### Literatura

- [1] WTA Merkblatt 4-5-99 Beurteilung von Mauerwerk. Mauerwerkdiagnostik.
- [2] WTA Merkblatt 4-11-16 Messung des Wassergehalts bzw. der Feuchte bei mineralischen Baustoffen.
- [3] WTA Merkblatt 4-6-24 Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile.
- [4] WTA Merkblatt 4-9-19 Nachträgliches Abdichten und Instandsetzen von Gebäude- und Bauteilssockeln.
- [5] WTA Merkblatt 4-10-24 Injektionsverfahren mit zertifizierten Injektionsstoffen gegen kapillaren Feuchttransport.
- [6] WTA Merkblatt 2-9-20 Sanierputzsysteme.
- [7] WTA Merkblatt 2-7-24 Kalkputze in der Denkmalpflege.
- [8] Rokiell M., *Renowacje obiektów budowlanych. Projektowanie i warunki techniczne wykonania i odbioru robót*, wyd. II, Warszawa: Grupa Medium, 2019.
- [9] Rokiell M., *Hydroizolacje w budownictwie. Projektowanie. Wykonawstwo*, wyd. III, Warszawa: Grupa Medium, 2019.
- [10] Karyś J. (red.), *Ochrona przed wilgocią i korozją biologiczną w budownictwie*, Warszawa: Grupa Medium, 2014.

Fot. 1. Przekształtniki  
łańcuchowe DC/AC  
na farmie PV k. Wągrowca

# Nowoczesny system elektroenergetyczny jako krwiobiegi gospodarki

Patrząc na system elektroenergetyczny z dystansu, dostrzegamy jego analogię do ludzkiego układu sercowo-naczyniowego. Centralnie ulokowany generator – „serce” – jest otoczony głównymi i promieniowo rozproszonymi „tętnicami”, które przechodzą w cieńsze „żyły”, a wreszcie najodleglejsze „naczynia włosowate”. Podobnie funkcjonuje magistrała przesyłająca energię elektryczną z elektrowni do naszych domów i firm za pośrednictwem linii przesyłowych o różnej średnicy i długości.

**O**becnie w Polsce energia elektryczna jest w większości dystrybuowana liniami napowietrznymi. Taki model jest szczególnie podatny na wpływ czynników zewnętrznych, zwłaszcza atmosferycznych, i nie gwarantuje wystarczającego poziomu niezawodności dostaw prądu. Dodatkowo brak jasno uregulowanego statusu prawnego dotyczącego służebności przesyłu, dostępu do infrastruktury czy dojazdu do linii przesyłowych prowadzi do licznych problemów społecznych oraz wydłuża czas reakcji na ewentualne awarie lub uszkodzenia.

## mgr inż. Tomasz Piotrowiak

Linie napowietrzne w sytuacjach konfliktowych mogą stać się celem działań sabotażowych, co grozi paraliżem społeczno-gospodarczym. W odpowiedzi na te wyzwania operatorzy sieci sukcesywnie zmieniają strategię, odwracając dotychczasowy trend i zastępując przewody napowietrzne (70%) ziemnymi liniami kablowymi (30%). Szacuje się, że do 2030 r. proporcje te ulegną odwróceniu: sieci kablowe stanowiąc będą 70%, a napowietrzne – zaledwie 30%.

Warto zwrócić uwagę na fakt, że w latach 70., kiedy budowano obecny system elektroenergetyczny, zakładano wyłącznie jednokierunkowy przepływ prądu. Nikt nie przewidywał wówczas rozwoju lokalnych źródeł generacji ani towarzyszących im transferów dwukierunkowych. W ostatniej dekadzie, dzięki zwiększonym nakładom inwestycyjnym i konsekwentnym działaniom remontowo-naprawczym, udało się wprowadzić wiele pozytywnych zmian. Mimo to wydaje się, że osiągnięte rezultaty wciąż nie odpowiadają w pełni rosnącemu potrzebom

wynikającym z tempa lokalnych przemian i wyzwań stawianych przez globalną gospodarkę.

## TRANSFORMACJA ENERGETYCZNA I JEJ WYZWANIA

Analizując obszary odnoszące gospodarcze sukcesy w Europie, można zauważyć, że kluczową rolę odgrywa inteligentna transformacja energetyczna. Mowa tu nie tylko o doraźnej budowie nowych sieci, ale przede wszystkim o nowoczesnych i niskoemisyjnych jednostkach wytwórczych, które zapewniają przewidywalną i stabilną pracę w systemie. Planuje się, że do 2036 r. udział najpopularniejszych źródeł OZE, takich jak fotowoltaika oraz energetyka wiatrowa na lądzie i morzu, wyniesie co najmniej 50% krajowego bilansu energetycznego.

Nietrudno się domyślić, że w takiej sytuacji w okresach wyjątkowo niekorzystnych warunków meteorologicznych może wystąpić deficyt energetyczny. Warto więc już teraz przygotować się na taki scenariusz, np. poprzez magazynowanie energii pierwotnej lub skondensowanej energii wtórnej. Równocześnie według jednego scenariusza planuje się wycofanie z eksploatacji nawet do 50% źródeł konwencjonalnych, opartych na węglu kamiennym i brunatnym. Nadchodzące lata przyniosą prawdziwą rewolucję w proporcjach poszczególnych źródeł energii, a poza wyzwaniami przesyłowymi pojawiają się także liczne bariery technologiczne.

Jednym z kluczowych wyzwań – obok zapewnienia ciągłości dostaw – będzie utrzymanie odpowiednich parametrów jakościowych energii elektrycznej, która zasilać będzie nasze urządzenia. Można to porównać do systemu krwionośnego człowieka, który zamiast jednego serca miałby kilka większych i mniejszych pomp starających się jednocześnie wyrównać ciśnienie i dostarczyć krew do wszystkich komórek organizmu. Brzmi skomplikowanie? Analogiczny schemat można znaleźć w strukturze pracy sieci elektroenergetycznej.

## FINANSOWANIE I INWESTYCJE W SEKTORZE ENERGETYCZNYM

Wiemy już, że działania systemowe są niezbędne, a stabilność sieci będzie musiała zostać wsparta przez prywatnych i instytucjonalnych inwestorów. Dla nich zaangażowanie w ten sektor może stać się w przyszłości interesującym źródłem przychodów. Główną trudnością pozostaje jednak prowadzenie kalkulacji finansowych oraz budowanie biznesplanów w oparciu o niestabilne i podatne na spekulacje stawki rynkowe. Brakuje obecnie sztywnych zasad pozwalających na tworzenie wiarygodnych modeli inwestycyjnych, co znacznie zwiększa ryzyko podejmowania decyzji.

Aby zobrazować skalę problemu, warto wskazać, że szacunkowy nakład inwestycyjny na magazyn energii wynosi ok. 1 mln zł/MWh (stan na styczeń 2025 r.). Modelowy magazyn baterijny o konfiguracji 10 MWe/25 MWh to wydatek rzędu 25 mln zł. Co więcej, jego

trwałość, uzależniona od warunków pracy oraz liczby dobowych cykli, wynosi zaledwie 5–7 lat.

Impulsem do prywatyzacji sektora magazynowania energii może być wprowadzenie sztywnych, atrakcyjnych stawek rozliczeniowych regulowanych taryfą lub organizacja specjalnych aukcji dla zainteresowanych podmiotów. Może się jednak okazać, że niezbędna będzie dodatkowa stymulacja w postaci dotacji czy grantów na zakup początkowy lub preferencyjnych kredytów i ulg podatkowych. Wydaje się, że tego typu działania mogą wkrótce stać się kluczowym czynnikiem skalowalności oraz stabilności systemu.

Aby ta wizja się urzeczywistniła, wyzwania inwestycyjne muszą zostać podjęte zarówno przez operatorów sieci przesyłowych i dystrybucyjnych, jak i odbiorców posiadających instalacje odbiorczo-wytwórcze oraz komercyjnych producentów energii. Tylko kompleksowe podejście pozwoli na stworzenie elastycznego i odpornego na kryzysy systemu elektroenergetycznego, zdolnego sprostać wymaganiom przyszłości.

## ELASTYCZNOŚĆ SYSTEMU I NOWE MODELE ZARZĄDZANIA ENERGIĄ

Globalny system rozliczeń rynku energetycznego opiera się na modelu godzinowym, co oznacza, że ceny energii dynamicznie zmieniają się w ciągu doby. W praktyce prowadzi to do sytuacji, w której nadpodaż energii (bilans dodatni) skutkuje spadkiem cen, czasami nawet poniżej kosztów produkcji, a w skrajnych przypadkach do wartości ujemnych. W takich momentach wytwórcy zmuszeni są do ograniczenia produkcji lub nawet ponoszenia opłat za nadmiarową generację, jeśli nie mogą jej natychmiast zatrzymać.

Z kolei w momentach nagłego wzrostu zapotrzebowania (bilans ujemny), gdy odbiorcy zwiększają zużycie, system nie jest w stanie błyskawicznie zareagować. Konwencjonalne jednostki wytwórcze cechuje bowiem duża bezwładność, co oznacza, że niemożliwe jest ich szybkie



Fot. 2. Baterijny magazyn dużej mocy, współpracujący z jednostką wytwórczą typu C



Fot. 3. Pojedyncza sekcja pakietu baterijnego LFP/C, 3,2 V, 280 Ah



Fot. 4. Chłodnica dla pakietów bateryjnych

dostosowanie do zmieniającego się popytu. Wówczas jedyną opcją pozostaje import energii z zagranicy, o ile sąsiednie kraje są skłonne do jej sprzedaży. W takich warunkach ceny rosną wykładniczo, tworząc możliwości zarobkowe dla krajowych podmiotów zdolnych do natychmiastowego dostarczenia energii.

jęce na pośredniej konwersji energii elektrycznej na inne formy, takie jak ciepło lub chłód technologiczny. W praktyce oznacza to, że nadwyżka energii wytworzonej w okresach niskich cen może być użyta np. do podwyższenia lub obniżenia temperatury czynnika wykorzystywanego w procesach technologicznych.

zaprojektowany w sposób autonomiczny, co pozwoliło na precyzyjne dopasowanie dobowej siatki zużycia energii. Aby zwiększyć efektywność, mroźnia została wyposażona w zaawansowaną aparaturę kontrolno-pomiarową, umożliwiającą analizę danych i optymalizację algorytmów sterujących. Wykorzystano metody analizy statystycznej oraz szeregi Fouriera, aby nauczyć sztuczną inteligencję zarządzania pracą układu chłodniczego. Dzięki temu nadwyżki energii mogły być efektywnie wykorzystywane do zwiększania zdolności chłodniczej mroźni, co pozwoliło na późniejsze odzyskanie tej energii bez konieczności pobierania jej z sieci.

Magazyny energii pełnią także kluczową rolę w poprawie jakości parametrów systemowych energii elektrycznej, zwłaszcza w sieciach dystrybucyjnych z dużą liczbą odbiorców rozproszonych. Mogą również wspierać odbudowę systemu elektroenergetycznego po awariach.

## Globalny system rozliczeń rynku energetycznego opiera się na modelu godzinowym, co oznacza, że ceny energii dynamicznie zmieniają się w ciągu doby.

To zjawisko, znane jako arbitraż cenowy, staje się coraz bardziej atrakcyjne, zwłaszcza dla bateryjnych magazynów energii. Jeszcze bardziej zaawansowanym rozwiązaniem jest wykorzystanie tzw. rezerw pierwotnych i wtórnych, polega-

Dobrym przykładem tego podejścia jest zrealizowany przez autora projekt dla grupy mroźni składowych. Kluczowym elementem była fotowoltaiczna instalacja dachowa dostosowana do mocy zainstalowanych urządzeń odbiorczych. System został



Fot. 5. Centralny przekształtnik DC/AC



Fot. 6. Pilotażowy magazyn energii w Wilkowicach k. Leszna

Najmniej popularnym, ale potencjalnie przełomowym zastosowaniem magazynów są tzw. wyspy energetyczne – niewielkie, autonomiczne jednostki zasilające odległych odbiorców przez krótki czas. Ich największą zaletą jest możliwość funkcjonowania w układach zamkniętych, bez konieczności podłączenia do linii dystrybucyjnych, co znacznie redukuje koszty oraz zwiększa mobilność systemu.

Przyszłość energetyki bez wątpienia należy do elastycznych i inteligentnych rozwiązań pozwalających na maksymalne wykorzystanie dostępnych zasobów. Skalowalne technologie magazynowania energii, inteligentne zarządzanie popytem oraz rozwój modeli biznesowych opartych na dynamicznych strategiach rynkowych to kluczowe elementy nadchodzącej transformacji energetycznej.

Modelowy system elektroenergetyczny powinien mieć trzy kluczowe ce-

chy. Pierwsza to **stabilność** – minimalna wrażliwość na nagłe zmiany zapotrzebowania na prąd w systemie. Mówimy tutaj głównie o istnieniu inteligentnych algorytmów autoregulacyjnych, gdzie procesy stabilizacyjne odbywają się płynnie i w pełni automatycznie. Druga cecha to

**skalowalność**, której możemy przypisać zdolność do wielowątkowej rozbudowy mającej na celu przesył i dystrybucję prądu do nowych odbiorców, bez wpływu na jakość energii, jaka dociera do dotychczasowych jej użytkowników. Oznacza to, że przyłączanie nowych od-

biorców lub wytwórców nie ma wpływu na cały, wspólny system. Ostatnia cecha to **bezpieczeństwo**. Jest to szczególnie wrażliwy obszar, gdyż w głównej mierze od niego zależy powodzenie projektu nowoczesnego modelu systemu elektroenergetycznego.

## Przełomowym zastosowaniem magazynów są tzw. wyspy energetyczne – niewielkie, autonomiczne jednostki zasilające odległych odbiorców przez krótki czas.

Spójrzmy na ten fragment zagadnienia z nieco większej perspektywy. Wypracowanie co najmniej dwóch pierwszych umiejętności wymaga wdrożenia dziesiątek superkomputerów i setek mikromaszyn, komunikujących się ze sobą za pośrednictwem zewnętrznej sieci, np. internetu.

Fot. autora

Co by się mogło stać w sytuacji, gdy grupa nieprzychylnych ludzi zakłóci pracę systemu? Zapewne istnieje wiele scenariuszy wydarzeń i odpowiadających im reakcji, które przy zachowaniu odpowiedniej uwagi w obszarze cyberbezpieczeństwa oraz higieny pracy pozwalają nam spać spokojnie.

gim horyzoncie, a do tego potrzebna jest przecież niezawodna makrosieć. Metod na korzystne profilowanie układów odbiorczych jest wiele i zależą one głównie od charakteru obiektu oraz harmonogramu dobowej pracy. Pewnie nie istnieje jeden model, którego multiplikowanie

z korzyścią dla wszystkich użytkowników sieci. Być może wtedy konkurencyjność naszej rodzimej gospodarki na arenie co najmniej europejskiej zdecydowanie wzrośnie.

## Szacuje się, że w pierwszych latach funkcjonowania systemu wyposażonego w zdecentralizowane, komercyjne magazyny energii zyski operacyjne będą najwyższe, a dobowa zmienność cen prądu będzie nadal mieć miejsce.

Głównym bodźcem do podjęcia jakichkolwiek działań o charakterze inwestycyjnym jest wymiar finansowy, szczególnie w sytuacji działań podmiotów komercyjnych. W tym przypadku poza nim jest jeszcze drugie dno – **modelowanie mikro-systemu elektroenergetycznego**. Chodzi o to, by osiągnąć maksymalny zysk w dłu-

przyniesie zawsze korzystny rezultat ekonomiczny. W gruncie rzeczy nadrzędnym celem inwestycji jest przecież obniżenie kosztów operacyjnych w obszarze procesów technologicznych lub produkcyjnych. Nie inaczej sytuacja ma się w układach typowo wytwórczych, gdzie podejmowane jest ogromne ryzyko polegające na opty-

malnym arbitrażu cenowym w taki sposób, aby różnica pomiędzy przychodami z tytułu energii oddanej przez magazyn energii do sieci była jak największa względem kosztu energii pobranej, niezbędnej do procesu ładowania. Szacuje się, że w pierwszych latach funkcjonowania systemu wyposażonego w zdecentralizowane, komercyjne magazyny energii zyski operacyjne będą najwyższe, a dobowa zmienność cen prądu będzie nadal mieć miejsce. Prawdopodobnie z czasem krzywa dobowej ceny prądu zacznie się wypłaszczać i będzie bardziej przewidywalna,

### PRZYSZŁOŚĆ SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO

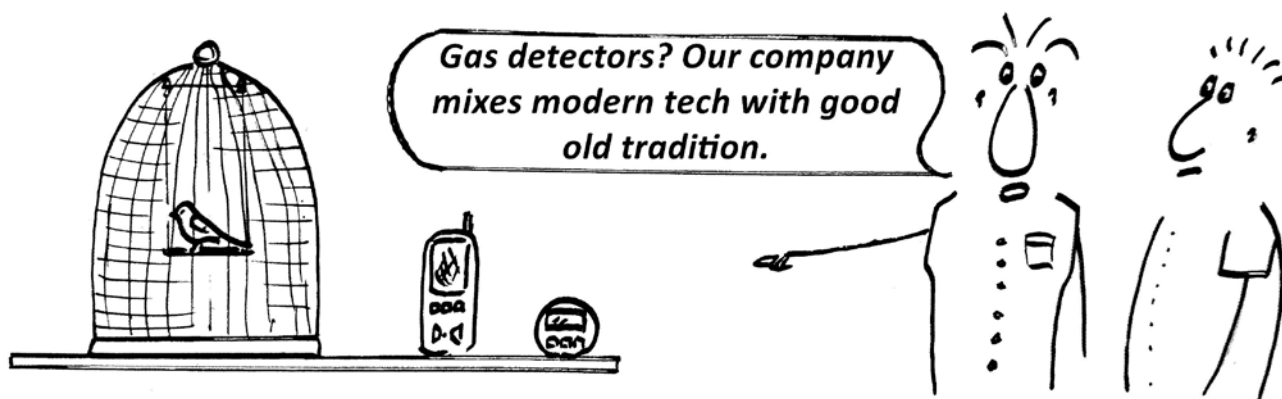
Należy pamiętać, że stabilna, skalowalna i bezpieczna energetyka to jeden z filarów zdrowej gospodarki. Obecnie większość funkcjonujących w systemie jednostek pozostaje w rękach podmiotów publicznych, jednak sektor prywatny dynamicznie nadrabia dystans i jeśli ten trend się utrzyma, dotychczasowa proporcja może ulec zmianie. W perspektywie nadchodzących lat może się wręcz okazać, że układ sił się odwróci. Nie sposób pominąć istotnych wpływów budżetowych wynikających z opodatkowania procesów wytwarzania, handlu i dystrybucji energii elektrycznej. Jak widać, ta gałąź gospodarki jest wyjątkowo podatna na błędne decyzje oraz nieefektywne zarządzanie dostępnymi zasobami.

Ostatecznie jednak kluczowe znaczenie mają nie tylko uwarunkowania systemowe, lecz również koszty energii dla odbiorców końcowych. To one znajdują się na przeciwległym biegunie wobec problemu ubóstwa energetycznego. Tani prąd to nie tylko niższe rachunki, ale także większa niezależność gospodarcza kraju, który staje się odporniejszy na naciski dyplomatyczne i polityczne w sferze międzynarodowej.

Optymalnie zbilansowany system elektroenergetyczny to taki, w którym proporcje pomiędzy poszczególnymi jednostkami wytwórczymi oraz wielopoziomowe magazyny energii są precyzyjnie zaplanowane i efektywnie zarządzane. Ostatecznie chodzi o to, by właściwie wyważyć koszty pozyskiwania prądu względem realnych możliwości i politycznych priorytetów. Obrany kierunek zmian wydaje się interesujący – pozostaje nam świadoma obserwacja z pełnym przekonaniem, że nie mamy do czynienia z rewolucją, lecz z potrzebną i dobrze zaplanowaną ewolucją energetyczną. ■



Rys. 7. Kaskadowy stos baterijny z celkami LFP 314Ah



# Gas Detection Systems

- Until recently, gas detection systems were mostly associated with heavy industry and mining. Today, they're becoming more and more common in buildings, including residential and public-use facilities.
- That's true. This is driven both by tighter regulations and by growing investor awareness. The increasingly widespread use of natural gas, LPG, and hydrogen makes it necessary to address leakage risk already at the design stage.
- How would you describe the current standard of gas detection systems used in buildings?
- These days, we're talking about systems based on semiconductor, electrochemical, or catalytic sensors, integrated with control panels. Their main role is to detect when gas concentration limits are exceeded and trigger safety actions like audible and visual alarms, gas shut-off, or emergency ventilation.
- We're also seeing these systems being more closely tied into building automation.
- Absolutely. Gas detection systems are no longer standalone. In modern buildings, they're part of BMS platforms and, more and more often, IoT environments. That enables remote monitoring, data logging, trend analysis, and faster service response when something looks off.
- So it's not just about reacting to a hazard anymore, but about staying ahead of it.
- Exactly. By analysing data, it's possible to spot micro-leaks in gas installations before alarm thresholds are even reached. That's a clear move toward prevention, not just reacting once a problem occurs.
- From an investor's point of view, the big question is usually where gas detection is actually needed.
- In buildings, the key areas are gas boiler rooms, technical rooms, underground car parks, and service shafts. In boiler rooms, methane detection is essential, while in car parks the main concern is carbon monoxide. In vertical shafts, point detectors make sense, especially near valves and distribution points.
- Which types of sensors work best in these environments?
- For methane, semiconductor or catalytic sensors are the most common choice. For CO, electrochemical sensors are preferred. They're stable and perform well over long-term operation.
- And what about proper detector placement?
- That's critical. It all comes down to gas density. Methane detectors go high, near the ceiling, while CO detectors are installed at breathing-zone height. It's also important to avoid drafts, direct airflow, and locations that could lead to false alarms.
- There's also a growing focus on integrating gas detection with automation systems.
- And for good reason. In buildings, gas detection should be linked to safety automation: gas shut-off, ventilation activation, and audible and visual signalling. That's when the system really helps limit the impact of a potential incident.
- What about false alarms?
- With the right sensors and regular calibration, the risk is low. What really counts are routine inspections, functional testing, and clearly defined service procedures.
- How often should calibration be done?
- Typically every six or twelve months, depending on the manufacturer and operating conditions. In higher-risk areas, it's done more frequently.
- And emergency power supply?
- That's mandatory. The system has to keep working during a power outage, which is why battery backup or UPS solutions are used.
- So today it's no longer just about detecting gas, but about how fast and how effectively the system responds. That's why gas detection systems are becoming one of the foundations of safe, modern building design.



## Systemy detekcji gazów

- Systemy detekcji gazów jeszcze do niedawna kojarzyły się głównie z przemysłem ciężkim i górnictwem. Dziś coraz częściej spotykamy je w budownictwie kubaturowym, mieszkaniowym oraz użyteczności publicznej.
- To prawda. Jest to efekt zarówno zaostrzenia przepisów, jak i rosnącej świadomości inwestorów. Coraz szersze wykorzystanie gazu ziemnego, LPG oraz wodoru sprawia, że kontrola ryzyka nieszczelności staje się konieczna już na etapie projektu.
- Jak scharakteryzowałbyś obecny standard systemów detekcji gazu stosowanych w obiektach budowlanych?
- Dziś mówimy o systemach opartych na czujnikach półprzewodnikowych, elektrochemicznych lub katalitycznych, zintegrowanych z centralami sterującymi. Ich podstawową funkcją jest wykrycie przekroczenia dopuszczalnego stężenia gazu i uruchomienie procedur bezpieczeństwa: alarmu akustycznego i wizualnego, odcięcia dopływu gazu oraz uruchomienia wentylacji awaryjnej.
- Coraz częściej obserwuję też integrację tych systemów z automatyką budynkową.
- Zdecydowanie. Systemy detekcji gazu przestają być rozwiązaniami autonomicznymi. W nowoczesnych obiektach są elementem systemów BMS i platform IoT, co umożliwia zdalny monitoring, archiwizację danych, analizę trendów oraz szybką reakcję serwisową w przypadku wystąpienia anomalii.
- To już nie tylko reakcja na zagrożenie, ale jego przewidywanie.
- Właśnie. Analiza danych pozwala wykrywać mikronieszczelność instalacji jeszcze zanim dojdzie do przekroczenia progów alarmowych. To wyraźny krok w stronę prewencji, a nie tylko interwencji.
- Z perspektywy inwestora coraz częściej pojawia się pytanie, gdzie detekcja gazów jest faktycznie konieczna.
- W budownictwie kluczowe są przede wszystkim kotłownie gazowe, pomieszczenia techniczne, garaże podziemne oraz

- piony instalacyjne. W kotłowniach podstawą jest detekcja metanu, natomiast w garażach – tlenu węgla. W pionach warto rozważyć detektory punktowe, szczególnie w rejonie zaworów i rozdzielni.
- Jakie typy czujników sprawdzają się najlepiej w takich warunkach?
- Dla metanu najczęściej stosuje się czujniki półprzewodnikowe lub katalityczne, natomiast dla CO – elektrochemiczne. Są stabilne i dobrze sprawdzają się przy długotrwałej eksploatacji.
- A jakie znaczenie ma prawidłowe rozmieszczenie detektorów?
- Bardzo duże. Wszystko zależy od gęstości gazu. Czujniki metanu montujemy wysoko, blisko sufitu, natomiast detektory CO na wysokości strefy oddychania. Równie istotne jest unikanie przeciągów, bezpośredniego nawiewu oraz miejsc, które mogłyby generować fałszywe alarmy.
- Coraz częściej mówi się też o konieczności integracji systemów detekcji z automatyką.
- I słusznie. Detekcja gazów w budownictwie powinna być połączona z automa-

- tyką bezpieczeństwa: odcięciem dopływu gazu, uruchomieniem wentylacji oraz sygnalizacją optyczno-akustyczną.
- A ryzyko fałszywych alarmów?
- Przy prawidłowym doborze czujników i regularnej kalibracji ryzyko jest niewielkie. Kluczowe są przeglądy, testy funkcjonalne oraz jasno określone procedury serwisowe.
- Jak często powinna być prowadzona kalibracja?
- Zwykle co 6 lub 12 miesięcy, w zależności od producenta i warunków pracy. W pomieszczeniach o podwyższonym ryzyku – nawet częściej.
- A co z zasilaniem awaryjnym?
- Jest obowiązkowe. System musi działać również przy zaniku napięcia, dlatego stosuje się zasilanie bateryjne lub UPS.
- Dziś kluczowe nie jest już samo wykrycie gazu, ale szybkość i skuteczność reakcji. To dlatego systemy detekcji stają się jednym z fundamentów bezpiecznego, nowoczesnego budownictwa.

Przygotowała Magdalena Marcinkowska

## Słowniczek Vocabulary

- gas detection system** – system detekcji gazów
- gas detector/sensor** – detektor/czujnik gazu
- gas leakage** – nieszczelność instalacji gazowej
- permissible gas concentration** – dopuszczalne stężenie gazu
- alarm threshold** – próg alarmowy
- gas shut-off** – odcięcie dopływu gazu
- emergency ventilation** – wentylacja awaryjna
- remote monitoring** – zdalny monitoring
- micro-leak** – mikronieszczelność
- boiler room** – kotłownia
- technical room** – pomieszczenie techniczne
- underground car park** – garaż podziemny
- service shaft** – pion instalacyjny
- methane detection** – detekcja metanu
- carbon monoxide (CO)** – tlenek węgla
- electrochemical/catalytic/semiconductor sensor** – czujnik elektrochemiczny/katalityczny/półprzewodnikowy
- false alarm** – fałszywy alarm
- functional test** – test funkcjonalny

**emergency power supply** – zasilanie awaryjne  
**battery backup/UPS** – zasilanie bateryjne/UPS

## Użyteczne zwroty Useful phrases

- Gas detection systems are no longer standalone.** – Systemy detekcji gazu nie są już rozwiązaniami autonomicznymi.
- That enables remote monitoring.** – Pozwala to na zdalny monitoring.
- It's not just about reacting to a hazard anymore, but about staying ahead of it.** – Chodzi nie tylko o reakcję na zagrożenie, ale o jego przewidywanie.
- From an investor's point of view...** – Z perspektywy inwestora...
- Which types of sensors work best in these environments?** – Jakie typy czujników najlepiej sprawdzają się w takich warunkach?
- And for good reason.** – I słusznie.
- With the right sensors, the risk is low.** – Przy prawidłowym doborze czujników ryzyko jest niewielkie.
- How often should calibration be done?** – Jak często należy przeprowadzać kalibrację?



# Die Gaswarnsysteme

- Guten Tag liebe Zuhörer! Guten Tag Herr Dek! Nach Ihrem Wunsch werden wir heute über Gasetektionssysteme sprechen, die uns nicht nur lassen, sich sicher in eigenen vier Wänden zu fühlen, sondern überall dort, wo das Risiko eines Gaslecks und damit nicht selten einer Gasexplosion potenziell besteht. Herr Dek, wo werden die Gasetektionssysteme eingesetzt und warum ist das so wichtig?
- Guten Tag liebe Zuhörer! Guten Tag Herr Redakteur! Wir dürfen nicht vergessen, dass die Gase sehr heimtückische Substanzen sind. Sie sind in den meisten Fällen geruchslos und mit dem Auge nicht zu erkennen, sodass sie problemlos z.B. zur Vergiftung oder sogar zum Tod beitragen können. Zu den wichtigsten Anwendungsbereichen von Gaswarnsystemen gehören u.a.: petrochemische Industrie, Pharmaindustrie, Produktionshallen, Lackierereien, Krankenhäuser, Forschungslabore, Bergwerke, unterirdische Tunnel, Wohnhäuser oder Garagen. Es ist auch erwähnenswert, dass Gasetektionssysteme nicht nur der Warnung vor lebensgefährlichen Stoffen dienen. Es sind auch Geräte, die die Luftqualität in Räumen ständig überwachen.
- Herr Dek, woraus setzt sich das Gasetektionssystem zusammen?
- Es besteht vor allem aus Gasmeldern, einer Signalzentrale, optisch – akustischen Signaleinrichtungen, Ausführungsgeräten, Verkabelung und Notstromversorgung. Das Hauptelement des Gasetektors bildet der Gassensor, der Gaskonzentration, Temperatur und Luftfeuchtigkeit kontrolliert. Die Hauptaufgabe der Signalzentrale besteht darin, die von den Sensorkommenden Signale zu verarbeiten, ihre Werte mit den Grenzwerten zu vergleichen und wenn nötig, einen Alarm auszulösen. Die optisch-akustischen Signaleinrichtungen, die in Form von Warnlampen, Sirenen, Displays oder Warnmeldungen vorkommen, informieren über die Gefahr. Und die durch die Zentrale gesteuerten Ausführungsgeräte können z.B. automatisch das Gasabsperrventil öffnen oder die Lüftung einschalten.
- Herr Dek, soviel ich weiß, die Art des angewendeten Sensors hängt direkt von dem zu messenden Gas oder der Detektionsgenauigkeit ab.
- Ja, das stimmt. Die am häufigsten verwendeten Sensoren zur Erkennung giftiger Gase wie Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff, Stickstoffoxid oder Sauerstoff sind elektrochemische Sensoren. Sie bestehen aus einer Arbeitselektrode, einer Gegenelektrode und einer Elektrolytschicht. Zur Erkennung brennbarer Gase wie Butan, Propan und Methan verwendet man am meisten katalytische Diffusionssensoren. Ihr Grundprinzip beruht auf dem Nutzen einer katalytischen Verbrennung an der Oberfläche eines beheizten Drahtes, damit das Gas erkannt werden kann. Infrarot-Gassensoren erfassen die Gase wie Kohlendioxid oder Kohlenwasserstoffe, die die Infrarotstrahlung aufnehmen. Erwähnenswert sind auch Halbleiter-Gassensoren, die zur Detektion von giftigen und brennbaren Gasen aber auch zur Luftqualitätskontrolle dienen. Dazu nutzen sie Halbleitermaterialien, deren Leitfähigkeit im Kontakt zu verschiedenen Gasen geändert wird.
- Können die Gasmelder beliebig platziert werden?
- Das kommt auf das zu erkennende Gas. Und so z.B. sollen Gasmelder für Butan und Propan unten und diese für Methan- oder Erdgas eher oben im Raum angebracht werden.
- Außer von Ihnen erwähnten stationären Gasetektoren gibt es auch tragbare Gasmelder.
- Jawohl. Sie können überall mitgenommen werden und immer dann eingesetzt werden, wenn es nötig ist.
- Unsere Zeit ist leider um. Ich hoffe, dass Sie bei uns zu Gast auch nächsten Monat sein werden. Auf Wiederhören!
- Auf Wiederhören!

Rys. Tomasz Bielewski



## Systemy detekcji gazów

- Dzień dobry, drodzy słuchacze! Dzień dobry, panie Deka! Zgodnie z państwa życzeniem porozmawiamy dzisiaj o systemach detekcji gazów, które pozwalają nam czuć się bezpiecznie nie tylko w naszych własnych czterech ścianach, ale wszędzie tam, gdzie istnieje potencjalne ryzyko wycieku gazu, a co za tym idzie, nierzadko eksplozji. Panie Deka, gdzie stosuje się tego rodzaju systemy i dlaczego jest to takie ważne?
- Witam państwa! Dzień dobry, panie redaktorze! Musimy przede wszystkim pamiętać, że gazy to bardzo podstępne substancje. W większości przypadków są bezwonne i niewidoczne dla oka, przez co mogą łatwo doprowadzić do zatrucia lub nawet śmierci. Do najważniejszych obszarów zastosowania systemów detekcji gazów należą m.in.: przemysł petrochemiczny i farmaceutyczny, hale produkcyjne, lakiernie, szpitale, uniwersytety, laboratoria badawcze, kopalnie, tunele podziemne, domy mieszkalne oraz garaże. Warto tutaj wspomnieć, że systemy detekcji gazów nie tylko ostrzegają nas przed obecnością zagrażających życiu substancji. To również urządzenia, które na bieżąco monitorują jakość powietrza w pomieszczeniach.
- Panie Deka, z jakich elementów składa się system detekcji gazów?
- Tworzą go przede wszystkim czujki gazu, centrala sterująca, optyczno-akustyczne urządzenia sygnalizacyjne i wykonawcze, okablowanie oraz zasilanie awaryjne. Głównym elementem detektora jest czujnik gazu, który monitoruje jego stężenie, temperaturę oraz wilgotność powietrza. Centrala jest odpowiedzialna za przetwarzanie sygnałów płynących z sensorów, porównywanie ich z wartościami granicznymi i w razie potrzeby aktywowanie alarmu. Sygnalizatory optyczno-akustyczne w postaci lampek ostrzegawczych, syren, wyświetlaczy oraz komunikatów ostrzegawczych informują o zagrożeniu. Natomiast urządzenia wykonawcze, ste-

rowane przez centralę, mogą np. automatycznie zamknąć zawór odcinający gaz lub włączyć wentylację.

- Panie Deka, o ile mi wiadomo, typ zastosowanego czujnika zależy bezpośrednio od rodzaju mierzonego gazu lub wymagane go poziomu dokładności detekcji.
- Tak, to prawda. Najczęściej stosowanymi sensorami do rozpoznawania gazów toksycznych, takich jak dwutlenek węgla, siarkowodór, tlenek azotu czy tlen, są czujniki elektrochemiczne. Składają się one z elektrody roboczej, przeciwelektrody oraz warstwy elektrolitu. Do wykrywania gazów palnych, takich jak butan, propan i metan, najczęściej używa się katalitycznych sensorów dyfuzyjnych. Ich zasada działania opiera się na wykorzystaniu spalania katalitycznego na powierzchni podgrzewanego drutu. Sensory działające w podczerwieni wykrywają gazy, takie jak dwutlenek węgla i węglowodory, które pochłaniają promieniowanie podczerwone. Warto wspomnieć również o sensorach półprzewodniko-

wych, służących do detekcji gazów toksycznych i palnych, ale także do kontroli jakości powietrza. Wykorzystują one materiały półprzewodnikowe, których zdolność przewodzenia zmienia się w kontakcie z różnymi gazami.

- Czy czujki gazu mogą być dowolnie umiejscowione?
- To zależy od rodzaju rozpoznawanego gazu. I tak na przykład detektory wykrywające butan i propan powinny być montowane nisko, a te rejestrujące metan lub gaz ziemny – raczej wysoko.
- Oprócz wspomnianych przez pana stacjonarnych detektorów gazów istnieją również przenośne.
- Tak jest. Można je wszędzie ze sobą zabrać i użyć zawsze wtedy, gdy jest to konieczne.
- Nasz czas niestety dobiegł końca. Mam nadzieję, że będą państwo gośćmi naszej audycji również w przyszłym miesiącu. Do usłyszenia!
- Do usłyszenia!

Przygotowała **Agnieszka Czech**

## Słowniczek Vokabeln

**Gasdetektionssystem n** – system detekcji gazów

**Gasleck n** – wyciek, nieszczelność

**Gasexplosion f** – eksplozja gazu

**heimtückisch** – podstępny

**geruchlos** – bezwonny

**lebensbedrohlich** – zagrażający życiu

**Gasmelder m** – czujka gazu

**Signalzentrale f** – centrala sterująca

**Signaleinrichtung f** – urządzenia sygnalizacyjne

**Ausführungsgerät n** – urządzenie wykonawcze

**Notstromversorgung f** – zasilanie awaryjne

**Gasdetektor m** – detektor gazu

**Gassensor m** – czujnik gazu

**Gaskonzentration f** – stężenie gazu

**Luftfeuchtigkeit f** – wilgotność powietrza

**Grenzwert m** – wartość graniczna

**Warnlampe f** – lampka ostrzegawcza

**Gasabsperrventil n** – zawór odcinający

**Kohlendioxid n** – dwutlenek węgla

**Schwefelwasserstoff m** – siarkowodór

**Stickstoffoxid n** – tlenek azotu

**elektrochemisch** – elektrochemiczny

**Arbeitselektrode f** – elektroda robocza

**Gegenelektrode f** – przeciwelektroda

**Elektrolytschicht f** – warstwa elektrolitu

**Butan n** – butan

**Propan n** – propan

**Methan n** – metan

**katalytisch** – katalityczny

**Diffusionsensor m** – sensor dyfuzyjny

**Infrarot-Gassensor m** – sensor działający w podczerwieni

**Kohlenwasserstoff m** – węglowodór

**Halbleiter-Gassensor m** – czujnik półprzewodnikowy

**Halbleitermaterial n** – materiał półprzewodnikowy

**Leitfähigkeit f** – zdolność przewodzenia

**stationär** – stacjonarny

**tragbar** – przenośny

## Użyteczne zwroty Nützliche Ausdrücke

**sich sicher in eigenen vier Wänden**

**fühlen pl** – czuć się pewnie we własnych czterech ścianach

**und damit** – a co za tym idzie

**Alarm auslösen m** – aktywować alarm

**mit dem Auge nicht zu erkennen n** – niewidoczne dla oka

### DWORZEC W TRZEMESZNI PRZESZŁŁ METAMORFOZĘ

Dworzec w Trzemesznie pochodzi z 1872 r. i jest pod ochroną konserwatorską. W ramach modernizacji renowację przeszła ceglana elewacja wraz z detalami architektonicznymi, a na wzór historycznej odtworzona została stolarka okienna i drzwiowa. Przeprowadzono także prace mające na celu wzmocnienie fundamentów budynku, budowę szybu windowego, wymianę stropów, konstrukcji zadaszenia oraz poszycia dachowego. Koszt przebudowy to 12,1 mln zł brutto.

Źródło: PKP S.A.

Fot. PKP S.A.



### WE FRANCJI POWSTANIE GIGAFABRYKA FOTOWOLTAIKI

Francuska firma HoloSolis wybuduje ogromną fabrykę paneli fotowoltaicznych. Jest to flagowa inicjatywa w ramach unijnego programu rozwoju ekologicznego systemu produkcji. Zakład został zaprojektowany z myślą o produkcji ok. 10 mln modułów fotowoltaicznych rocznie, o łącznej mocy 5 GW, co pozwoli na zaspokojenie potrzeb w zakresie czystej energii prawie miliona gospodarstw domowych. HoloSolis podpisał z Trinasolar umowę licencyjną, na mocy której uzyska prawo do wykorzystania technologii ogniw słonecznych TOPCon. Zakład ma zostać otwarty w 2027 r.

Źródło: Trinasolar

Fot. Adam Sadlak – stock.adobe.com

### ŚWIDNIK ARENA W BUDOWIE

Trwa realizacja Multifunkcyjnego Centrum Świdnik Arena, które będzie łączyć w sobie funkcje edukacyjne, sportowe, kulturalne i społeczne. Nowoczesna hala widowiskowo-sportowa to największa inwestycja w historii Świdnika, a zarazem kluczowy obiekt użyteczności publicznej, który osiągnie powierzchnię użytkową ok. 7000 m<sup>2</sup>. Na widowni przewidziano miejsca dla ponad 2000 osób. Generalnym wykonawcą inwestycji jest Dekpol Budownictwo. Rozpoczęcie użytkowania obiektu nastąpi w drugiej połowie 2026 r.

Źródło: Dekpol Budownictwo



### CENTRALNY SYSTEM INFORMACJI RYNKU ENERGII

Centralny System Informacji Rynku Energii – projekt prowadzony przez Polskie Sieci Elektroenergetyczne – ma zmodernizować krajowy rynek energii. Procesy wymiany informacji zostaną w pełni zdigitalizowane, komunikacja będzie jednolita, a dane o zużyciu energii łatwiej dostępne i bardziej precyzyjne. Od 1 lipca 2025 r., wraz z uruchomieniem CSIRE, zaczęły z niego korzystać pierwsze podmioty, m.in. E.ON Polska. Zakończenie wdrożenia CSIRE zaplanowano na 19 października 2026 r., kiedy ma on objąć wszystkich uczestników rynku energii.

Źródło: E.ON Polska S.A.

**ZMODERNIZOWANA LINIA KOLEJOWA ŁĘBORK–SŁUPSK OTWARTA**

Firma Intercor zakończyła część prac związanych z przebudową odcinka linii kolejowej 202 pomiędzy Łęborkiem a Słupskiem. Gotowe są już m.in. perony w Pogorzelicach i Jezierzycach Słupskich. Zakres robót obejmuje budowę dwóch torów na długości ok. 47,5 km, wymianę nawierzchni torowej i podtorza, przebudowę 71 obiektów inżynierskich, a także modernizację peronów i infrastruktury pasażerskiej. Powstaną jeszcze trzy nowe przystanki: w Runowie, Siemianicach i Łebieniu. Zakończenie prac planowane jest na czerwiec 2027 r.

Źródło: Przedsiębiorstwo Usług Technicznych Intercor Sp. z o.o.

[WWW](#)**SOHO HUB – OSTATNI ETAP MULTIFUNKCYJNEGO PROJEKTU**

Kompleks SOHO by Yareal na warszawskim Kamionku, zaprojektowany zgodnie z ideą 15-minutowego miasta, wkracza w ostatni, V etap budowy. SOHO HUB obejmie realizację zarówno nowych budynków, jak i renowację zabudowań historycznych oraz gruntowną rewitalizację zabytkowego obiektu. W efekcie prac zaplanowanych na lata 2026–2028 powstanie ponad 5000 m<sup>2</sup> nowoczesnych przestrzeni biurowych, ok. 2500 m<sup>2</sup> funkcjonalnych powierzchni handlowo-usługowych oraz część PRS.

Źródło: YAREAL Polska

[WWW](#)**GOTOWY KOLEJNY ODCINEK OBWODNICY METROPOLII TRÓJMIEJSKIEJ**

Oddano do ruchu ok. 16-kilometrowy fragment S7 Obwodnicy Metropolii Trójmiejskiej od Żukowa do węzła Gdańsk Południe. Tym samym kierowcy korzystają już z całej 32-kilometrowej OMT aż do węzła Chwaszczyno i połączenia z S6 Trasą Kaszubską. W ramach inwestycji powstały trzy węzły drogowe: przebudowany Gdańsk Południe, Lublewo Gdańskie oraz Żukowo. Na całej trasie znajduje się łącznie pięć estakad, 23 wiadukty, dwa mosty i 10 przejść dla zwierząt. Kontrakt o wartości ponad miliarda złotych zrealizowała Grupa Mirbud.

Źródło: GDDKiA

[WWW](#)**MILIARD ZŁOTYCH NA PROJEKTY INFRASTRUKTURALNE W GOSPODARCE WODNEJ**

W 2026 r. Wody Polskie przeznaczą na inwestycje ponad 1 mld zł. Tak duża skala przedsięwzięć będzie możliwa dzięki pozyskaniu ok. 750 mln zł z funduszy Unii Europejskiej w ramach programu FEniKS. Środki te mają sfinansować m.in. realizację pięciu kluczowych inwestycji przeciwpowodziowych: budowę zbiornika Rzymówka koło Legnicy, modernizację obwałowań w mieście Tychy i powiecie bieruńsko-lędzińskim, kompleksową odbudowę rzek Miedzianka i Witka, rozbudowę wału rzeki San w powiecie stalowowolskim oraz II etap przebudowy polderu Żelazna w Opolu.

Źródło: Wody Polskie  
Fot. Michał Nowakowski – stock.adobe.com

Na podstawie materiałów prasowych opracowała **Magdalena Bednarczyk**



## Energetyka wiatrowa w Polsce od A do Z

**P**olska przechodzi obecnie dynamiczną transformację energetyczną, odchodzimy od dominacji węgla na rzecz bardziej zróżnicowanego miks, zgodnie z unijnymi trendami. Jeszcze kilka lat temu ponad 70% prądu pochodziło z węgla, lecz w 2024 r. udział odnawialnych źródeł energii (OZE) osiągnął rekordowe 30%, podczas gdy węgiel spadł do ok. 60%. Pozostałe źródła to ok. 10%, w tym głównie gaz (ok. 8%). To znaczący krok w kierunku większego bezpieczeństwa energetycznego kraju poprzez zmniejszenie zależności od importowanych paliw. Co istotne, same elektrownie wiatrowe dostarczyły w 2024 r. ok. 25 TWh energii (niemal 15% krajowego zapotrzebowania) przy mocy zainstalowanej przekraczającej 10 GW – mówi prof. Michał Wójcik, dyrektor Centrum Morskiej Energetyki Wiatrowej Politechniki Gdańskiej.

Rządowe prognozy zakładają dalsze zwiększanie zielonej energii. Według zaktualizowanego Krajowego Planu na rzecz Energii i Klimatu cel na 2030 r. to 56% energii elektrycznej z OZE. W praktyce oznacza to gwałtowny rozwój fotowoltaiki oraz farm wiatrowych na lądzie i morzu. (...)

Zdaniem prof. Wójcika nie wystarczy postawić nowe turbiny i panele. W całym procesie kluczowe są unowocześnienie sieci przesyłowych i rozwój magazynów energii, by radzić sobie z niestabilnością źródeł odnawialnych. W ocenie naukowca bez tego trudno będzie utrzymać płynność i niezawodność dostaw prądu przy wysokim udziale wiatru oraz słońca.

Więcej w artykule w „Pomorskim Inżynierze” nr 3/2025.

Fot. materiały prasowe Baltic Power



## Pozwolenie na odstąpienie

**O**dstępstwo z art. 9 Prawa budowlanego bywa w praktyce mylone z „furtką na skróty”. To nieporozumienie. Konstrukcja normatywna tej instytucji nie znosi wymagań techniczno-budowlanych, lecz umożliwia ich równoważną realizację inną drogą – bez uszczerbku dla bezpieczeństwa, zdrowia, użytkowania oraz w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych i użyteczności publicznej – bez ograniczenia dostępności.

Rdzeń przepisu (art. 9 ust. 1) operuje dwoma kluczowymi pojęciami: „przypadek szczególnie uzasadniony” oraz „warunki zamienne”. Te pierwsze muszą wynikać z obiektywnych uwarunkowań inwestycji, te drugie – kompensować odejście od literalnego brzmienia warunków technicznych w sposób mierzalny i weryfikowalny.

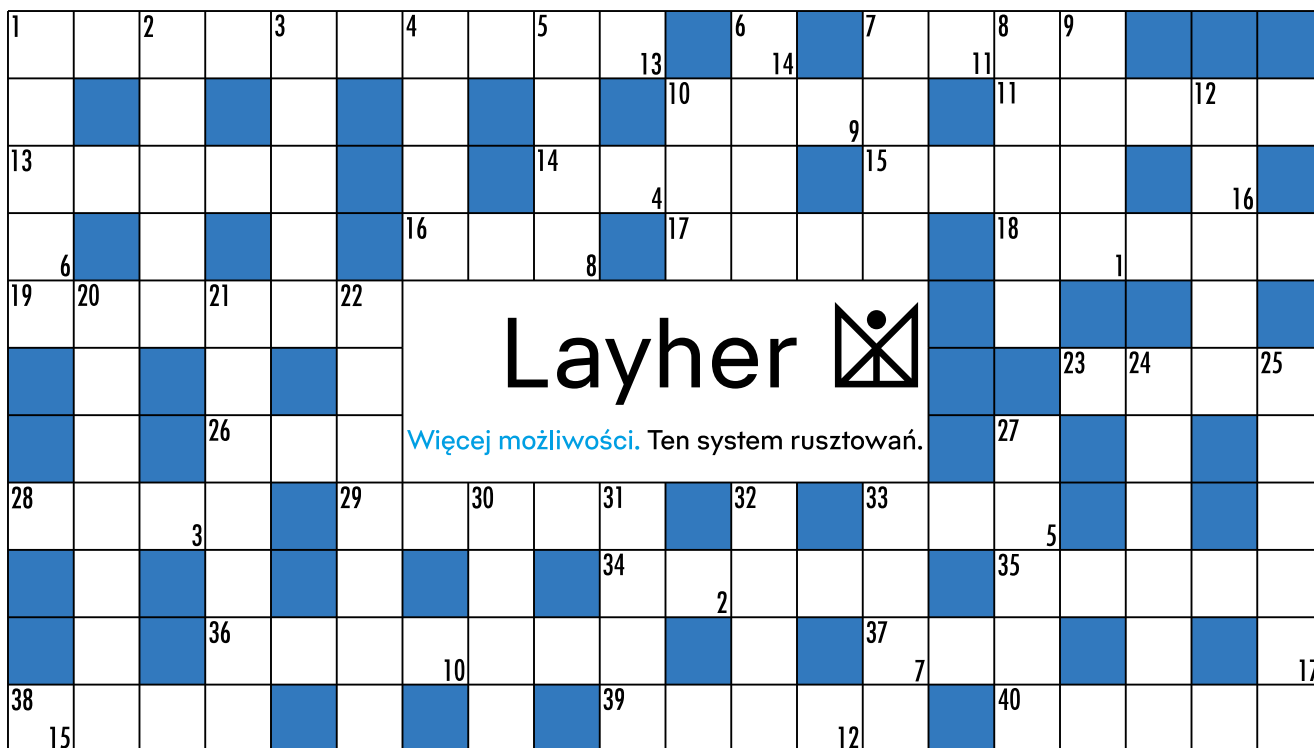
Mechanika postępowania jest trójstopniowa: 1) inwestor inicjuje wniosek w sprawie odstępstwa w toku sprawy o pozwolenie na budowę (PnB) (lub jego zmianę), 2) organ administracji architektoniczno-budowlanej (A-B) występuje do właściwego ministra o upoważnienie, 3) po jego uzyskaniu organ A-B wydaje postanowienie o udzieleniu albo odmowie zgody. (...)

Odstępstwo nie obniża poprzeczki – zmienia punkt jej podstawienia. Jeżeli przeszkoda wynika z geometrii działki, układu kwartału, ochrony konserwatorskiej czy skrzyżowania wymogów WT, a zaproponowane warunki zamienne dowodnie utrzymują bezpieczeństwo, higienę, użytkowanie i dostępność oraz nie naruszają praw osób trzecich, art. 9 jest narzędziem uczciwym: wymagającym, ale sprawiedliwym.

Więcej w artykule Pawła R. Rojczyka w „Inżynierze Warmii i Mazur” nr 2/2025.

Fot. © Mike Stock – stock.adobe.com

Opracowała Magdalena Bednarczyk



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

12	13	14	15	16	17
----	----	----	----	----	----

**Poziomo:**

**1** obrabiarka do wygładzania (szlifowania) powierzchni wykonanych z materiałów drzewnych, mineralnych lub szpachlowanych; **7** część budynku sakralnego zawarta między dwiema przeciwległymi, pionowymi przegrodami budowlanymi; **10** ... ryczałtowa jest obliczana w kosztorysie częściowym, a następnie uzgadniana pomiędzy inwestorem a wykonawcą; **11** uchwyt ślusarski, inaczej imadło; **13** pręty używane w piecach jako część paleniska; **14** odwzorowanie na płaszczyźnie rysunku w umownej skali danego obiektu, budowli; **15** otwór w ścianie domu; **16** pokochała Kalego; **17** minerał szeroko stosowany w przemyśle budowlanym jako materiał wiążący w postaci miałkiego proszku; **18** asfaltowa, brukowana lub ewakuacyjna; **19** malowidło na tynku, płótnie lub dekoracja stiukowa zajmujące centralną część sufitu lub sklepienia; **23** trujący gaz (tlenek węgla) powstający na skutek spalania węgla przy niedostatecznym dopływie powietrza; **26** miejsce przy stykających się ścianach; **28** próba, której się poddaje urządzenie lub produkt w celu sprawdzenia jego składu, właściwości i działania; **29** kontrola przedsiębiorstwa pod względem finansowym i organizacyjnym, także ocena istniejącego stanu użytkowania energii w obiekcie; **33** stop do lutownia; **34** stan zniszczenia budynku; **35** w miastach starożytnej Grecji główny plac otoczony rozproszoną zabudową; **36** obiekt kosmiczny; **37** nasy

ziemny, wzmacniany często drewnianymi elementami konstrukcyjnymi: hakami, izbicami lub palami na przekładkę; **38** budynek jednoprzestrzenny o wysokim i bardzo rozległym wnętrzu; **39** określenie stosunku zmniejszenia lub zwiększenia mapy, rysunku, modelu w porównaniu do rozmiarów rzeczywistych obiektu; **40** Indianin

**Pionowo:**

**1** przekrycie płaskie dzielące budynek na kondygnacje; **2** element konstrukcyjny, nakładka; **3** wyrób kuźniczy; **4** dom pustelnika; **5** podpora architektoniczna w kształcie postaci kobiecej; kariatyda; **6** himalajski człowiek śniegu; **7** główne pomieszczenie starożytnej świątyni greckiej; **8** służy do przewożenia w budynku osób na wyższy poziom; **9** rzymski bóg miłości; **10** ciąg powietrza w piecach, przewodach kominowych; **12** dziurawka albo szamotowa; **20** poziomnica murarska; **21** wykończenie zewnętrznej powierzchni ściany (dłutowane, krzesane, prążkowane itd.); **22** maszyna do nitowania; nitownica; **24** ... w tynkach to wklęsłe wykrąglenie naroża między ścianą a sufitem albo gzymsem lub między dwiema sąsiednimi ścianami, inaczej faseta; **25** zajmuje się kryciem i naprawianiem dachów; **27** wielkość o niezmienniej wartości występująca we wzorach fizycznych; **30** rurka do osuszania budynków, pól; **31** dodatek hydrauliczny do cementu; **32** ... stalowa jest używana przy pracach montażowych, transportowych; **33** wydobywa się z wulkanu

Litery w polach z dodatkową numeracją (w prawej dolnej części) uszeregowane w kolejności utworzą rozwiązanie krzyżówki.

Trzy pierwsze osoby, które prześlą prawidłowe rozwiązanie, otrzymają gadzety. Rozwiązania prosimy przysyłać (razem z imieniem i nazwiskiem oraz adresem, na który wyślemy nagrodę) na e-mail: [ib@wpiib.pl](mailto:ib@wpiib.pl) lub na adres wydawnictwa.

**Rozwiązanie krzyżówki z nr. 1/26: ODWODNIENIE LINIOWE.**

**Laureatami są: Krzysztof Maziakowski, Wojciech Szybowicz, Andrzej Osiak. Gratulujemy!**

Regulamin konkursów dostępny na [www.inzynierbudownictwa.pl/regulamin-konkursow/](http://www.inzynierbudownictwa.pl/regulamin-konkursow/).

100% TECHNOLOGIA  
100% JAKOŚĆ  
100% DESIGN

## Listwy wykończeniowe do okładzin z wełny mineralnej i ze styropianu.



**BP30 S**

LISTWY PVC STARTOWE REGULOWANE  
OKAPNIKOWE Z SIATKĄ



**BP13 MIDI 9/3**

LISTWA PRZYKLEJNA PVC DYLACYJNA  
Z SIATKĄ I Z USZCZELKĄ  
9mm (szerokość listwy) / 3mm (szerokość korytka)



**BP23 S**

KĄTOWNIK PVC Z GRZBIETEM 4mm, Z SIATKĄ

Przykładowe produkty

