

INŻYNIER BUDOWNICTWA

NUMER 3/2026

PL ISSN 1732-3428

Cena 25,00 (w tym 8% VAT)

**Magazyny energii
w prosumenckich
instalacjach PV**

Od ceny do architektury kontraktu

**STACJE BAZOWE TELEFONII
KOMÓRKOWEJ A ZMIANY W PRAWIE**

CRYSTARID®

CRYSTARID®
INIEKCJA KRYSTALICZNA®

Autorski Park Technologiczny
mgr inż. Maciej NAWROT
Jarosław NAWROT

📍 05-082 Blizne Łaszczyńskiego
ul. Warszawska 28

☎ 601 32 82 33, 601 33 57 56

✉ info@i-k.pl

www.i-k.pl



INIEKCJA KRYSTALICZNA®

**HYDROIZOLACJA PRZECIWWILGOCIOWA
POZIOMA I PIONOWA**

- Ponad 30 lat doświadczenia
- Niezawodna i trwała ochrona przed wilgocią
- Stosowana w zawilgoconych przegrodach budowlanych
- Blokada wilgoci przez samoorganizację kryształów
- Izolacja jest tym skuteczniejsza, im bardziej zawilgocony jest mur
- Certyfikowane preparaty iniekcyjne produkowane w kraju

DELABIE

PISUAR INOX idealny ekoduet



PISUAR, NIEODZOWNY ELEMENT ZRÓWNOWAŻONEJ PRZESTRZENI SANITARNEJ!

Łatwy do zamontowania pisuar zużywa aż 7 razy mniej wody niż WC, a zajmuje 2 razy mniej miejsca. Choć trendy się zmieniają, pisuar wciąż potrafi zaskoczyć: tym razem, stawia na zrównoważony rozwój! Łącząc armaturę elektroniczną TEMPOMATIC 4 z pisuarem FINO ze stali nierdzewnej stawiasz na:

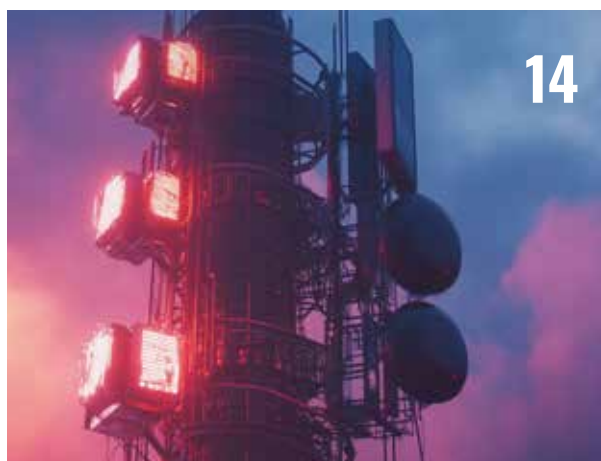
- **Elegancki i ponadczasowy design**
- **Instalację oszczędzającą wodę**
- **Wytrzymałość i możliwość recyklingu stali nierdzewnej**

Firma DELABIE, ekspert w branży **Armatury i urządzeń sanitarnych do budynków użyteczności publicznej**, projektując designerskie gamy zrównoważonych produktów o wysokiej wydajności, wpisuje się w trend oszczędności wody i energii.

Więcej informacji na delabie.pl

30 LAT
GWARANCJI

50 LAT
DOSTĘPNE CZĘŚCI



Fot. © Sawyer0 – stock.adobe.com

14

PRAWO

- 10 Zbieg geotechniki i geologii inżynierskiej w świetle prawa
Ewelina Anna Kostka
- 14 Stacje bazowe telefonii komórkowej a zmiany w prawie
Jan Widacki
- 16 Solidarna odpowiedzialność inwestora wobec podwykonawcy robót budowlanych? Zmiana stanu prawnego od 4 grudnia 2025 r.
Katarzyna Sabynicz

22 INŻYNIER PYTA – PRAWNIK ODPOWIADA**24 NORMALIZACJA I NORMY****ARTYKUŁY NAUKOWE**

- 48 Magazyny energii w prosumenckich instalacjach fotowoltaicznych
Energy storage in prosumer photovoltaic installations
Andrzej Tomczewski, Dariusz Kurz
- 62 Ocena mostków termicznych w aspekcie ciepno-wilgotnościowym – studium przypadku
Assessment of thermal bridges in terms of heat and humidity – a case study
Krzysztof Pawłowski

TECHNOLOGIE

- 32 Oświetlenie drogowe. Zmiany eksploatacyjne parametrów fotometrycznych i dobór współczynnika utrzymania
Małgorzata Zalesińska
- 39 Nowa technologia układów klimatyzacji. Wykorzystanie ciepła systemowego do napędu układów chłodniczych – cz. I
Dariusz Butrymowicz, Kamil Śmierciew, Jerzy Gagan, Krzysztof Nazimek
- 76 Integracja BIM i GIS – wyzwania i ograniczenia
Gabriela Buniewicz, Andrzej Szymon Borkowski
- 82 Tradycja w zasilaniu polskich trakcyjnych systemów tramwajowych
Józef Dąbrowski

BIZNES

- 70 Od ceny do architektury kontraktu – cz. I
Krzysztof Kaczorek

MOJE NAJWIĘKSZE WYZWANIE

- 80 Pierwsza w Polsce fabryka leków „highly potent” – perspektywa inżyniera
Robert Chabros

14

Stacje bazowe telefonii komórkowej a zmiany w prawie

48

Magazyny energii w prosumenckich instalacjach fotowoltaicznych

70

Od ceny do architektury kontraktu

WYWIAD

- 26 1400 kilometrów w budowie. Drogowa ofensywa 2026
Z Dariuszem Klimczakiem rozmawia Anna Dębińska
- 58 Stabilny rozwój zamiast spektakularnych skoków
Z Krzysztofem Pruszyńskim rozmawia Anna Dębińska

ZDROWY INŻYNIER

- 31 Inwestycja w zdrowie na cały rok
Artykuł sponsorowany
- 47 Prywatne leczenie w szpitalach?
To możliwe z Ubezpieczeniem Szpitalnym LUX MED – Pełna Opieka!
Artykuł sponsorowany

BEZPIECZNY INŻYNIER

- 68 Cyberhigiena jako fundament bezpieczeństwa w erze cyfrowej – cz. II
Waldemar Szymański

KREATOR BUDOWNICTWA ROKU 2025

- 60 Jakie wyzwania stoją przed budownictwem w 2026 roku?

INŻYNIER BEZ GRANIC

- 90 Air Conditioning in a Single-Family Home
Magdalena Marcinkowska
- 92 Der Straßenbau
Agnieszka Czech

WYDARZENIA

- 20 Forum Kobiet dla przyszłych inżynierek
- 29 Konferencja MPPZ 2025 – infrastruktura transportowa wobec wyzwań klimatycznych
Adam Wysokowski
- 75 Konkurs „Dźwigar w Dechę” 2026
- 75 IV konferencja BIM Meetup Polska

NA CZASIE

SAMORZĄD ZAWODOWY

- 89 Przyszłość polskiego budownictwa – Międzynarodowe Targi Budownictwa i Architektury BUDMA 2026
Kacper Kordalski

W BIULETYNACH IZBOWYCH

KRZYŻÓWKA



Fot. Ministerstwo Infrastruktury

26 1400 kilometrów w budowie. Drogowa ofensywa 2026 Rozmowa z ministrem infrastruktury Dariuszem Klimczakiem



Fot. © Andrii Zastrozhnov
– stock.adobe.com

W następnym numerze

ŚLAD WĘGLOWY
W BUDOWNICTWIE

OCHRONA
PRZECIWOŻAROWA
BUDYNKÓW

TERMOMODERNIZACJE



W tym wydaniu...

Przyglądamy się wyzwaniom, które w codziennej praktyce inżynierskiej wynikają zarówno z procedur administracyjnych, jak i z nowych regulacji prawnych wpływających na procesy inwestycyjne.

Rozpoczynamy od zagadnień geologii inżynierskiej i geotechniki, zwracając uwagę m.in. na obowiązki dokumentacyjne, wymogi prawne oraz sankcje za naruszenie przepisów. Analizujemy również zmiany w prawie cywilnym, które od 4.12.2025 r. wprowadzają solidarną odpowiedzialność inwestora i wykonawcy wobec podwykonawców.

W numerze prezentujemy także artykuły naukowe i techniczne, m.in. dotyczące magazynów energii w prosumenckich instalacjach fotowoltaicznych, analiz mostków termicznych, nowoczesnych systemów klimatyzacji wykorzystujących ciepło systemowe oraz integracji BIM i GIS w planowaniu przestrzennym. Każdy z tych tematów pokazuje, że transformacja energetyczna i cyfryzacja nie są już perspektywą przyszłości, lecz codziennością projektową.

Podejmujemy również temat konstrukcji kontraktów w projektach infrastrukturalnych, wskazując, że sprowadzanie wyboru nadzoru inwestorskiego do kryterium ceny prowadzi do problemów z jakością i stabilnością zespołów.

Dodatkowo publikujemy wywiad z Dariuszem Klimczakiem, ministrem infrastruktury, w którym porusza on m.in. tematy najważniejszych inwestycji drogowych i wyzwań kadrowych w sektorze infrastruktury oraz perspektyw rozwoju.

Oddając w Państwa ręce to wydanie, zachęcam do refleksji nad tym, jak łączyć kompetencje techniczne z odpowiedzialnością prawną, organizacyjną i cyfrową.

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

inzynierbudownictwa.pl

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:
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 Zwoździał
Członkowie Rady Programowej:
Anna Malinowska
Jarosław Kukliński
Tomasz Radziewski



Nakład drukowany: 5400 egz. Sprzedaż promocyjna e-wydania: 117 702 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 3.04.2026 roku.

Dla inżynierów,
którzy projektują z wyprzedzeniem.



REKLAMA



Sprawdź nasze biblioteki BIM na
kontakt-simon.com.pl/BIM

Dzięki bibliotekom BIM Kontakt-Simon
możesz łatwo integrować
nasze produkty w modelach 3D –
szybko, precyzyjnie, bez błędów.
Oszczędzasz czas, eliminujesz pomyłki,
tworzysz spójne projekty instalacji.



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



Obserwuj nas



Subskrybuj



Spotify

Drogie Koleżanki i Drodzy Koledzy!

Rok 2025 miał być dla branży budowlanej w Polsce początkiem stabilizacji po latach turbulencji. Choć dane o produkcji budowlano-montażowej dawały nadzieję, a część segmentów rynku zaczęła wychodzić z marazmu, rzeczywistość okazała się znacznie bardziej wymagająca. Dzisiejszy obraz sektora to nie chwilowe wahnięcie koniunktury – to sygnał ostrzegawczy, którego nie wolno ignorować.

Narastające zatory płatnicze, wielomiliardowe, przeterminowane zobowiązania i coraz częstsze restrukturyzacje firm pokazują, że granica wytrzymałości została osiągnięta. Wydłużone terminy rozliczeń przekładają się na presję na kapitał obrotowy, a presja ta – na decyzje operacyjne. W praktyce nawet kontrakty nominalnie rentowne stają się pułapką, jeśli finansowanie inwestycji rozmija się z rzeczywistym cyklem kosztowym wykonawcy.

Początek 2026 r. dodatkowo obnażył kruchość systemu. Nietypowe, trudne warunki atmosferyczne ograniczyły front robót, zaburzyły harmonogramy i podniosły koszty zabezpieczeń technologicznych. Wiele firm weszło w nowy rok z ograniczonym portfelem zamówień, a dziś potrzebują one jednego – jak tlenu: **realnych, dobrze przygotowanych inwestycji z jasnymi zasadami finansowania i terminową płatnością.**

Istnieje jednak jeszcze jeden problem – strukturalny i znacznie groźniejszy. Od lat obserwujemy patologiczne zjawisko wygrywania przetargów wyłącznie ceną. Redukowanie skomplikowanego procesu inwestycyjnego do najniższej oferty jest strategicznym błędem. Budownictwo to nie towar z półki magazynowej. To kompetencje, odpowiedzialność i doświadczenie inżyniera budownictwa. Jeśli w postępowaniach



Fot. Tomasz Wróblewski

publicznych premiuje dumping cenowy zamiast jakości, kompetencji kadry i realnego zaplecza technicznego, to sami podcinamy gałąź, na której siedzi cała gospodarka.

Najniższa cena nie buduje mostów na dekady. Nie gwarantuje bezpieczeństwa konstrukcji. Nie zapewnia odporności infrastruktury krytycznej. Silną pozycję sektora buduje wiedza, doświadczenie i profesjonalizm inżynierów. To oni są fundamentem procesu inwestycyjnego, a fundamentów nie wybiera się według rabatu.

Jeśli chcemy, aby 2026 r. był rzeczywiście początkiem odbudowy siły polskiego budownictwa, musimy zmienić myślenie. Potrzebujemy nowych zamówień, ale także mądrze skonstruowanych kryteriów wyboru wykonawców, mechanizmów gwarantujących płynność finansową i stabilność realizacyjną oraz odwagi decydentów, by jakoś postawić ponad krótkoterminową oszczędnością.

Branża budowlana jest jednym z filarów państwa. I jak każdy filar wymaga solidnego projektu, właściwego wykonania i odpowiedzialności za efekt końcowy. Dziś to odpowiedzialność, której nie możemy odkładać na później.

Mariusz Dobrzeński
prezes Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa



Zbieg geotechniki i geologii inżynierskiej w świetle prawa

Zarówno geologia inżynierska, jak i geotechnika dostarczają informacji o wzajemnym oddziaływaniu podłoża gruntowego oraz obiektu budowlanego. Zakres i rodzaj uzyskanych danych oraz kierunek badanych oddziaływań pozwalają odróżnić dokumentowanie geologiczno-inżynierskie od geotechnicznego.

Pojęcie **dokumentacji geologiczno-inżynierskiej** jest terminem ustawowym [1]. Prawo określa cele sporządzenia tej dokumentacji oraz przypadki, w których jest ona obowiązkowa. W dokumentacji tej określa się warunki geologiczno-inżynierskie na potrzeby:

- zagospodarowania przestrzennego,
- posadawiania obiektów budowlanych,
- składowania odpadów na powierzchni,

Ewelina Anna Kostka
advokat, Kancelaria Juris

- podziemnego bezzbiornikowego magazynowania substancji lub składowania odpadów,
- podziemnego składowania dwutlenku węgla.

Z kolei **dokumentacja geotechniczna** nie jest pojęciem ustawowym. Przyjmuje

się, że obejmuje ona następujące rodzaje dokumentów:

- opinię geotechniczną,
- dokumentację badań podłoża gruntowego,
- projekt geotechniczny.

Zgodnie z § 3 ust. 2 Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. [2] te trzy dokumenty przedstawiają geotechniczne warunki posadawiania budynków [3].

KATEGORIE GEOTECHNICZNE A OBOWIĄZKI DOKUMENTACYJNE

Zasadą jest sporządzanie opinii geotechnicznej dla obiektów ze wszystkich trzech kategorii geotechnicznych¹. W przypadku drugiej i trzeciej kategorii ustawodawca nałożył dodatkowy obowiązek udokumentowania badań podłoża gruntowego oraz przygotowania projektu geotechnicznego. Natomiast w odniesieniu do obiektów trzeciej kategorii oraz złożonych warunków gruntowych drugiej kategorii standardowa dokumentacja geotechniczna nie wystarczy i tu pojawia się wymóg sporządzenia dokumentacji geologiczno-inżynierskiej.

Analiza przepisów prowadzi więc do wniosku, że nie każda dokumentacja geologiczno-inżynierska służy wyłącznie posadawianiu obiektów i nie każde ustalenie warunków geotechnicznych jej wymaga.

Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (art. 34 ust. 3 pkt 3 lit. d [4]) wyraźnie rozróżnia pojęcia dokumentacji geologiczno-inżynierskiej i geotechnicznej, co jest istotne dla zakresu stosowania w geotechnice Ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze [5] (dalej: p.g.g.). Również w piśmiennictwie przyjmuje się funkcjonalne rozróżnienie między nimi.

Dokumentowanie geotechniczne polega na opisie środowiska geologiczno-inżynierskiego i rozpoznaniu strefy oddziaływań wyłącznie inżynierskich. Dotyczy ono zatem stwierdzonego lub przewidywanego wpływu działalności człowieka (obiektów i procesów) na środowisko geologiczne.

Z kolei **dokumentowanie geologiczno-inżynierskie** obejmuje szerszy zakres: rozpoznaje strefę oddziaływań zarówno inżynierskich, jak i geologicznych. Analizuje relację dwukierunkową: wpływ człowieka na podłoże oraz oddziaływanie środowi-

ska geologicznego na obiekty budowlane i procesy przez nie wywołane [1].

Podsumowując:

- jeśli badania skupiają się na tym, jak inwestycja wpłynie na środowisko – mówimy o **dokumentowaniu geotechnicznym**;
- jeśli analizę rozszerzymy o to, jak środowisko geologiczne wpływa (lub może wpłynąć) na bezpieczne posadowienie obiektów – mamy do czynienia z **dokumentowaniem geologiczno-inżynierskim**.

Ten podział, wynikający z rodzaju informacji pozyskiwanych w celu posadawiania obiektów budowlanych, nie oznacza, że przepisy p.g.g. regulują wyłącznie tzw. dokumentowanie geologiczno-inżynierskie. W przypadku dokumentowania stricte geotechnicznego o ich stosowaniu decyduje przede wszystkim sposób pozyskiwania danych (np. rodzaj wykonywanych robót geologicznych).

PROCEDURY I WYMOGI PRAWNE

Przepisy określają nie tylko cel sporządzenia i zawartość dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (por. art. 91 ust. 1 i 2 p.g.g. [5]), lecz także ogólne wymogi dotyczące jej części tekstowej i graficznej oraz szczegółową zawartość różnych rodzajów tej dokumentacji (§ 2–4, 19–26 Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej [6]).

geologicznych (czyli czynności wykonywanych poniżej powierzchni terenu, np. wierceń – por. art. 6 ust. 1 pkt 11 p.g.g. [5]), mogą być prowadzone wyłącznie na podstawie zatwierdzonego projektu robót geologicznych (art. 79 ust. 1 p.g.g. [5]).

Projekt robót geologicznych określa cel robót i sposób jego osiągnięcia, przestrzeń wykonywania robót, a także rodzaj dokumentacji geologicznej mającej powstać w ich wyniku (art. 79 ust. 2 p.g.g. [5]). Konkretnie wymagania dotyczące projektu robót geologicznych zostały określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji [7].

Zarówno projekt robót geologicznych, jak i dokumentacja geologiczno-inżynierska zawierająca wyniki prowadzonych na jego podstawie robót muszą zostać zatwierdzone przez organ administracji geologicznej. Procedura zatwierdzenia tych dokumentów została uregulowana w p.g.g. (odpowiednio: art. 80 i 93 p.g.g. [5]). Zmiany w projekcie robót geologicznych i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej wprowadza się w drodze zatwierdzenia dodatku do – odpowiednio – projektu robót geologicznych (art. 80a p.g.g. [5]) lub dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (art. 93 ust. 4 p.g.g. [5]).

Zasadą jest sporządzanie opinii geotechnicznej dla obiektów ze wszystkich trzech kategorii geotechnicznych.

Sporządzenie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej mieści się w definicji prac geologicznych (art. 6 ust. 1 pkt 8 p.g.g. [5]). Jeżeli prace te wymagają robót

Co istotne, organ administracji geologicznej może odmówić zatwierdzenia projektu lub dokumentacji. Odmowa zatwierdzenia projektu robót geologicznych

¹ Pierwsza kategoria geotechniczna obejmuje niewielkie, niepodpiwniczone obiekty o statycznie wyznaczalnym schemacie obliczeniowym, posadawiane w prostych warunkach gruntowych (np. 1- lub 2-kondygnacyjne budynki mieszkalne), gdzie wystarczą badania jakościowe i doświadczenie zawodowe. Druga kategoria geotechniczna obejmuje obiekty w prostych i złożonych warunkach wodno-gruntowych, wymagające ilościowej oceny danych (np. fundamenty płytowe i palowe, budynki do 10 kondygnacji, hale do 1 ha, sieci instalacyjne w wykopach do 1,20 m). Trzecia kategoria geotechniczna dotyczy dużych obiektów w skomplikowanych warunkach, obiektów nietypowych, infrastruktury krytycznej, zabytków oraz inwestycji mogących znacząco oddziaływać na środowisko [2].



Rys. Procedura dokumentowania podłoża

(lub dodatku do takiego projektu) następuje, gdy (art. 80 ust. 7 p.g.g. [5]):

- nie odpowiada on wymaganiom prawa;
- projektowane roboty naruszałaby wymagania ochrony środowiska;
- rodzaj i zakres tych robót oraz sposób wykonania nie odpowiada ich celowi;
- projektowane roboty geologiczne mogą zagrażać interesowi publicznemu związanemu zwłaszcza z bezpieczeństwem państwa, w tym energetycznym, lub interesem surowcowym państwa.

Odmowa zatwierdzenia dokumentacji geologicznej, w tym geologiczno-inżynierskiej, następuje w sytuacji, gdy nie odpowiada ona wymaganiom prawa albo powstała w wyniku działań niezgodnych z prawem (art. 93 ust. 3 p.g.g. [5]). Takim działaniem jest np. wykonywanie robót geologicznych bez zatwierdzonego projektu robót geologicznych (PRG).

DOKUMENTOWANIE GEOTECHNICZNE A PRAWO GEOLOGICZNE I GÓRNICZE

Jak wspomniano, prawo budowlane wprowadza wyraźny rozdział między dokumentacją geologiczno-inżynierską a ustalaniem geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych w formie

dokumentacji geotechnicznej sensu stricto (opinii geotechnicznej, dokumentacji badań podłoża gruntowego, projektu geotechnicznego). Mimo tego rozgraniczenia część danych geotechnicznych ze względu na sposób ich pozyskiwania (np. poprzez wiercenia) mieści się w katalogu danych geologiczno-inżynierskich.

Kwestię tę doprecyzowuje art. 3 pkt 7 p.g.g. [5], który wskazuje, że ustawy nie stosuje się do ustalania warunków geotechnicznych, o ile odbywa się to bez wykonywania robót geologicznych. Wnioskując a contrario: jeżeli ustalenie warunków wymaga wykonania wierceń, proces ten automatycznie podlega przepisom p.g.g. W takiej sytuacji nawet dla obiektów pierwszej kategorii geotechnicznej konieczne staje się sporządzenie projektu robót geologicznych.

Zależność tę potwierdzają przepisy § 6 ust. 2 Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych [8], według których zakres badań określa się na podstawie kategorii geotechnicznej obiektu. Nawet w przypadku pierwszej kategorii zakres ten może obejmować wier-

cenia, co w świetle p.g.g. jest jednoznaczne z wykonywaniem robót geologicznych. W konsekwencji realizacja takich prac, niezależnie od kategorii obiektu, musi zostać poprzedzona przygotowaniem projektu robót geologicznych, a zakończona sporządzeniem dokumentacji geologiczno-inżynierskiej lub tzw. innej dokumentacji geologicznej. Ta ostatnia nie wymaga zatwierdzenia w drodze decyzji, lecz wiąże się z ustawowym obowiązkiem zgłoszenia.

Dane geotechniczne pozyskane w procesie badawczym stanowią jednocześnie dane geologiczno-inżynierskie. Tym samym, zgodnie z przepisami p.g.g., są klasyfikowane jako tzw. informacja geologiczna.

Pojęcie **informacji geologicznej** obejmuje dane i próbki geologiczne wraz z wynikami ich przetworzenia i interpretacji – zwłaszcza te zawarte w dokumentacjach geologicznych oraz zapisane na informatycznych nośnikach danych (art. 6 ust. 1 pkt 2 p.g.g. [5]). W świetle obowiązujących przepisów prawo do informacji geologicznej przysługuje Skarbowi Państwa. Podmiot, który uzyskał ją na podstawie decyzji administracyjnych (np. zatwierdzającej projekt robót geologicznych), ma prawo do nieodpłatnego korzystania z tej informacji geologicznej (art. 99 ust. 1–2 p.g.g. [5]).

OBOWIĄZKI WYNIKAJĄCE Z PROWADZENIA ROBÓT GEOLOGICZNYCH

Wykonywanie wierceń w celu ustalenia geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych wiąże się z określonymi obowiązkami administracyjnymi. Do kluczowych wymogów należą (art. 81 ust. 1 i 2, ust. 3, art. 82 ust. 1 p.g.g. [5]):

- **Zgłoszenie zamiaru rozpoczęcia robót geologicznych.** Zgłoszenie należy przedłożyć w formie papierowej lub elektronicznej (opatrzonej kwalifikowanym podpisem elektronicznym, podpisem zaufanym lub osobistym). Adresatami dokumentu są: właściwy organ administracji geologicznej, wójt (burmistrz, prezydent miasta) oraz – w określonych przypadkach – organ nadzoru górniczego. Zgłoszenia należy dokonać najpóźniej na 14 dni

przed planowanym rozpoczęciem prac. Powinno ono zawierać terminy realizacji, rodzaj prac, podstawowe dane techniczne oraz dane osób sprawujących dozór i kierownictwo (wraz z numerami ich świadectw kwalifikacyjnych).

- **Zawiadomienie o poborze próbek.** Informację o planowanym poborze próbek należy przekazać właściwemu organowi administracji geologicznej w formie pisemnej (analogicznej jak zgłoszenie zamiaru rozpoczęcia robót geologicznych), z zachowaniem 14-dniowego wyprzedzenia.

- **Bieżące dokumentowanie prac.** Prowadzenie robót na podstawie zatwierzonego projektu wymaga systematycznego dokumentowania przebiegu i wyników prac.

SANKCJE ZA NARUSZENIE PRZEPISÓW

Niedopełnienie obowiązków ustawowych jest traktowane jako wykroczenie i podlega karze grzywny. Katalog sankcjonowanych czynów obejmuje:

- wykonywanie robót bez zatwierzonego projektu lub niezgodnie z jego warunkami (art. 179 pkt 1 p.g.g. [5]),

- brak zawiadomienia właściwych organów o zamiarze rozpoczęcia prac (art. 179 pkt 2 p.g.g. [5]),

- prowadzenie i dozorowanie prac lub kierowanie nimi przez osoby bez wymaganych kwalifikacji (art. 178 p.g.g. [5]).

Warto podkreślić, że informacja geologiczna pozyskana w sposób sprzeczny z prawem (np. z odwiertów wykonanych bez zatwierzonego projektu) nie może zostać zalegalizowana. Zawarcie takich danych w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej skutkuje **odmową jej zatwierdzenia**.

WNIOSKI I POSTULATY

Obecna procedura zatwierdzania projektu robót geologicznych dla odwiertów wykonywanych w celu ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych bywa postrzegana jako

bariera administracyjna, opóźniająca realizację projektu, co w praktyce prowadzi do jej omijania. Skutkuje to tym, że wykonywane odwierty nie zawsze są w odpowiedni sposób dokumentowane, a pozyskane informacje nie trafiają do Centralnego Archiwum Geologicznego prowadzonego przez PIG-PIB.

Konsekwencją tego stanu rzeczy jest luka informacyjna w zakresie środowiska geologiczno-inżynierskiego, która utrudnia szacowanie ryzyka inwestycyjnego oraz przyczynia się do braku precyzyjnych danych o wzajemnym oddziaływaniu podłoża gruntowego i obiektu.

Uproszczenie procedur dla obiektów innych niż te z trzeciej kategorii geotechnicznej (lub drugiej w złożonych warunkach) mogłoby zwiększyć zasób dostępnych danych. Przestrzeganie przepisów, wsparte przystępną legislacją, powinno docelowo ograniczyć koszty inwestycji wynikające z niedokładnego rozpoznania podłoża. ■



Literatura

- [1] Majer E., Sokołowska M., Frankowski Z. (red.), *Zasady dokumentowania geologiczno-inżynierskiego (w świetle wymagań Eurokodu 7)*, Warszawa: Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy, 2018.
- [2] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz.U. z 2012 r. poz. 463).
- [3] Cichy W., „Dokumentacje geotechniczne i geologiczno-inżynierskie w świetle obowiązujących przepisów prawa” w: *Inżynieria Morska i Geotechnika*, nr 5, 2015, s. 721-727.
- [4] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane (t.j. Dz.U. z 2025 r. poz. 418 ze zm.).
- [5] Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. - Prawo geologiczne i górnicze (t.j. Dz.U. z 2026 r. poz. 69).
- [6] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. z 2016 r. poz. 2033).
- [7] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji (t.j. Dz.U. z 2023 r. poz. 155).
- [8] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz.U. z 2012 r. poz. 463).

Stacje bazowe telefonii komórkowej a zmiany w prawie

Jakie zmiany wprowadziła nowelizacja ustawy – Prawo budowlane w zakresie realizacji stacji bazowych telefonii komórkowej na obiektach budowlanych? Czy ułatwiają one proces inwestycyjny?

W dniu 7 stycznia 2026 r. weszła w życie ustawa o zmianie ustawy – Prawo budowlane oraz niektórych innych ustaw [1] (dalej: p.b.). Nowelizacja przewiduje wiele zmian mających uprościć i przyspieszyć procedury inwestycyjne w Polsce. Jedną z nich jest doprecyzowanie zasad dotyczących realizacji stacji bazowych telefonii komórkowej na obiektach budowlanych.

Dotychczas kwestia ta była przedmiotem sporów interpretacyjnych. W praktyce organów administracji publicznej i sądów administracyjnych pojawiały się wątpliwości, czy w świetle aktualnego brzmienia przepisów prawa budowlanego instalacja stacji bazowych telefonii komórkowych na istniejącym obiekcie budowlanym wymaga pozwole-



prof. dr hab. Jan Widacki
wspólnik w **Widacki, Widacka, Podsiedlik**
Kancelaria Prawna S.K.A.

nia na budowę, czy powinna być kwalifikowana jako roboty budowlane polegające na instalowaniu urządzeń, zwolnione z obowiązku uzyskania pozwolenia na budowę zgodnie z brzmieniem ówczesnego art. 29 ust. 3 pkt. 3 lit. a oraz ust. 4 pkt. 3 lit. a p.b.

W części orzecznictwa sądowego przedstawiany był pogląd, zgodnie z którym stacja bazowa na istniejącym obiekcie budowlanym jest budowlą stanowiącą całość techniczno-użytkową wraz z instalacjami i urządzeniami oraz stanowi odrębny obiekt

budowlany w rozumieniu art. 3 pkt 1 p.b. W konsekwencji zamontowanie na istniejącym budynku stacji bazowej było traktowane jako realizacja nowego obiektu. Pojawiał się również pogląd, iż w związku z instalowaniem urządzeń stacji bazowej następuje rozbudowa istniejącego obiektu, która wymaga pozwolenia na budowę. Nadto wskazywano, że prace polegające na wymianie lub umieszczeniu nowych anten na istniejących już stacjach (czy to wolno stojących, czy też na obiekcie budowlanym) były traktowane jako rozbudowa obiektu budowlanego wymagająca uzyskania pozwolenia na budowę. Kwestionowano także możliwość zastosowania trybu zgłoszeniowego dla instalacji stacji bazowych na istniejących budynkach, przy czym wskazywano, że w tych wypadkach nie następuje

czynność instalowania, lub błędnie przyjmowano, że art 29 p.b. odnosi się jedynie do urządzeń budowlanych w rozumieniu art. 3 pkt 9 p.b. i tylko takie urządzenia miałyby korzystać ze zwolnienia z obowiązku uzyskania pozwolenia na budowę. Założenia te były błędne i zbędnie komplikowały proces budowlany.

Jednakże nowelizacja przepisów prawa budowlanego przesądza, że **instalowanie urządzeń, w tym stacji bazowej, na istniejącym obiekcie budowlanym nie jest traktowane jako realizacja lub rozbudowa obiektu, lecz jako montaż urządzeń technicznych niestanowiących budowli.**

Ustawodawca po raz pierwszy wprost posłużył się pojęciem stacji bazowej telefonii komórkowej rozumianej jako rodzaj urządzenia technicznego stanowiącego instalację radiokomunikacyjną, eliminując tym samym dowolność interpretacji. Nowelizacja wprost wskazuje, że taka stacja bazowa to jeden z przykładów urządzenia, które może być instalowane na obiektach budowlanych zgodnie z art. 29 ust. 3 pkt. 3 lit. a oraz ust. 4 pkt. 3 lit. a p.b. w zależności od wysokości – w trybie zgłoszeniowym lub nawet bez zgłoszenia.

W uzasadnieniu projektowanej zmiany podkreślono, że przepisy już w poprzednim brzmieniu odnosiły się do instalowania antenowych konstrukcji wsporczych i instalacji radiokomunikacyjnych, a tym samym dawały możliwość realizowania robót budowlanych w oparciu o procedurę zgłoszeniową. Na przeszkodzie skorzystania z trybu zgłoszeniowego niejednokrotnie stało jedynie działanie organów administracji publicznej i sądów administracyjnych prezentujących odmienny pogląd prawny, co było niezgodne z intencją ustawodawcy oraz wprowadzało w procesie inwestycyjnym niepewność prawną co do prawidłowego trybu realizacji tego rodzaju inwestycji.

Nowelizacja prawa budowlanego wyraźnie rozróżnia obowiązki inwestora w zależności od wysokości urządzenia instalowanego na istniejących obiektach (budynkach, masztach, kominach itp.), w szczególności anten oraz konstrukcji wsporczych. Reali-

zacja stacji bazowych na obiektach budowlanych dla instalacji o wysokości:

- do 3 m – nie wymaga uzyskania pozwolenia na budowę ani zgłoszenia robót budowlanych;
- powyżej 3 m, ale nie większej niż 12 m – wymaga zgłoszenia robót budowlanych;
- powyżej 12 m – wymaga uzyskania pozwolenia na budowę.

Ważnym elementem nowelizacji jest istotne dostosowanie wniosku o pozwolenie na budowę instalacji radiokomunikacyjnych do aktualnych wymagań prawnych. Zmiana ta ma przede wszystkim charakter porządkujący, ponieważ aktualne przepisy rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko nie obejmują już instalacji radiokomunikacyjnych i w konsekwencji ustawodawca uchylił obowiązek dołączania do dokumentacji oświadczenia projektanta o braku kwalifikacji inwestycji jako przedsięwzięcia mogącego znacząco oddziaływać na środowisko.

Elementem nowelizacji jest dostosowanie wniosku o pozwolenie na budowę instalacji radiokomunikacyjnych do wymagań prawnych.

Nowelizację prawa budowlanego obejmującą rozszerzenie katalogu prac i obiektów budowlanych, które nie wymagają decyzji o pozwoleniu na budowę, a jedynie zgłoszenia prac, ani – w określonych przypadkach – żadnych formalności administracyjnych, należy ocenić pozytywnie. Precyzyjne określenie stacji bazowej telefonii komórkowej jako przykładu instalacji radiokomunikacyjnej eliminuje do tychczasowe wątpliwości dotyczące tego, które elementy infrastruktury traktować jako obiekty budowlane, a które jako urządzenia techniczne. Nowelizacja odpowiada też na oczekiwania branży telekomunikacyjnej, gdzie uproszczenia są szczególnie ważne dla rozwoju sieci mobilnych (w tym 5G) oraz działania nowoczesnych usług cyfrowych. Dzięki temu operatorzy będą mieli jasność co do obowiązków formalnoprawnych związanych z prawidłową

realizacją inwestycji i będą mogli sprawniej wykonywać nowe instalacje w ramach uproszczonych procedur. Dotyczy to szczególnie budowy infrastruktury związanej z sieciami mobilnymi nowej generacji (np. 5G), które wymagają rozmieszczenia licznych, często małych stacji bazowych w całej przestrzeni miejskiej i wiejskiej. Skrócenie oraz uproszczenie procedur inwestycyjnych powinno zmniejszyć ryzyko sporów z organami administracji, które wcześniej różnie interpretowały przepisy.

Wprowadzenie limitu 12 m jako granicy, do której stacje bazowe (lub ich konstrukcje wsporcze) mogą być realizowane w trybie uproszczonym (bez pozwolenia na budowę, a jedynie na zgłoszenie albo nawet bez formalności), stanowi istotną zmianę jakościową w podejściu ustawodawcy.

Pomimo doprecyzowania procedur budowlanych inwestorzy nie są zwolnieni z innych obowiązków, w tym związanych z ochroną środowiska lub zasadami lokalizacji zgodnymi z planami miejscowymi.

Nowe regulacje nie likwidują odpowiedzialności za przestrzeganie granicznych wartości promieniowania elektromagnetycznego czy zasad dotyczących oddziaływania na środowisko. W uzasadnieniu projektowanej nowelizacji przepisów ustawodawca podkreślił, że bezpieczeństwo eksploatacji tego rodzaju instalacji gwarantują przepisy ochrony środowiska, które nakładają na operatorów takich instalacji obowiązki m.in. wykonywania pomiarów poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku i bezwzględnego dotrzymywania dopuszczalnych ich poziomów we wszystkich miejscach dostępnych dla ludności. ■

Literatura

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



Solidarna odpowiedzialność inwestora wobec podwykonawcy robót budowlanych?

Zmiana stanu prawnego od 4 grudnia 2025 r.

Nowe przepisy, które weszły w życie, wprowadzają nowe zasady zgłaszania sprzeciwu wobec wykonywania robót przez podwykonawcę, co może znacząco wpłynąć na praktykę rozliczeń w procesie budowlanym. Dla wykonawców oraz inwestorów kluczowe jest zrozumienie, jak nowelizacja wpłynie na ich prawa i obowiązki w zakresie regulowania wynagrodzenia za wykonane roboty.

Głównym celem uregulowania odpowiedzialności solidarnej inwestora za wynagrodzenie podwykonawcy (przepis art. 647¹ Ustawy z dnia 23 kwietnia 1964 r. Kodeks cywilny [1]; dalej: k.c.) było uporządkowanie relacji pomiędzy uczestnikami procesu inwestycyjnego.

Z dniem 4 grudnia 2025 r. nastąpiła zmiana przepisu art. 647¹ k.c. W uzasadnieniu projektu Ustawy z dnia 9 października 2025 r. o zmianie ustawy – Kodeks cywilny [2] ustawodawca wyjaśnił, że nowe zasady zgłaszania sprzeciwu inwestora stanowią odpowiedź na potrzeby rynku bu-



Katarzyna Sabynicz
radca prawny,
Kancelaria Radcy Prawnego
Katarzyna Sabynicz

dowlanego. Przepis umożliwia stronom większą elastyczność w ustalaniu terminów na złożenie sprzeciwu wobec udziału podwykonawcy w realizacji robót.

Zatem wprowadzone zmiany pozwalają na dostosowanie warunków kontraktowych do realiów inwestycji. Jednocześnie nadal zapewniają ochronę podwykonawców poprzez zachowanie solidarnej odpo-

wiedzialności inwestora. A to oczywiście ma kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa obrotu w branży budowlanej.

Dość częstym zjawiskiem jest bowiem brak zapłaty wynagrodzenia należnego podwykonawcy przez (generalnego) wykonawcę będącego jego bezpośrednim kontrahentem. Może to wynikać z niewypłacalności generalnego wykonawcy bądź innych przyczyn. Niemniej jednak zbyt często prowadzi do problemu utrzymania płynności finansowej przez podwykonawcę, a to może wywołać kolejne zatory płatnicze na rzecz dostawców lub dalszych podwykonawców. Remedium ma stanowić

odpowiedzialność solidarna inwestora i generalnego wykonawcy za zapłatę wynagrodzenia podwykonawcy, a także podwykonawcy za zapłatę dalszemu podwykonawcy. Tym bardziej, że normy zawarte w art. 647¹ k.c. mają charakter bezwzględnie obowiązujący.

Oznacza to w praktyce, że nie jest dopuszczalne ograniczenie bądź wyłączenie solidarnej odpowiedzialności uczestników procesu budowlanego ani modyfikacja zdarzeń warunkujących jej powstanie [3].

Przykład z praktyki

O tym, jaką siłę ma bezwzględnie obowiązujący przepis art. 647¹ k.c., przekonał się pewien inwestor w ciekawej sprawie, która w 2024 r. została ostatecznie rozstrzygnięta przed Sądem Najwyższym [4].

W rzeczonej sprawie podwykonawca został zmuszony skierować powództwo przeciwko generalnemu wykonawcy i inwestorowi o zasądzenie solidarnie na jego rzecz części wynagrodzenia stanowiącego kwotę 260 812,45 zł, zatrzymaną na poczet zabezpieczenia należytej jakości wykonanej umowy.

Z ustaleń faktycznych poczynionych przez sądy I i II instancji wynikało, że pomiędzy pozwanym – generalnym wykonawcą a powodem – podwykonawcą została zawarta umowa o roboty budowlane na wykonanie dwóch budynków: handlowo-usługowego oraz szkoły z przedszkolem, wraz z zagospodarowaniem terenu, pylonem, infrastrukturą zewnętrzną i wewnętrzną [4].

Co więcej, inwestor w pisemnym oświadczeniu potwierdził, że został skutecznie poinformowany o zawarciu umowy o roboty budowlane między generalnym wykonawcą a podwykonawcą, a nawet została mu przedstawiona jej kopia. Pozwany inwestor oświadczył także, że ponosi wraz z generalnym wykonawcą solidarną odpowiedzialność za zapłatę wynagrodzenia na rzecz podwykonawcy [4].

W świetle powyższych faktów sprawa wydaje się dość oczywista. Jednakże tym, co skomplikowało jej przebieg, były dodatkowo zawarte porozumienia pomiędzy generalnym wykonawcą a podwykonawcą.

Otóż w toku prowadzonych robót budowlanych pozwani dokonali łącznie zatrzymania z wynagrodzenia podwykonawcy kwoty 565 812,45 zł tytułem zabezpieczenia należytej jakości wykonania umowy. Po zakończeniu robót podpisano protokół końcowego odbioru w zakresie budynku handlowo-usługowego wraz z zagospodarowaniem terenu. Kilka miesięcy później pomiędzy inwestorem a podwykonawcą zostało zawarte porozumienie w celu ostatecznego rozliczenia umowy o podwykonawstwo, w którym ustalono, że z łącznej kwoty 565 812,39 zł, zatrzymanej na poczet zabezpieczenia usuwania wad i usterek, inwestor zapłaci bezpośrednio 305 000 zł [4].

Kluczowy jest fakt, iż w porozumieniu zaznaczono, że z chwilą zapłaty podwykonawca zrzeka się wszelkich roszczeń względem inwestora, wynikających lub związanych z umową o podwykonawstwo, w tym w szczególności przysługujących mu na mocy art. 647¹ k.c.

Inwestor wywiązał się z porozumienia, zapłacił podwykonawcy uzgodnioną kwotę 305 000 zł. Pozostała należność w wysokości 260 812,45 zł miał zapłacić generalny wykonawca [4].

Sprawa stała się o tyle ciekawsza, że miesiąc później podwykonawca w kolejnym pisemnym oświadczeniu wskazał, że zrzeka się wobec inwestora wszelkich roszczeń i zobowiązuje się nie wszczynać

że na podstawie zawartego porozumienia umowa o podwykonawstwo została w całości rozliczona między inwestorem a podwykonawcą [4].

Wobec braku zapłaty zarówno przez generalnego wykonawcę, jak i inwestora, podwykonawca został zmuszony skierować sprawę na drogę postępowania sądowego, korzystając z przywilejów odpowiedzialności solidarnej z art. 647¹ k.c. Na etapie drugiej instancji sąd apelacyjny zasądził od obu pozwanych na rzecz podwykonawcy solidarnie kwotę 260 812,45 zł.

Z rozstrzygnięciem nie zgodził się pozwany inwestor i wniósł skargę kasacyjną do Sądu Najwyższego. Podniósł zarzut naruszenia prawa materialnego, polegający na niewłaściwym zastosowaniu art. 647¹ § 6 w zw. z art. 647¹ § 1 i 5 k.c. do prawidłowo ustalonego stanu faktycznego. Polegał on na tym, że powód, jako podwykonawca, zawarł z pozwanym inwestorem porozumienie, na mocy którego inwestor zobowiązał się do zapłaty należnego powodowi wynagrodzenia (zobowiązanie to zostało wykonane), natomiast podwykonawca zrzekł się wobec inwestora pozostałych roszczeń wynikających z odpowiedzialności solidarnej.

Zdaniem inwestora podwykonawca miał być uprawniony na zasadach ogólnych do zrzeczenia się roszczenia z tytułu należnego i wymagalnego wynagrodzenia za wykonane roboty budowlane, ponieważ

Solidarna odpowiedzialność inwestora za wynagrodzenie podwykonawcy nie działa automatycznie.

jakichkolwiek postępowań sądowych oraz egzekucyjnych. Jednakże tym razem wyraźnie zazaczył, że podpisane oświadczenie i zobowiązanie nie dotyczą roszczeń z tytułu zatrzymanych kwot na poczet zabezpieczenia należytej jakości wykonanej umowy.

Generalny wykonawca nie zwrócił pozostałej zatrzymanej kwoty (260 812,45 zł). Podwykonawca wezwał zatem do zapłaty inwestora, który stanowczo odmówił uregulowania należności, podnosząc,

odpowiedzialność solidarna z art. 647¹ k.c. tego nie wyklucza.

Czy argumentacja inwestora była słuszna i czy odpowiedzialność solidarną można wyłączyć? Otóż nie.

Sąd Najwyższy rozstrzygnął ten spór na korzyść podwykonawcy [4]. Warto przytoczyć fragment uzasadnienia, który stanowi sedno problemu i dokładnie wyjaśnia, na czym polega ochrona podwykonawcy w świetle bezwzględnie obowiązującego art. 647¹ k.c.:



„Ustawowa solidarna odpowiedzialność inwestora wobec podwykonawcy powstaje *ex lege* z chwilą spełnienia przesłanek z art. 647¹ k.c. i trwa tak długo, jak długo aktualna jest odpowiedzialność wykonawcy wynikająca z umowy o roboty budowlane zawartej z podwykonawcą. Podwykonawca nie może więc skutecznie zrzec się tej ustawowej solidarności względem inwestora, jak i nie może zwolnić (wyłącznie) inwestora z długu. Skoro solidarna odpowiedzialność inwestora powstaje z mocy prawa, niezależnie od woli stron umowy o roboty budowlane, nie może dojść do wygaśnięcia albo ograniczenia tej odpowiedzialności, jeżeli tylko wykonawca pozostaje nadal odpowiedzialny wobec podwykonawcy” [4].

Jakie należy spełnić przesłanki, aby skutecznie skorzystać z dobrodziejstw solidarnej odpowiedzialności na budowie? I co zmienia w tym zakresie najnowsza nowelizacja art. 647¹ k.c.?

Otóż solidarna odpowiedzialność obejmuje zapłatę wynagrodzenia należnego podwykonawcy za zrealizowane przez niego roboty budowlane. Posłużenie się przez ustawodawcę tym pojęciem powoduje, że podwykonawca nie musi zawrzeć z wykonawcą umowy o roboty budowlane, może to być także umowa o dzieło albo inna umowa przewidująca wykonanie określonych robót budowlanych w rozumieniu tego pojęcia wynikającym z art. 3

pkt 7 Prawa budowlanego [5]. Ustawodawca nie przesądza zatem charakteru prawnego umowy łączącej podwykonawcę z (generalnym) wykonawcą. Jednakże inwestor nie jest odpowiedzialny za zapłatę wynagrodzenia tym podwykonawcom, którzy nie realizują robót budowlanych [3].

PRZESŁANKI ODPOWIEDZIALNOŚCI SOLIDARNEJ W ŚWIELE ART. 647¹ K.C.

Solidarna odpowiedzialność inwestora za wynagrodzenie podwykonawcy nie działa automatycznie. Nie wystarczy sam fakt, że generalny wykonawca zawarł umowę z inwestorem, a potem zlecił na dowolnych zasadach podwykonawstwo robót budowlanych.

Aby inwestor odpowiadał solidarnie za wynagrodzenie podwykonawcy, musi posiadać wiedzę na temat zakresu robót realizowanych przez podwykonawcę i jednocześnie nie wnieść wobec tego podwykonawcy sprzeciwu.

Zgodnie z art. 647¹ k.c. wiedza inwestora może wynikać z dwóch źródeł:

- pisemnego zgłoszenia bądź
- umowy pomiędzy inwestorem a (generalnym) wykonawcą.

Pierwsza sytuacja – zgłoszenie podwykonawcy

Zgłoszenie robót inwestorowi może zostać dokonane samodzielnie lub wspólnie przez wykonawcę i podwykonawcę. Roboty zgłoszone inwestorowi i realizowane przez podwykonawcę muszą mieścić się w zakresie

robót uzgodnionych pomiędzy inwestorem a (generalnym) wykonawcą.

Do powstania solidarnej odpowiedzialności inwestora konieczne jest, aby zgłoszenie nastąpiło przed przystąpieniem do realizacji robót przez podwykonawcę.

Zgłoszenie dokonane po rozpoczęciu robót budowlanych przez podwykonawcę wpływa na zakres solidarnej odpowiedzialności inwestora. Ponosi on odpowiedzialność za roboty wykonane po dokonaniu zgłoszenia [3].

Co powinno zawierać takie zgłoszenie? Zgłoszenie podwykonawcy powinno zawierać szczegółowy opis realizowanych przez niego robót, dzięki któremu możliwe będzie określenie zakresu odpowiedzialności inwestora za zapłatę wynagrodzenia.

Zgłoszenie powinno wskazywać również osobę oraz adres podwykonawcy, co jest niezbędne do ewentualnego złożenia sprzeciwu przez inwestora – chyba że informacje te można uzyskać z publicznie dostępnych rejestrów [3].

Inwestor nie musi zostać poinformowany o treści innych ustaleń wynikających z umowy pomiędzy wykonawcą a podwykonawcą (m.in. o wysokości wynagrodzenia, terminie prac lub zasadach odpowiedzialności za nienależyte wykonanie umowy) [3].

Zgłoszenie wymaga zachowania formy pisemnej pod rygorem nieważności (art. 647¹ § 4 k.c.).

Zgłoszenia przedmiotu robót do inwestora może dokonać każdy podwykonawca samodzielnie. Nie potrzeba zgody (generalnego) wykonawcy, który w ogóle nie musi uczestniczyć w procedurze zgłoszenia. Co więcej, dokonanie tej czynności samodzielnie zagwarantuje podwykonawcy zabezpieczenie uzyskania wynagrodzenia, gdy bezpośredni kontrahent zawiedzie.

Druga sytuacja – umowa pomiędzy inwestorem a (generalnym) wykonawcą

Zgodnie z art. 647¹ § 2 k.c. zgłoszenie podwykonawcy nie jest wymagane, jeżeli inwestor i wykonawca określili w umowie szczegółowy przedmiot robót budowlanych realizowanych przez oznaczonego podwykonawcę.

W tym przypadku trzeba spełnić jeszcze jeden warunek: **inwestor musi zawrzeć umowę z (generalnym) wykonawcą w formie pisemnej pod rygorem nieważności.**

SPRZECIW INWESTORA – ZMIANA STANU PRAWNEGO OD 4 GRUDNIA 2025 R.

Co do zasady inwestor może uniknąć powstania swojej solidarnej odpowiedzialności.

To inwestor odpowiada solidarnie z (generalnym) wykonawcą za zapłatę wynagrodzenia należnego podwykonawcy z tytułu wykonanych przez niego robót budowlanych, których szczegółowy przedmiot został zgłoszony inwestorowi przez wykonawcę lub podwykonawcę przed przystąpieniem do realizacji tych robót, **chyba że inwestor złożył podwykonawcy i wykonawcy sprzeciw wobec wykonywania tych robót przez podwykonawcę** (art. 647¹ § 1 k.c.).

Do 4 grudnia 2025 r. termin na złożenie sprzeciwu wynosił 30 dni od dnia dokonania zgłoszenia podwykonawcy przez wykonawcę. Był on niezmienny i niezależny od charakteru inwestycji.

Wskutek nowelizacji inwestor i wykonawca mogą w umowie zastrzec krótszy termin. **Zgodnie z nowym przepisem sprzeciw składa się w ciągu 30 dni od dnia doręczenia inwestorowi zgłoszenia. Jednakże w umowie inwestor i (generalny) wykonawca mogą zastrzec krótszy termin** (art. 647¹ § 1¹ k.c.).

W praktyce harmonogram zgłoszenia i akceptacji podwykonawców będzie wreszcie dostosowywany do realiów konkretnego projektu. Jeżeli strony umowy nie wprowadzą własnego krótszego terminu, to w dalszym ciągu będzie działała zasada, że inwestor składa sprzeciw w ciągu 30 dni od dnia doręczenia mu zgłoszenia podwykonawcy. Co istotne, jako tzw. termin zawity skutkuje tym, iż zgłoszenie sprzeciwu po jego upływie nie odnosi skutku prawnego. Zatem nie można go przywrócić, jego bieg nie podlega zawieszeniu ani przerwaniu. Zgłoszenie sprzeciwu po tym terminie któremukolwiek z adresatów skutkuje nieważnością takiej czynności.

Aktualnie termin na wniesienie sprzeciwu będzie musiał być taki sam we wszystkich umowach dotyczących realizacji inwestycji – ustawodawca zabezpieczył również dalszych podwykonawców. **Określony w umowie wykonawcy z podwykonawcą lub umowach z dalszym podwykonawcą termin na złożenie sprzeciwu nie może być krótszy od terminu określonego w umowie zawartej między inwestorem a (generalnym) wykonawcą** (art. 647¹ § 1² k.c.).

Rozwiązanie to zapewnia spójność kontraktową łańcucha wykonawczego. Nadto eliminuje ryzyko narzucania podwykonawcom terminów uniemożliwiających realne zgłoszenie robót i uzyskanie braku sprzeciwu. Jednocześnie inwestor i wykonawca zyskują możliwość dynamicznego zarządzania zgłoszeniami podwykonawców, stosownie do potrzeb konkretnej inwestycji.

Sprzeciw wymaga zachowania formy pisemnej pod rygorem nieważności. Może mieć charakter częściowy, np. dotyczyć wybranego zakresu robót – wówczas inwestor będzie ponosić solidarną odpowiedzialność wobec podwykonawcy w pozostałym zakresie zgłoszonych robót. Sprzeciw w formie pisemnej musi zostać

„Do umów zawartych przed dniem wejścia w życie niniejszej ustawy stosuje się przepisy art. 647¹ ustawy zmienianej w art. 1, w brzmieniu nadanym niniejszą ustawą”.

ZAKRES ODPOWIEDZIALNOŚCI INWESTORA

Zgodnie z art. 647¹ § 3 k.c. inwestor odpowiada za zapłatę wynagrodzenia podwykonawcy w wysokości ustalonej w umowie między podwykonawcą a wykonawcą. Wyjątek stanowi sytuacja, gdy kwota ta przekracza wynagrodzenie należne wykonawcy za roboty budowlane, których szczegółowy przedmiot wynika ze zgłoszenia lub z umowy (zawartej w formie pisemnej pod rygorem nieważności), w której inwestor i wykonawca określili zakres robót wykonywanych przez danego podwykonawcę [1].

Reasumując, odpowiedzialność inwestora za zapłatę podwykonawcy wynagrodzenia jest ograniczona do wysokości wynagrodzenia należnego wykonawcy za roboty budowlane, których szczegółowy przedmiot wynika odpowiednio ze zgłoszenia albo ze wspomnianej umowy.

Przepis ma na celu ochronę inwestora przed ponoszeniem odpowiedzialności

Odpowiedzialność inwestora za zapłatę podwykonawcy jest ograniczona do wysokości wynagrodzenia należnego wykonawcy.

doręczony zarówno podwykonawcy, jak i (generalnemu) wykonawcy oraz nie wymaga uzasadnienia. Podwykonawca i (generalny) wykonawca nie mogą w żaden sposób kwestionować zasadności sprzeciwu inwestora, z wyjątkiem jego wad formalnych [3].

PRZEPISY PRZEJŚCIOWE

Nowelizacja weszła w życie z dniem 4 grudnia 2025 r. Niemniej jednak jej skutki obejmą również umowy zawarte przed tą datą. Bowiernie zgodnie z art. 2 [2]:

za zapłatę wynagrodzenia podwykonawcy za roboty budowlane nieprzewidziane w zgłoszeniu/umowie.

Ponadto inwestor ponosi odpowiedzialność solidarną z wykonawcą za zapłatę wynagrodzenia za **wykonane** roboty budowlane. Wprowadzone rozwiązanie wyłącza odpowiedzialność inwestora za wszelkie inne roszczenia przysługujące podwykonawcy wobec wykonawcy poza roszczeniem o zapłatę wynagrodzenia za zrealizowane i określone w zgłoszeniu roboty budowlane.

Dodatkowo odpowiedzialność jest ograniczona kwotowo do wysokości

wynagrodzenia ustalonego pomiędzy inwestorem a wykonawcą:

- w zakresie robót zgłoszonych albo
- ustalonych umownie jako wykonywane przez podwykonawcę.

Czy dalszy podwykonawca również może żądać zapłaty wynagrodzenia przez inwestora?

Przepisy o solidarnej odpowiedzialności inwestora stosuje się odpowiednio do dalszych podwykonawców. Każdy z nich musi jednak spełniać te same warunki, które dotyczą podwykonawcy zgodnie z art. 647¹ k.c., przede wszystkim realizować konkretne roboty budowlane.

Wiedza inwestora o podwykonawcach a odpowiedzialność solidarna za ich wynagrodzenie

Na koniec warto nadmienić, że w orzecznictwie pojawiło się również stanowi-

sko, zgodnie z którym nie zawsze bez oficjalnego zgłoszenia podwykonawcy inwestor uniknie odpowiedzialności solidarnej.

Dobrym przykładem będzie jedno z nowszych orzeczeń Sądu Najwyższego [6], w którym wskazano:

„Zgody czynnej dorozumianej inwestor może udzielić przez czynności faktyczne, np. przez tolerowanie obecności podwykonawcy na placu budowy, dokonywanie wpisów w dzienniku budowy, odbieranie wykonanych przez niego robót i podobne czynności, zaznaczając jednocześnie, że wiedza inwestora o podwykonawcy i przedmiocie powierzonych mu umowie zadań może pochodzić z dowolnego źródła”.

O ile dla powstania solidarnej odpowiedzialności inwestora potrzebna jest aktywność wykonawców oraz podwykonawców, o tyle w przypadku ewentualnego postępowania sądowego to na inwestorze

będzie spoczywał ciężar dowodu, że taka odpowiedzialność nie powstała.

Podsumowując, fundamenty do ewentualnego procesu sądowego trzeba zacząć budować już na etapie zawierania umowy o roboty budowlane (generalne wykonawstwo i podwykonawstwo). ■

Literatura

- [1] Ustawa z dnia 23 kwietnia 1964 r. – Kodeks cywilny (tj. Dz.U. z 2025 r. poz. 1071 ze zm.).
- [2] Projekt ustawy z dnia 9 października 2025 r. o zmianie ustawy – Kodeks cywilny (tj. Dz.U. z 2025 r. poz. 1508).
- [3] Art. 647¹, B Gliniecki, [w:] *Kodeks cywilny. Komentarz aktualizowany*, M. Bałwicka-Szczyrba (red.), A. Sylwestrzak (red.), Warszawa 2025, LEX/el.
- [4] Wyrok Sądu Najwyższego z dnia 27 marca 2024 r., sygn. akt. II CSKP 1014/22.
- [5] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (tj. Dz.U. z 2025 r. poz. 418).
- [6] Postanowienie Sądu Najwyższego z dnia 13 lipca 2023 r., sygn. akt I CSK 4136/22.

WYDARZENIA

Forum Kobiet dla przyszłych inżynierek

Forum Kobiet to ogólnopolska inicjatywa wspierająca rozwój kobiet w branżach technicznych. W tym roku odbędzie się jej III edycja w czterech miastach.



Wydarzenie jest organizowane przez Fundację Wspierania Budownictwa Zrównoważonego oraz Polską Izbę Inżynierów Budownictwa, co zapewnia wydarzeniu wysoką rangę merytoryczną i realne połączenie środowiska akademickiego z praktyką zawodową.

III edycja Forum Kobiet – po Krakowie (I edycja) oraz Krakowie i Wrocławiu (II edycja) – obejmie cztery wydarzenia:

9 marca na Politechnice Krakowskiej, 11 marca na Politechnice Rzeszowskiej,

12 marca na Politechnice Wrocławskiej, 13 marca na Uniwersytecie Zielonogórskim.



Forum to przestrzeń debaty, paneli eksperckich i spotkań networkingowych, skierowana głównie do studentek budownictwa, inżynierii środowiska i architektury.

Wydarzenie wspierają i popierają władze samorządowe, rektorzy i dziekani uczelni, okręgowe izby inżynierów budownictwa oraz organizacje branżowe, co podkreśla wagę podejmowanej tematyki. Patronem wiodącym została firma Vinci

Construction, a patronami strategicznymi – Atlas Ward i Budimex. ■



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



Odpowiada **adw. Marek Chudzicki**

Kancelaria Prawa Budowlanego
Adwokat Marek Chudzicki



Odpowiada **adw. Grzegorz Gajda**

Kancelaria Prawa Budowlanego
Adwokat Marek Chudzicki

Czy model „zaprojektuj i wybuduj” to wciąż umowa o roboty budowlane?

Zawarłem z firmą budowlaną kontrakt w formule „zaprojektuj i wybuduj”. W ramach tej umowy kontrahent ma najpierw opracować projekt, a następnie wybudować na jego podstawie obiekt. Czy w takiej sytuacji mamy do czynienia wyłącznie z umową o roboty budowlane?

Model „zaprojektuj i wybuduj” prowadzi do zawarcia tzw. umowy mieszanej. Zawiera ona zarówno cechy oraz elementy umowy o dzieło, jak i umowy o roboty budowlane. W części dotyczącej opracowania projektu architektoniczno-budowlanego Pański kontrahent zobowiązuje się do osiągnięcia oznaczonego rezultatu, czyli opracowania gotowego i kompletnego projektu architektoniczno-budowlanego. Z kolei w zakresie obowiązku wybudowania obiektu zawarta zostanie umowa o roboty budowlane.

Oznacza to, że do poszczególnych świadczeń kontrahenta należy stosować właściwe regulacje Kodeksu cywilnego. Odpowiedzialność za prawidłowość dokumentacji projektowej będzie oceniana według zasad właściwych dla umowy o dzieło, natomiast do wybudowania obiektu stosować będziemy przepisy umowy o roboty budowlane.

Umowa o roboty budowlane, jak i umowa o dzieło mają swoje odmienne oraz istotne regulacje. Najlepszym tego przykładem jest termin przedawnienia roszczeń z tych umów. Przyjmijmy tutaj np. termin przedawnienia roszczenia o zapłatę wynagrodzenia za wykonane prace. W przypadku umowy o dzieło stosować będziemy 2-letni termin przedawnienia roszczeń, zaczynając od dnia oddania dzieła, a jeżeli nie zostało ono oddane, to termin ten liczymy od dnia, w którym zgodnie z treścią umowy miało być oddane. Z kolei w przypadku umowy o roboty budowlane będziemy się posługiwać 3-letnim terminem.

Podstawa prawna

Art. 627–658 Ustawy z dnia 23 kwietnia 1964 r. – Kodeks cywilny (t.j. Dz.U. z 2025 r. poz. 1071 ze zm.).

Czy strony mogą ustalić w umowie inne zasady zgłaszania podwykonawców?

Jestem podwykonawcą robót dla głównego wykonawcy. Zależy mi na tym, żeby wraz z nim za zapłatę mojego wynagrodzenia odpowiadał solidarnie inwestor. Mój kontrahent obiecał, że zgłosi moją firmę jako oficjalnego podwykonawcę. Ostatnio potwierdził, że wysłał e-mail w tej sprawie. Czy to wystarczy?

Niestety nie. Zgodnie z art. 647¹ § 4 Kodeksu cywilnego zgłoszenie podwykonawcy wymaga zachowania formy pisemnej pod rygorem nieważności. Oznacza to, że zgłoszenie podwykonawcy w inny sposób niż pisemnie, np. pocztą elektroniczną jak w opisywanym przez Pana przypadku, nie skutkuje powstaniem odpowiedzialności solidarnej inwestora za zapłatę wynagrodzenia podwykonawcy z tytułu zrealizowanych przez niego robót budowlanych. Aby tak się stało, musi on zostać prawidłowo zgłoszony.

Co więcej, dla powstania odpowiedzialności solidarnej inwestora nie miałyby znaczenia nawet, gdyby ustalili Państwo, że generalny

wykonawca wysłał e-mail w celu zgłoszenia Pana firmy jako podwykonawcy. Art. 647¹ § 6 Kodeksu cywilnego stanowi, że wszystkie postanowienia umowne sprzeczne z § 1–5 tego przepisu są nieważne. Jego treść jest kategorię kategoryczna. To oznacza, że strony umowy o roboty budowlane nie mogą swobodnie kształtować zasad zgłaszania podwykonawców w sposób odmienny od przewidzianego w ustawie, nawet jeżeli wszystkie strony umowy akceptują takie rozwiązania i faktycznie je stosują w toku realizacji inwestycji.

Wyjątkiem mogłoby być zgłoszenie dokonane w formie elektronicznej (e-mail) przed rozpoczęciem robót, z załączoną

umową podwykonawcy (konieczność spełnienia wszystkich wymogów z art. 647¹ § 1 Kodeksu cywilnego) i opatrzone kwalifikowanym podpisem elektronicznym. Zgodnie bowiem z art. 78¹ § 2 Kodeksu cywilnego: „Oświadczenie woli złożone w formie elektronicznej [tj. oświadczenie woli złożone w postaci elektronicznej i opatrzone kwalifikowanym podpisem elektro-

nicznym – przyp. aut.] jest równoważne z oświadczeniem woli złożonym w formie pisemnej”.

Podstawa prawna

Art. 647 § 1–6 i art. 781 § 1 i 2 Ustawy z dnia 23 kwietnia 1964 r. – Kodeks cywilny (t.j. Dz.U. z 2025 r. poz. 1071 ze zm.).

Odpowiedzialność karna z art. 160 Kodeksu karnego – czy może dotyczyć projektanta?

Działam w branży projektowej. Coraz częściej słyszę o odpowiedzialności karnej projektanta z art. 160 Kodeksu karnego. Czy projektant rzeczywiście powinien się z nią liczyć? A jeśli tak, to kiedy?

Tak, projektant może zostać pociągnięty do odpowiedzialności karnej z art. 160 Kodeksu karnego. Przepis ten penalizuje zachowanie polegające na narażeniu życia lub zdrowia ludzi na niebezpieczeństwo. W przypadku tych, którzy wykonują ten zawód, może to być konsekwencja istotnych nieprawidłowości projektowych prowadzących do stworzenia realnego zagrożenia dla osób przebywających na terenie obiektu budowlanego. Projektantowi może więc zostać przypisana odpowiedzialność karna w tym zakresie – np. wtedy gdy sporządzona przez niego dokumentacja projektowa zawiera błędy lub uchybienia, których skutkiem jest:

- osłabienie nośności konstrukcji;
- niewłaściwy dobór materiałów budowlanych;
- naruszenie norm technicznych lub
- brak spełnienia wymogów bezpieczeństwa pożarowego, ewakuacyjnego czy eksploatacyjnego budynku.

Odpowiedzialność z art. 160 Kodeksu karnego może dotyczyć czynów umyślnych, gdy projektant świadomie wprowadza w dokumentację błędne rozwiązania techniczne, i nieumyślnych, które wynikają z rażącego niedbalstwa lub lekkomyślności w sporządzaniu projektu. Istotne jest przy tym ustalenie tego, czy projektant – jako osoba mająca specjalistyczną wiedzę techniczną – mógł i powinien był przewidzieć, że jego błędy w dokumentacji mogą skutkować:

- zawaleniem się obiektu,
- pożarem,
- uwalnianiem się substancji niebezpiecznych lub
- innymi zdarzeniami grozącymi życiu i zdrowiu ludzi.

Podstawa prawna

Art. 160 Ustawy z dnia 6 czerwca 1997 r. – Kodeks karny (t.j. Dz.U. z 2025 r. poz. 383).

Obowiązki kierownika budowy ograniczone umową?

Czy zawierając z inwestorem lub generalnym wykonawcą odpowiednią umowę, mogę zmniejszyć zakres moich obowiązków jako kierownika budowy?

Nie, umowa cywilnoprawna nie może ograniczać podstawowych obowiązków kierownika budowy, które wynikają z przepisów prawa, a konkretnie z Prawa budowlanego. Umowa może te obowiązki doprecyzować, uporządkować, rozszerzyć lub wprowadzić odpowiednie procedury ich realizacji.

Podstawowe obowiązki kierownika budowy powstają w związku z objęciem tej funkcji, a nie na skutek zawarcia umowy cywilnoprawnej lub nawiązania stosunku pracy. Ani w pierwszym,

ani w drugim przypadku nie można więc sprowadzać obowiązków kierownika poniżej ustawowego minimum.

Nawet jeżeli konkretny ustawowy obowiązek nie został wpisany do umowy o pełnienie funkcji kierownika budowy, to i tak istnieje i na nim ciąży. Przykładem może być obowiązek prowadzenia dziennika budowy. Niezależnie od tego, czy został określony w umowie z kierownikiem budowy, musi on prowadzić ten dokument, ponieważ tak stanowi art. 22 pkt 2 Prawa budowlanego. ■

MASZ PYTANIE?

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

POLSKIE NORMY Z ZAKRESU BUDOWNICTWA OPUBLIKOWANE W STYCZNIU 2026 ROKU

Lp.	Numer referencyjny i tytuł normy	Numer referencyjny normy zastępowanej *	Data publikacji	KT **
1	PN-EN 13501-3:2026-01 wersja angielska Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków – Część 3: Klasyfikacja na podstawie wyników badań odporności ogniowej wyrobów i elementów stosowanych w instalacjach użytkowych w budynkach: ognioodpornych przewodów wentylacyjnych i przeciwpożarowych klap odcinających oraz przewodów i kabli energetycznych, sygnalizacyjnych i komunikacyjnych	PN-EN 13501-3+A1:2010	21.01.2026	180
2	PN-EN 1366-3+A1:2025-04/AC:2026-01 wersja angielska Badania odporności ogniowej instalacji użytkowych – Część 3: Uszczelnienia przejść instalacyjnych	-	19.01.2026	180
3	PN-EN ISO 9239-1:2026-01 wersja angielska Badania reakcji na ogień dla podłóg – Część 1: Określenie zachowania podczas spalania z użyciem źródła ciepła promieniującego	PN-EN ISO 9239-1:2010	13.01.2026	180
4	PN-EN 13282-3:2024-08 wersja polska Hydrauliczne spoiwa drogowe – Część 3: Ocena i weryfikacja stałości właściwości użytkowych	PN-EN 13282-3:2015-06	08.01.2026	196
5	PN-EN 18080:2026-01 wersja angielska Szkło w budownictwie – Reakcja na ogień – Instrukcje montażu i mocowania wyrobów szklanych oraz rozszerzone zastosowanie wyników badań	-	02.01.2026	198
6	PN-EN 18088:2026-01 wersja angielska Elastyczne wyroby wodochronne – Recykling tworzyw sztucznych i tworzywa sztuczne z recyklingu – Hydroizolacyjne folie z tworzyw sztucznych	-	23.01.2026	214
7	PN-EN ISO 22014:2024-11 wersja polska Obiekty biblioteczne dla architektury, inżynierii, budownictwa i użytkowania	-	13.01.2026	232
8	PN-EN ISO 16032:2024-09 wersja polska Akustyka – Pomiar poziomu ciśnienia akustycznego od urządzeń wyposażenia technicznego lub aktywności wykonywanych w budynkach – Metoda dokładna	PN-EN ISO 16032:2006	23.01.2026	253
9	PN-ISO 23591:2025-12/A1:2026-01 wersja angielska Kryteria jakości akustycznej dla pomieszczeń i przestrzeni przeznaczonych na próby muzyczne	-	16.01.2026	253
10	PN-EN 12390-14:2018-10 wersja polska Badania betonu – Część 14: Semiadiabatyczna metoda oznaczania ciepła wydzielanego podczas procesu twardnienia betonu	-	27.01.2026	274
11	PN-EN 1717:2026-01 wersja angielska Ochrona przed zanieczyszczeniem wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi w instalacjach wody pitnej i ogólne wymagania dotyczące urządzeń zapobiegających zanieczyszczeniu przez przepływ zwrotny	PN-EN 1717:2003	22.01.2026	278
12	PN-EN 16510-2-1:2023-06 wersja polska Mieszkaniowe urządzenia spalające paliwo stałe – Część 2-1: Ogrzewacze pokojowe	PN-EN 13240:2008	16.01.2026	316
13	PN-EN 17671:2026-01 wersja angielska Wodne systemy ogrzewania i chłodzenia w budynkach – Projektowanie wodnych systemów chłodzenia	-	23.01.2026	316

* Zastępowanie (wycofywanie) 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** 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 powszechniej. 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 przysłać na właściwych formularzach do Sektora Budownictwa i Konstrukcji Budowlanych PKN – wpnsbd@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

REKLAMA



**OGÓLNOPOLSKIE
WARSZTATY
PRACY PROJEKTANTA
KONSTRUKCJI**

**Inżynier
budownictwa**

www.wppk.pzitb.org.pl

WPPK



Wiśła 23-26 czerwca 2026

POLSKI ZWIĄZEK INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW BUDOWNICTWA
Oddział Małopolski w Krakowie

przy współpracy Oddziałów: w Bielsku Białej, Gliwicach i Katowicach
zaprasza

**PROJEKTANTÓW
I WYKONAWCÓW**

do Kompleksu Hotelowego „Stok” w Wiśle

**NAPRAWY
I WZMOCNIENIA
KONSTRUKCJI
BUDOWLANYCH**

GEOTECHNIKA

1400 kilometrów w budowie. Drogowa ofensywa 2026

Rekordowa skala inwestycji, rozbudowa najbardziej obciążonych autostrad i prawie 300 km nowych dróg do oddania w tym roku. Dariusz Klimczak, minister infrastruktury, mówi o dalszej ekspansji sieci szybkiego ruchu oraz o zmianach legislacyjnych, które mają skrócić proces realizacji kluczowych projektów.

Jakie konkretne inwestycje drogowe ministerstwo planuje zrealizować w 2026 r. – ile kilometrów, gdzie i za jakie środki?

Obecnie jesteśmy w fazie realizacji inwestycji drogowych na niespotykaną dotąd skalę. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, która odpowiada za budowę oraz utrzymanie sieci dróg krajowych, w tym autostrad i dróg ekspresowych, realizuje inwestycje o długości ok. 1400 km i wartości 58 mld zł. Od początku 2026 r. podpisaliśmy już sześć umów na zadania o długości ponad 70 km i wartości 2,3 mld zł. Wśród nich jedną z najważniejszych inwestycji jest pierwszy odcinek drogi ekspresowej S6 w ramach Zachodniej Obwodnicy Szczecina.

W planach mamy też podpisanie umowy na rozbudowę o dodatkowe pasy ruchu mocno obciążonej A2 pomiędzy Łodzią a Warszawą. Ta inwestycja będzie miała kluczowe znaczenie w kontekście budowy Portu Polska. Co istotne, A2 to niejedyna autostrada, która zostanie rozbudowana. W połowie lutego podjąłem decyzję o poszerzeniu także prawie 120 km autostrady A4 w województwach śląskim i małopolskim. W ramach projektu zostanie dobudowany trzeci pas ruchu dla każdej z jezdni istniejącej trasy, a docelowo autostrada A4 zostanie rozbudowana o dodatkowe pasy ruchu na odcinku od Wrocławia do Tarnowa. W tym roku planujemy oddać do użytku prawie 300 km dróg krajowych. Do najważniejszych należą cztery odcinki S6



Fot. Ministerstwo Infrastruktury

od Słupska do Bożepola Wielkiego, co pozwoli na drogowe skomunikowanie portów w Szczecinie i Świnoujściu z portami w Gdańsku oraz Gdyni. Kolejną trasą, którą udostępnimy kierowcom, jest autostrada A2 Siedlce–Biała Podlaska o długości 57,5 km.

Zakończone zostaną także prace na brakującym fragmencie S7 pomiędzy węzłami Mistrzejowice i Grębałów, dzięki czemu Kraków, jako drugie po Łodzi miasto w Polsce, zyska w przyszłym roku pełną, prawie 60-kilometrową obwodnicę.

Na 2026 r. zaplanowaliśmy ukończenie ok. 60 km S19 – będą to cztery odcinki w województwie podlaskim. Na dwóch kolejnych w województwie lubelskim i podkarpackim, o łącznej długości niemal 22 km, dobudujemy drugą jezdnię, co w dużym stopniu wpłynie na poprawę komfortu i bezpieczeństwa podróży.

W bieżącym roku kierowcy skorzystają ponadto z 24 km drogi S11 Bobolice –Szczecinek, a także z nowych obwodnic, m.in. Kołbieli, Gąsek oraz Pułtuska.

Należy pamiętać, że inwestycje w nowe odcinki dróg szybkiego ruchu to nie wszystko. Równolegle prowadzimy również ważne prace na istniejącej sieci drogowej. Najczęściej dotyczą one kompleksowej przebudowy lub rozbudowy odcinków dróg krajowych i punktowych zadań ukierunkowanych na lokalną poprawę bezpieczeństwa wszystkich uczestników ruchu, ale także obejmują wszelkie prace niezbędne z punktu widzenia prawidłowego funkcjonowania infrastruktury. Takich inwestycji tylko w tym roku planujemy zakończyć ponad 140, o łącznej wartości przekraczającej 2,6 mld zł.

Czy w najbliższym czasie planowane są zmiany w standardach technicznych dla dróg krajowych i obiektów inżynierskich, istotne z punktu widzenia projektantów oraz wykonawców?

Wymagania techniczne dla dróg publicznych, określone w rozporządzeniu w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych,

zostały znowelizowane pod koniec 2025 r. Modyfikacje odnosiły się do m.in. wymogu uwzględnienia ryzyk i oddziaływań wynikających ze zmiany klimatu, zdefiniowania jezdni manewrowej czy projektowania dróg dla pieszych i rowerów. O ile rozporządzenie określa ogólne warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, to propozycje szczegółowych rozwiązań przydatnych projektantom zostały sformułowane we wzorcach i standardach rekomendowanych przez Ministerstwo Infrastruktury. Wzorce i standardy nie mają charakteru obligatoryjnego – decyzję o wykorzystaniu ujętych w nich propozycji podejmuje zarządca drogi lub projektant, kierując się potrzebą doboru optymalnych rozwiązań w konkretnym przypadku.

Przy opracowywaniu rekomendacji gotowych rozwiązań dla zarządców i projektantów słuchamy głosów osób z branży drogowej oraz środowiska naukowego, które są niezbędne w określeniu zakresu aktualizacji dokumentów i opracowań. Ministerstwo Infrastruktury jest współorganizatorem Forum Wzorców i Standardów, które jest jednym z najważniejszych wydarzeń branży drogowej i mostowej, a także miejscem dyskusji oraz wymiany doświadczeń projektantów, wykonawców i zarządców dróg.

Obecnie kończymy prace nad aktualizacją opracowań dotyczących projektowania dróg zamiejskich, poszerzania jezdni dróg zamiejskich i ulic, powiązań drogowych obiektów inżynierskich z terenem i drogą oraz konstrukcji drogowych obiektów mostowych i przepustów, a także katalogów typowych konstrukcji mostów, wiaduktów i przepustów drogowych. Równolegle aktualizowane są opracowania na temat nawierzchni jezdni, wytyczne utrzymania

tych nawierzchni oraz poboczy dróg samorządowych. Zakończenie tych prac zaplanowaliśmy na II półrocze br.

Jak Pan Minister postrzega model „projektuj i buduj” w inwestycjach drogowych?

Zdecydowana większość naszych inwestycji jest realizowana w systemie „projektuj i buduj”. Tryb ten został zastosowany w większej części, bo prawie 90% przetargów ogłoszonych dla zadań z Rządowego Programu Budowy Dróg Krajowych do 2030 r. oraz programu budowy obwodnic. W przypadku bardzo skomplikowanych inwestycji stosujemy system „buduj”. W takim trybie ogłosiliśmy przetargi na realizację m.in. Zachodniej Obwodnicy Szczecina w ciągu S6 oraz rozbudowę

Domykamy system transportowy kraju i zwiększamy przepustowość tam, gdzie ruch jest największy.

autostrady A2 Łódź–Warszawa. Obecnie biura projektowe pracują nad dokumentacją niezbędną do uzyskania decyzji ZRID dla S7 Kielpin–Warszawa oraz czterech odcinków S52 Beskidzkiej Drogi Integracyjnej. Dla tych zadań w kolejnych latach będziemy ogłaszać przetargi w trybie „buduj”. Opracowanie dokumentacji projektowej, a następnie wybór wykonawcy zaplanowaliśmy także dla inwestycji polegającej na rozbudowie A4 w Małopolsce i na Śląsku.

Jak ocenia Pan Minister dostępność kadr inżynierskich i jakie działania mogą zwiększyć atrakcyjność pracy inżyniera w sektorze infrastruktury?

Praca przy projektach infrastrukturalnych stanowi stabilną, atrakcyjną ofertę zatrudnienia. Ministerstwo Infrastruktury, jako największy inwestor w zakresie inwestycji infrastrukturalnych, dba o to, aby pracy dla inżynierów nie zabrakło. Realizacja wielkich



projektów drogowych, kolejowych czy lotniskowych nie jest możliwa bez doświadczonej, kompetentnej kadry inżynierskiej. Takie projekty, na których brak nie możemy narzekać, to baza i swista „trampolina” do rozwoju przyszłej kariery dla tysięcy pracowników. Część z nich, co warto podkreślić, będzie stanowić w przyszłości trzon branży i solidne wsparcie dla rynku wykonawczego. Dla nas priorytetem jest utrzymanie płynności oraz stabilności rynku. Szeroki strumień inwestycji, a także proces utrzymania wybudowanej przez ostatnie dekady infrastruktury stanowią stabilny rynek zatrudnienia dla kolejnych pokoleń wykwalifikowanych inżynierów.

Jaka jedna zmiana systemowa byłaby dziś najważniejsza dla sprawniej realizacji inwestycji drogowych w Polsce?

Proces budowy drogi, podobnie jak każdej innej inwestycji liniowej, jest niezwykle złożony i obciążony wieloma ryzykami. Musimy pamiętać, że część tego procesu leży poza kompetencjami mojego resortu. Nie mamy przecież wpływu na wydawanie decyzji administracyjnych, w tym kluczowych dla inwestycji decyzji środowiskowych. Do tego dochodzą protesty

i odwołania. Za każdym razem trzeba wypracować taki model trasy, aby inwestycja była optymalna pod wieloma względami: społecznym, ekonomicznym, gospodarczym i środowiskowym.

Obecne przepisy nie przewidują możliwości przyspieszenia inwestycji z uwagi na ważny interes społeczny, a takim jest np. realizacja zadań istotnych z punktu widzenia obronności. Tymczasem proces inwestycyjny trwa kilka, a niekiedy nawet kilkanaście lat. Dlatego przygotowaliśmy projekt ustawy, którego celem jest usprawnienie procesu inwestycyjnego kluczowych zadań, przede wszystkim skrócenie i uproszczenie procedur administracyjnych.

Istotnym wyzwaniem, prócz ram prawnych, jest też zagwarantowanie odpowiednich środków na realizację naszych priorytetów. Tutaj też powinniśmy dążyć do zapewnienia stabilnego źródła finansowania, niezależnie od cyklu gospodarczego.

Jakie projekty drogowe uważa Pan za kluczowe dla bezpieczeństwa i konkurencyjności polskiego transportu w perspektywie najbliższych 5–10 lat?

W praktyce wszystkie te projekty, które realizujemy, składają się na system trans-

portowy kraju, powiązany dodatkowo z siecią drogową naszych sąsiadów. Jesteśmy coraz bliżej ukończenia pełnego szkieletu komunikacyjnego kraju, który całościowo przełoży się na wzrost bezpieczeństwa i konkurencyjności polskiego transportu. Do dyspozycji mamy już prawie 5,5 tys. km tras szybkiego ruchu z zaplanowanych 8 tys. km, zatem przed nami jeszcze sporo pracy.

Przygotowujemy się do realizacji m.in. Obwodnicy Aglomeracji Warszawskiej, Beskidzkiej Drogi Integracyjnej, rozbudowy A4 na odcinkach o największym natężeniu ruchu, rozwijamy układ dojazdowy do Portu Polska, Portu Morskiego w Gdyni czy też pierwszej polskiej elektrowni jądrowej. Realizujemy inwestycje we wschodniej Polsce, które są szczególnie istotne w obecnej sytuacji geopolitycznej. Mówimy tu o budowie S19, ale także dostępie do przejść granicznych z Ukrainą w ciągu S12 i S17.

Tam, gdzie natężenie ruchu jest największe, poszerzamy autostrady, żeby zwiększyć ich przepustowość. Bardzo ważne są też obwodnice miast, dlatego oddajemy do ruchu kolejne zadania i rozpoczynamy nowe, bo to realnie poprawia komfort życia oraz bezpieczeństwo w wielu miejscowościach. I wreszcie są mniejsze inwestycje, ale często o największym wpływie na codzienne życie mieszkańców, czyli przebudowy chodników, budowa rond, montowanie sygnalizacji świetlnej i doświetlanie przejść dla pieszych. Kluczowe jest systemowe podnoszenie jakości całej sieci transportowej, bo wtedy poprawia się bezpieczeństwo, a przedsiębiorcom łatwiej prowadzić działalność w sposób bardziej przewidywalny.

W najbliższych latach będziemy też poświęcać coraz więcej uwagi utrzymaniu istniejących dróg, tak aby kierowcy mogli korzystać z nowoczesnych, bezpiecznych i wygodnych tras. ■

Dziękuję za rozmowę.

Rozmawiała Anna Dębińska

Konferencja MPPZ 2025 – infrastruktura transportowa wobec wyzwań klimatycznych

XIV Konferencja Naukowo-Techniczna Mosty, przepusty i przejścia dla zwierząt – infrastruktura wobec wyzwań klimatycznych i zjawisk ekstremalnych była poświęcona problematyce odporności infrastruktury komunikacyjnej na zmiany klimatu oraz rosnącą skalę zjawisk ekstremalnych.

Organizatorami wydarzenia, które miało miejsce 10–11 grudnia 2025 r. w Zielonej Górze, byli: Związek Mostowców Rzeczypospolitej Polskiej, Infrastruktura Komunikacyjna Sp. z o.o. oraz Wydawnictwo nbi media. Wziął w nim udział Mariusz Dobrzeński, prezes PIIB.

XIV edycja odbyła się w kontekście nasilających się w ostatnich latach intensywnych opadów, powodzi, silnych wiatrów oraz coraz częstszych epizodów skrajnych temperatur. Już na wstępie obrad podkreślono konieczność ścisłej integracji wiedzy technicznej z doświadczeniami eksploatacyjnymi oraz uwarunkowaniami środowiskowymi. W kolejnych sesjach dominowały zagadnienia związane z:

- trwałością mostów i przepustów w warunkach rosnących obciążeń środowiskowych,
- projektowaniem i modernizacją konstrukcji gruntowo-powłokowych,
- zabezpieczeniami obiektów przed skutkami powodzi i podtopień,
- diagnostyką i oceną stanu technicznego obiektów po zdarzeniach ekstremalnych,
- adaptacją infrastruktury transportowej do zmian klimatu.

Szczególne wartości miały prezentacje odwołujące się do konkretnych realizacji oraz doświadczeń z ostatnich lat, w tym do skutków powodzi z 2024 r.

Odbyła się także nowa sesja poświęcona zagadnieniom infrastruktury w sytuacjach nadzwyczajnych i kryzysowych. W obliczu zmieniającej się sytuacji geopolitycznej oraz doświadczeń płynących z ostatnich konfliktów zbrojnych uznano za zasadne rozszerzenie dyskusji o aspekty związane z odpornością obiektów inżynieryjnych na zagrożenia o charakterze



**prof. dr hab. inż.
Adam Wysokowski**

kierownik Zakładu Inżynierii Drogowej, Kolejowej, Mostów i Tuneli, Instytut Budownictwa, Uniwersytet Zielonogórski; przewodniczący Związku Mostowców RP

nieryjnych na zagrożenia o charakterze militarnym i hybrydowym.

W panelu dyskusyjnym poświęconym kierunkom rozwoju infrastruktury komunikacyjnej w perspektywie najbliższych lat mówiono o kilku zasadniczych kwestiach:

- granicach technicznych i środowiskowych rozwoju infrastruktury,
- wpływie rosnących wymagań formalnych na proces inwestycyjny,
- potrzebie racjonalizacji wydatków publicznych przy jednoczesnym podnoszeniu standardów bezpieczeństwa,
- konieczności aktualizacji wytycznych projektowych w kontekście nowych zagrożeń klimatycznych.

Istotnym wątkiem konferencji była problematyka przejść dla zwierząt jako integralnego elementu systemów transportowych. Wskazano, że dalszy rozwój w tym obszarze nie powinien polegać wyłącznie na mechanicznym zwiększaniu parametrów geometrycznych obiektów. Kluczowe znaczenie przypisano właściwemu rozpoznaniu lokalnych uwarunkowań środowiskowych, analizie rzeczywistego wykorzystania przejść przez faunę, podejmowaniu decyzji projektowych w oparciu o dane empiryczne.

Wydarzenie miało również wymiar jubileuszowy. Uhonorowano 70-lecie prof. Adama Wysokowskiego – inicjatora i wieloletniego animatora konferencji, którego działalność znacząco wpłynęła na rozwój dyskusji o nowoczesnym i zrównoważonym mostownictwie w Polsce.

Organizatorzy zapraszają do udziału w XV edycji wydarzenia, którą zaplanowano na grudzień 2027 r. ■



Mariusz Dobrzeński, prezes PIIB, wręca pamiątkową statuetkę prof. Adamowi Wysokowskiemu



Twoja nowa inwestycja: lepszą formą z PZU Sport

Więcej na: sport.pzu.pl



Inwestycja w zdrowie na cały rok

Jak inżynier budownictwa może realnie zadbać o kondycję i zdrowie dzięki PZU Sport?



Nie tylko początek roku, ale każdy moment jest dobry, aby podjąć decyzję: „będę ćwiczyć”, „zadbam o zdrowie”, „skończę z bólem pleców”. Rzeczywistość zawodowa inżyniera szybko weryfikuje nawet najlepsze plany: długie siedzenie, presja, koncentracja godzinami, brak ruchu – i znów pojawia się znany ból pleców, sztywność karku, zmęczenie, stres i... brak czasu dla siebie.

Właśnie dlatego PZU Sport staje się jednym z najbardziej praktycznych narzędzi do realizacji postanowień zdrowotnych i długoterminowej inwestycji w siebie. **Wybierz abonament sportowo-rekreacyjny PZU Sport i zyskaj dostęp do aktywności, które możesz dopasować do napiętego dnia pracy.** Bez planowania, bez logistyki, bez wymówek.

CODZIENNOŚĆ INŻYNIERA KONTRA POSTANOWIENIE ZMIANY

Praca w branży technicznej to precyzja, odpowiedzialność i wielogodzinne skupienie, ale dla zdrowia to wyzwanie. Dla organizmu oznacza to typowe problemy:

- ból łędwii i szyi po długiej pracy przy komputerze,
- sztywne barki od statycznej pozycji,
- przeciążone nadgarstki,
- zmęczony wzrok,
- rosnący stres i napięcie psychiczne.



Nic dziwnego, że wiele zdrowotnych planów na ten rok dotyczących dbania o siebie kończy się po kilku tygodniach. Abonament PZU Sport „odczaruje” problem, ułatwi konsekwencję oraz pomoże wytrwać w postanowieniach przez cały rok.

DLACZEGO PZU SPORT TO OPŁACALNA INWESTYCJA W ZDROWIE?

1. Jedna decyzja, tysiące możliwości

Siłownie, baseny, aquaparki, fitness, squash, joga, wspinaczka, sporty walki i wiele innych – wszystko w jednym abonamencie, czyli maksimum dostępności.

2. Efekty dokładnie tam, gdzie ich potrzebujesz

Regularna aktywność dzięki PZU Sport:

- wzmacnia mięśnie wspierające kręgosłup,
- redukuje ból pleców i karku,
- poprawia mobilność,
- obniża stres i zwiększa energię,



- poprawia koncentrację i efektywność pracy.

3. Motywacja, która działa przez cały rok

Dostęp do wielu form aktywności to brak nudy.

Elastyczność godzin i lokalizacji to brak wymówek.

Wygodna aplikacja to łatwe planowanie.

Inspiracje, wyzwania i społeczność to stała motywacja.

ZDROWIE TO PROCES, A PZU SPORT POMAGA GO UTRZYMAĆ

Wyobraź sobie prostą decyzję na ten rok: „**ćwiczę regularnie choćby przez 30 min dziennie**”.

Po **1** miesiącu – mniej bólu.

Po **3** – lepsza kondycja i spokojniejsza głowa.

Po **6** – wyższa energia i efektywność w pracy.

To nie obietnica, to naturalny efekt ruchu oraz wyгоды, którą daje abonament PZU Sport. **Tak jak Ty usprawniasz procesy, tak abonament PZU Sport wspiera inwestycję w Twoje zdrowie i usprawnia Twoją codzienność.** ■



Ofertę abonamentu sportowo-rekreacyjnego PZU Sport znajdziesz na: portal.piib.org.pl.

Oświetlenie drogowe

Zmiany eksploatacyjne parametrów fotometrycznych i dobór współczynnika utrzymania

Podstawowe parametry fotometryczne na oświetlanej drodze są wartościami eksploatacyjnymi. Muszą być więc zachowane przez cały okres użytkowania instalacji. Projektant ma obowiązek dobrać odpowiedni współczynnik utrzymania. Powinien przy tym nie tylko uwzględnić parametry fotometryczne źródeł światła i opraw oświetleniowych oraz warunki środowiskowe, w jakich one pracują, lecz także określić odpowiedni system konserwacji instalacji oświetleniowej.

Podstawowym zadaniem oświetlenia drogowego jest zagwarantowanie określonego poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego i zwiększenie bezpieczeństwa publicznego. Osiąga się to poprzez zapewnienie odpowiednich warunków widzenia wszystkim uczestnikom ruchu drogowego oraz umożliwienie im identyfikacji zdarzeń i zachowań potencjalnie niebezpiecznych. Oświetlenie wpływa również bezpośrednio na subiektywne poczucie bezpieczeństwa użytkowników przestrzeni publicznej. Aby zrealizować te cele, musi być zgodne z wymaganiami normatywnymi określającymi parametry fotometryczne wskazane dla każdej klasy oświetleniowej [1, 2].

Prawidłowo zaprojektowany system oświetlenia drogowego powinien spełniać swoją funkcję przez cały okres eksploatacji. Każdy system jednak stop-



dr inż. Małgorzata Zalesińska

Politechnika Poznańska,
Zakład Metrologii, Elektroniki
i Techniki Świetlnej

niowo, od momentu uruchomienia, traci swoje właściwości fotometryczne. Związane z tym pogorszenie jakości oświetlenia drogi w stosunku do wartości początkowych wynika ze zmian spowodowanych czynnikami zabrudzeniowymi i starzeniowymi punktów świetlnych, takimi jak:

- spadek strumienia świetlnego źródeł światła oraz ich powolne wygaszanie w wyniku eksploatacji,
- obniżenie sprawności opraw oświetleniowych na skutek starzenia się oraz zanieczyszczenia ich elementów optycznych.

Obowiązkiem każdego projektanta jest dobranie odpowiedniej war-

tości współczynnika utrzymania (ang. maintenance factor). Powinna ona uwzględniać zmiany parametrów fotometrycznych punktów świetlnych w trakcie eksploatacji na skutek zmian starzeniowych oraz pracy w konkretnym środowisku, a także czasookresy zabiegów konserwacyjnych. Projektant musi również podać w dokumentacji projektowej wszystkie założenia przyjęte przy wyznaczaniu wartości współczynnika utrzymania. Powinien też przygotować plan konserwacji, który określi czas wymiany źródeł światła (w przypadku technologii LED jest to zazwyczaj czas wymiany opraw oświetleniowych), a także metodę i częstotliwość czyszczenia punktów świetlnych. Niedopuszczalne jest, aby przyjmować wartość domyślną podawaną w programach wspomagających obliczenia oświetleniowe.

ZMIANY EKSPLOATACYJNE PARAMETRÓW FOTOMETRYCZNYCH

Przyczyny zmian parametrów oświetleniowych wynikają z wielu czynników, takich jak:

- temperatura otoczenia,
- właściwości stateczników i zasilaczy,
- proces starzenia się materiałów,
- zmiany właściwości refleksyjnych powierzchni drogowych,
- eksploatacyjne zmiany parametrów źródeł światła (np. spadek strumienia świetlnego, wygasanie),
- zabrudzenie opraw oświetleniowych.

Wszystkie te elementy można podzielić na dwie główne grupy, które wpływają na pogorszenie jakości oświetlenia. Pierwszą stanowią czynniki związane ze starzeniem się elementów optycznych oprawy oświetleniowej, co powoduje stopniowe obniżanie się jej sprawności. Zmiany te mają charakter nieodwracalny. Są niezależne od zabiegów konserwacyjnych i zachodzą pod wpływem warunków środowiskowych, w jakich są eksploatowane oprawy. Intensywność tego procesu zależy od ich konstrukcji, temperatury pracy oraz od jakości materiałów, z jakich wykonano optycznie czynne powierzchnie. Do nieodwracalnych zmian starzeniowych zalicza się również eksploatacyjny spadek strumienia świetlnego źródeł światła pracujących w oprawach oświetleniowych. Współcześnie są to niemal wyłącznie moduły LED.

Druga grupa parametrów to czynniki, które zależą od warunków eksploatacji opraw oświetleniowych. Ten wpływ można zminimalizować, dobierając odpowiedni sprzęt oświetleniowy (o właściwym stopniu ochrony IP) oraz poddając go regularnym zabiegom konserwacyjnym. Mowa tu m.in. o wymianie przepalonych źródeł światła i uszkodzonych elementów osprzętu, a także czyszczeniu lamp oraz opraw oświetleniowych.

1. Eksploatacyjne zmiany parametrów fotometrycznych lamp LED. Intensywność zmian eksploatacyjnych źródeł światła zależy od typu lampy, producenta oraz

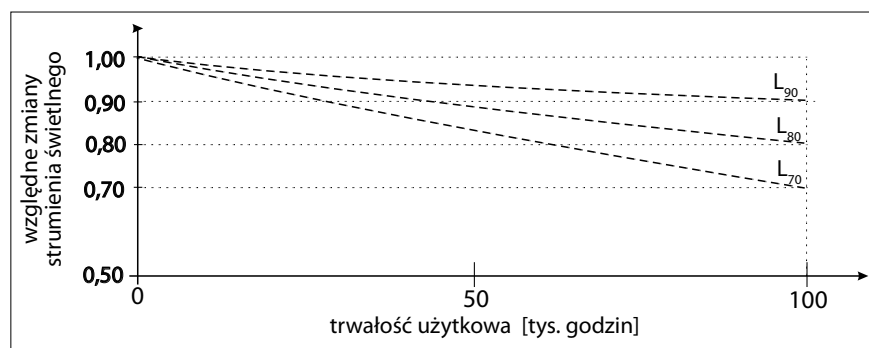
warunków eksploatacji. Obecnie praktycznie wszystkie nowe instalacje oświetlenia zewnętrznego są projektowane i wykonywane w technologii LED. Trwałość użytkowa opraw oświetleniowych jest określana dla założonego spadku strumienia świetlnego, który podaje się w postaci parametru $L_x B_y$, gdzie:

- L_x – odnosi się do spadku strumienia świetlnego do wartości maksymalnej $X\%$ w założonym czasie świecenia; parametr ten najczęściej przyjmuje wartość 70, 80 lub 90;
- B_y – oznacza $Y\%$ lamp (chipów) w module, które mogą nie spełniać tego kryterium dopuszczalnego spadku strumienia świetlnego i mogą uzyskiwać niższe wartości strumieni świetlnych niż założone $X\%$. Im wyższa jest wartość parametru X , tym mniejszy spadek strumienia świetlnego będzie występował w trakcie

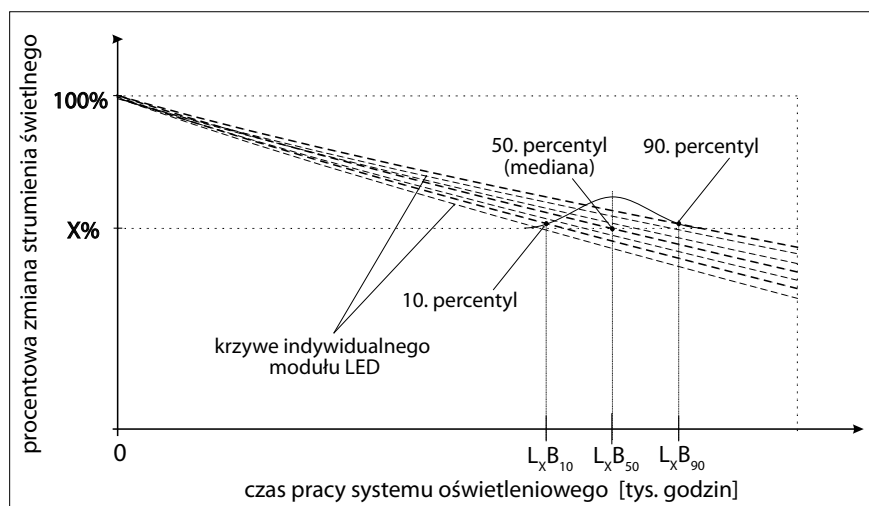
funkcjonowania oświetlenia. Im niższa jest wartość parametru Y , tym bardziej restrykcyjnie będzie zachowany strumień świetlny modułu LED przez większy procent chipów, ale najczęściej kosztem deklarowanej trwałości użytkowej.

Czołowi producenci opraw oświetleniowych gwarantują obecnie spadek strumienia świetlnego nie większy niż 90% wartości początkowej przy trwałości użytkowej wynoszącej 100 000 godz. Zatem parametr $L_{90} B_{50}$ dla trwałości 100 000 godz. oznacza, że po 100 000 godz. spadek strumienia świetlnego całego modułu LED sięgnie 90% wartości początkowej, a kryterium tego może nie spełnić 50% lamp (chipów) w module.

Graficzną zależność między L_{70} , L_{80} i L_{90} pokazano na rys. 1. Wpływ parametru B_y na trwałość użytkową przedstawiono na rys. 2.

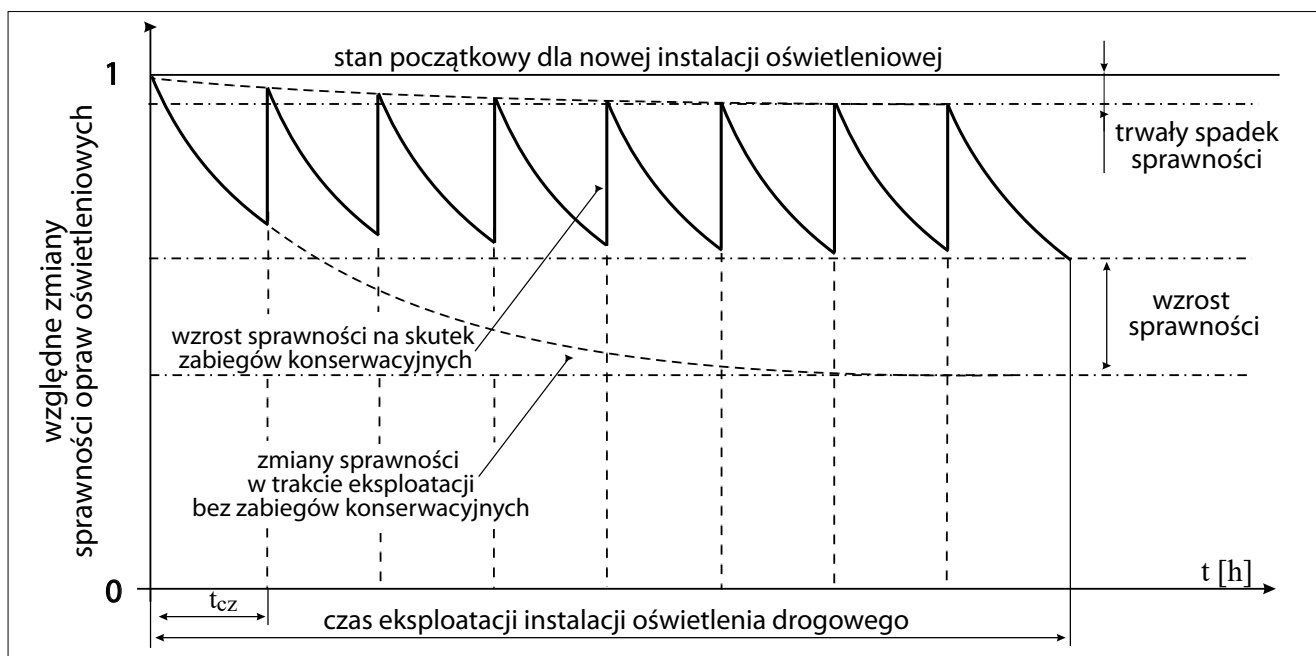


Rys. 1. Zależność między L_{70} , L_{80} i L_{90} przy zachowaniu tej samej trwałości użytkowej



Rys. 2. Porównanie wpływu B_{10} , B_{50} i B_{90} na trwałość użytkową modułów LED

Rys. autorki



Rys 3. Wpływ zabiegów konserwacyjnych na zmiany sprawności opraw oświetleniowych

2. Eksploatacyjne zmiany strumienia świetlnego opraw. Na zmiany ilościowe parametrów oświetleniowych podczas eksploatacji, oprócz spadku strumienia świetlnego modułów LED, istotny wpływ ma również obniżenie sprawności opraw oświetleniowych spowodowane osadzeniem się kurzu i brudu na ich optycznie czynnych powierzchniach. Proces ten ma charakter ciągły bez względu na to, czy oprawy świecą, czy też nie. Można go częściowo odwrócić dzięki przeprowadzanym zabiegom konserwacyjnym. Po wyczyszczeniu opraw oświetleniowych ich sprawność wzrasta, jednak nie osiąga już wartości początkowej. Stopień i intensywność zabrudzenia zależą od konstrukcji

chu drogowego, obecność piasku lub błota na nawierzchni drogowej.

Wpływ zabiegów konserwacyjnych (polegających na czyszczeniu kloszy) na zmiany sprawności opraw oświetleniowych pokazano na rys. 3.

3. Plan konserwacji. Aby zapewnić odpowiedni poziom luminancji lub natężenia oświetlenia na drodze, już na etapie doboru współczynnika utrzymania należy opracować plan konserwacji systemu oświetlenia drogowego, wskazując przy tym częstotliwość działań. Powinny one obejmować zarówno oprawy oświetleniowe (ich czyszczenie oraz wymianę uszkodzonych elementów), jak i źródła światła

źródeł światła w miarę ich uszkodzenia. Druga – grupowa, zakłada jednoczesną wymianę wszystkich źródeł po określonej liczbie godzin świecenia, niezależnie od ich stanu technicznego. Trzecia – łączna, jest kompilacją obu wcześniejszych metod: początkowo stosuje się pierwszą, a po przekroczeniu ustalonego okresu pracy – drugą. Współczesna technologia LED, stosowana w oświetleniu drogowym, charakteryzuje się bardzo dużą trwałością użytkową oraz niskim spadkiem strumienia świetlnego w czasie. Dzięki temu nie jest potrzebna wymiana grupowa lamp LED, jak to miało miejsce w przypadku źródeł wyładowczych. Zamiast niej stosuje się metodę indywidualną i niesprawne moduły LED lub uszkodzone zasilacze wymienia się na bieżąco. W zależności od warunków gwarancji lub postanowień umowy serwisowej możliwa jest również wymiana całej oprawy oświetleniowej.

Oprócz podania metody wymiany niesprawnych komponentów opraw oświetleniowych plan konserwacji powinien określać częstotliwość wykonywania zabiegów konserwacyjnych. Zależy ona od tempa spadku sprawności opraw oświetleniowych w konkretnym

Stosowana w oświetleniu drogowym współczesna technologia LED ma bardzo dużą trwałość użytkową i niski spadek strumienia świetlnego w czasie.

oprawy (głównie od stopnia ochrony IP). Nie bez znaczenia są tu także warunki atmosferyczne, które panują w miejscu jej funkcjonowania, takie jak poziom zanieczyszczeń przemysłowych, natężenie ru-

(zastąpienie ich nowymi po upływie określonego czasu eksploatacji). W praktyce stosuje się trzy metody wymiany tych ostatnich. Pierwsza – indywidualna, polega na bieżącym zastępowaniu

środowisku pracy i bezpośrednio wpływa na dobór współczynnika utrzymania. Im częściej planuje się ich czyszczenie, tym wyższą jego wartość można założyć na etapie projektowania. Umożliwia to zastosowanie mniejszego przewymiarowania instalacji na początku eksploatacji, co przekłada się na niższe nakłady inwestycyjne oraz zmniejszenie wydatków na energię elektryczną w późniejszym okresie. Należy jednak pamiętać, że częstsza konserwacja wiąże się z podwyższonymi wymaganiami eksploatacyjnymi. Analizując oświetlenie drogowe, warto więc uwzględniać pełen obraz finansowy, obejmujący zarówno etap inwestycji, jak i całe dalsze użytkowanie systemu, zamiast koncentrować się jedynie na początkowych wydatkach oraz rachunkach za prąd.

WSPÓŁCZYNNIK UTRZYMANIA W OŚWIETLENIU DROGOWYM

Współczynnik utrzymania f_M to stosunek średniego natężenia oświetlenia, czyli $E_{av}(t)$, wytworzonego przez instalację oświetleniową po pewnym okresie eksploatacji t , do średniego natężenia oświetlenia wytworzonego przez tę instalację na początku eksploatacji: $E_{av}(t=0)$ [3, 4].

$$f_M = \frac{E_{av}(t)}{E_{av}(t=0)} \quad (1)$$

W przypadku oświetlenia drogowego, w którym kryterium projektowym jest luminancja [5], współczynnik utrzymania można wyrazić stosunkiem średniej luminancji nawierzchni drogi, czyli $L_{av}(t)$ po pewnym czasie t użytkowania punktów świetlnych, do średniej luminancji

nawierzchni drogi występującej na początku ich funkcjonowania, tzn. $L_{av}(t=0)$.

$$f_M = \frac{L_{av}(t)}{L_{av}(t=0)} \quad (2)$$

Liczbowo wartość współczynnika utrzymania wyznacza się na podstawie iloczynu czterech cząstkowych współczynników utrzymania [6]:

$$f_M = f_{LF} \times f_S \times f_{LM} \times f_{SM} \quad (3)$$

gdzie:

f_{LF} – współczynnik utrzymania strumienia świetlnego (ang. the luminous flux factor),

f_S – współczynnik wygasania lamp (ang. the survival factor),

f_{LM} – współczynnik utrzymania oprawy oświetleniowej (ang. the luminaire maintenance factor),

f_{SM} – współczynnik utrzymania powierzchni (ang. the surface maintenance factor).

• SMF (współczynnik utrzymania powierzchni).

Oznaczenia te funkcjonują do dziś, a współczynnik utrzymania MF jest wyznaczany jako [7]:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times SMF \quad (4)$$

DOBÓR WSPÓŁCZYNNIKA UTRZYMANIA W OŚWIETLENIU DROGOWYM

1. Współczynnik utrzymania strumienia świetlnego f_{LF} jest cząstkowym współczynnikiem utrzymania, określającym stopień obniżania się strumienia świetlnego źródeł światła lub opraw oświetleniowych ze zintegrowanym modułem LED podczas normalnej eksploatacji. W przypadku lamp LED wartość współczynnika f_{LF} określa się na podstawie parametru L_x (np. L_{90}) [6]:

$$f_{LF} = \frac{x}{100} \quad (5)$$

Zatem dla L_{90} współczynnik f_{LF} przyjmuje wartość 0,90.

Wartość współczynnika utrzymania oraz plan konserwacji muszą być traktowane jako integralne składniki procesu projektowego.

W publikacji Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej CIE z 2003 r. [7] współczynnik utrzymania został oznaczony symbolem MF, a cząstkowe współczynniki utrzymania odpowiednio:

- LLMF (współczynnik strumienia świetlnego lamp),
- LSF (współczynnik wygasania lamp),
- LMF (współczynnik utrzymania oprawy oświetleniowej),

Oprawy oświetleniowe wykonane w technologii LED charakteryzują się bardzo dużą trwałością przy założonym spadku strumienia świetlnego. Przy trwałości użytkowej wynoszącej 100 000 godz. i rocznym czasie świecenia przyjmowanym w oświetleniu drogowym na poziomie 4000 godz. przewidywany czas eksploatacji wynosi 25 lat. Jeżeli na etapie projektowania, przy

Tab. 1. Cząstkowe wartości współczynników utrzymania strumienia świetlnego dla wybranych czasów eksploatacji określone w ISO/CIE TS 22012:2019 [6]

Trwałość użytkowa [tys. godz.]	L_x [-]	Współczynnik utrzymania strumienia świetlnego f_{LF} [-]							
	x	30	40	50	60	70	80	90	100
50	80	0,87	0,84	0,80	-	-	-	-	-
	90	0,94	0,92	0,90	-	-	-	-	-
70	80	0,91	0,88	0,85	0,83	0,80	-	-	-
	90	0,96	0,94	0,93	0,91	0,90	-	-	-
100	80	0,94	0,91	0,89	0,87	0,86	0,84	0,82	0,80
	90	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90

Tab. 2. Uogólnione wartości współczynników utrzymania opraw oświetlenia drogowego [6, 7]

Stopień ochrony IP	Środowisko pracy	Częstotliwość czyszczenia opraw oświetleniowych [miesiące]					
		12	18	24	30	36	48
IP5X	czyste	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,86
	przeciętne	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,78
	brudne	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76	0,68
IP6X	czyste	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,87
	przeciętne	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87	0,85
	brudne	0,91	0,90	0,88	0,86	0,83	0,78

gdzie:

- środowisko pracy czyste: brak znaczącego zapylenia i zadymienia, umiarkowany ruch motorowy (przedmieścia, obszary wiejskie);
- środowisko pracy przeciętne: umiarkowane zapylenie i zadymienie, umiarkowany ruch (osiedla mieszkaniowe, przemysł lekki);
- środowisko pracy brudne: okresowe zapylenie i zadymienie, znaczny ruch (centra miast, obszary przemysłowe).

dobrze współczynnika utrzymania, zostanie założony krótszy całkowity czas eksploatacji opraw oświetleniowych, a co za tym idzie – niższy spadek strumienia świetlnego, to możliwe jest zastosowanie w obliczeniach wyższej wartości współczynnika f_{LP} . Dla krótszego czasu wymiany opraw oświetleniowych, np. po 90 000 godz., należy posłużyć się danymi producenta. Jeżeli ich nie podaje, można skorzystać z wartości przybliżonych, które zamieszczono w publikacji ISO/CIE TS 22012:2019 [6].

Częstkowe wartości współczynników utrzymania strumienia świetlnego dla wybranych czasów eksploatacji podano w tab. 1.

W oprawach oświetleniowych, w których zastosowano system sterowania mocą, jest możliwe stałe utrzymywanie żądanej wartości strumienia świetlnego oprawy w trakcie świecenia. System w oparciu o znane lub przewidywane charakterystyki spadku strumienia świetlnego opraw oświetleniowych w trakcie eksploatacji

ma za zadanie utrzymywanie stałej wartości strumienia świetlnego emitowanego z oprawy (ang. constans light output, CLO). Funkcję CLO realizuje się poprzez początkowe przyciemnienie źródeł światła mających wyższy strumień świetlny, niż wymagają tego początkowe warunki oświetleniowe, do poziomu odpowiadającego przewidywanemu strumieniowi świetlnemu na koniec okresu eksploatacji. Potem w jej trakcie następuje stały wzrost strumienia świetlnego poprzez zwiększanie natężenia prądu (a tym samym poboru mocy). W ten sposób skompensowany jest spadek strumienia świetlnego spowodowany starzeniem się lamp. Rosnący z czasem pobór mocy należy uwzględnić w projekcie elektrycznym i obliczeniach energetycznych. Dzięki utrzymywanej stałej wartości strumienia świetlnego opraw oświetleniowych możliwe jest przyjęcie na etapie projektowania wartości cząstkowego współczynnika utrzymania f_{LP} równej 1,0, a tym samym wyższej wartości docelowego współczynnika utrzymania f_M .

2. Współczynnik wygasania lamp f_s jest cząstkowym współczynnikiem utrzymania, który opisuje prawdopodobieństwo wygasania lamp podczas eksploatacji. Dobór współczynnika f_s powinien być oparty na metodzie wymiany lamp przyjętej w planie konserwacyjnym.

W praktyce eksploatacyjnej dla opraw oświetleniowych wykonanych w technologii LED zakłada się indywidualną wymianę uszkodzonych podzespołów oprawy lub całych opraw. Wartość cząstkowego współczynnika wygasania lamp lub opraw oświetleniowych f_s przyjmuje wówczas wartość równą 1,0.

Jeżeli jednak, np. z powodu utrudnionego dostępu do opraw oświetleniowych, wymiana indywidualna nie jest możliwa, w planie konserwacji należy założyć wymianę grupową lamp lub opraw oświetleniowych, a w doborze współczynnika utrzymania uwzględnić wartość współczynnika trwałości. Przy oszacowaniu wartości współczynnika f_s trzeba wziąć pod uwagę trwałość wszystkich

Tab. 3. Wartości współczynnika fLM stosowane w Wielkiej Brytanii dla opraw oświetleniowych wykonanych w technologii LED [8]

Środowisko pracy oraz wysokości montażu opraw oświetleniowych	Częstotliwość czyszczenia opraw oświetleniowych [miesiące]					
	12	24	36	48	60	72
E1/E2, h ≤ 6 m	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92
E1/E2, h > 6 m						
E3/E4, h ≤ 6 m	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84
E3/E4, h > 6 m	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92

gdzie:

- E1 – środowisko czyste, np. obszary leśne o niewielkim natężeniu ruchu;
- E2 – środowisko wiejskie: obszary podmiejskie o niewielkim natężeniu ruchu;
- E3 – centra małych miast: obszary podmiejskie o średnim natężeniu ruchu;
- E4 – centra dużych miast: obszary o dużym natężeniu ruchu.

komponentów układu optycznego wraz z trwałością zasilaczy modułów LED. Współczynnik trwałości określa się dla podzespołu o największej awaryjności i najkrótszym okresie między koniecznymi wymianami.

Cząstkowy współczynnik trwałości wyznacza się wówczas na podstawie zależności [6]:

$$f_s = 1,0 - \frac{pf}{100} \quad (6)$$

gdzie pf jest prawdopodobieństwem uszkodzenia się komponentu w trakcie założonego czasu eksploatacji w %.

3. Współczynnik utrzymania oprawy oświetleniowej f_{LM} jest cząstkowym współczynnikiem utrzymania związanym z obniżaniem się sprawności oprawy oświetleniowej w trakcie eksploatacji. Opisuje on eksploatacyjną zmianę sprawności oprawy oświetleniowej. Wartość współczynnika f_{LM} jest najtrudniejsza do oszacowania spośród wszystkich cząstkowych współczynników utrzymania ze względu na dużą różnorodność konstrukcji opraw oświetleniowych oraz zróżnicowane warunki pracy i brak dostępnych danych dotyczących konkretnego przypadku. W takiej sytuacji, przy doborze cząstkowego współczynnika utrzymania opraw oświetleniowych, zaleca się korzystanie z wartości uśrednionych dostępnych w publikacjach [6, 7] (tab. 2).

Dane przytoczone w tab. 2 pochodzą z 2003 r., a więc z czasów, gdy w oświetleniu drogowym stosowano praktycznie oprawy oświetleniowe z lampami wyładowczymi. Nowsze badania z Wielkiej Brytanii [9] wykazały, że na zabrudzenie się opraw oświetleniowych wykonanych w technologii LED, a tym samym na zmniejszanie się sprawności opraw, istotny wpływ ma wysokość montażu w danym środowisku pracy. Uwzględniając wyniki tych badań [9], w Wielkiej Brytanii przyjęto znacznie niższe wartości cząstkowych współczynników utrzymania opraw oświetleniowych wykonanych w technologii LED w porównaniu z wcześniejszymi zaleceniami. Wartości cząstko-

Tab. 4. Zestawienie wyznaczonych wartości współczynników utrzymania dla założonej sytuacji oświetleniowej

Współczynnik utrzymania	Wartości współczynników					
	L_{90}					
f_{LF}	założenia przyjęte w trakcie obliczeń					
	100 000 h		90 000 h (22,5 lat × 4000 h)		utrzymanie stałego strumienia świetlnego (CLO)	
	0,90		0,91		1,0	
f_s	1,00		1,00		1,0	
f_{LM}	założenia przyjęte w trakcie obliczeń					
	wg [6, 7]	wg [8]	wg [6, 7]	wg [8]	wg [6, 7]	wg [8]
	0,78	0,94	0,78	0,94	0,78	0,94
f_{SM}	1,00		1,00		1,00	
f_M	0,70	0,85	0,71	0,86	0,78	0,94

wego współczynnika utrzymania przyjmowane w Wielkiej Brytanii dla opraw oświetleniowych z lampami LED przedstawia tab. 3 [8].

4. Współczynnik utrzymania powierzchni f_{SM} jest cząstkowym współczynnikiem utrzymania związanym ze zmianami refleksyjnymi nawierzchni drogowej. Ze względu na brak dostępnych danych, które ich dotyczą, w trakcie eksploatacji wartość cząstkowego współczynnika f_{SM} przyjmuje się standardowo jako równą 1,0.

5. Przykłady wyznaczania współczynnika utrzymania f_M . Do oświetlenia drogi zlokalizowanej w centrum miasta wykorzystano oprawy oświetle-

niowe wykonane w technologii LED o klasie ochrony IP66 i trwałości użytkowej wynoszącej 100 000 godz. dla $L_{90}B_{50}$. Zamontowane zostały na słupach o wysokości $h > 6$ m. Całkowity czas eksploatacji systemu oświetleniowego przewidziano na 22,5 roku, przy rocznym czasie świecenia wynoszącym 4000 godz. W planie konserwacji przyjęto czyszczenie opraw oświetleniowych co cztery lata oraz indywidualną wymianę uszkodzonych opraw oświetleniowych.

Wyznaczone wartości współczynników utrzymania dla różnych przypadków wraz z cząstkowymi współczynnikami utrzymania zestawiono w tab. 4.



Przeprowadzone obliczenia wykazały, że w zależności od przyjętych założeń cząstkowy współczynnik utrzymania może przyjmować wartości od 0,70 do 0,94. W przypadku $f_M = 0,70$ początkowe przewymiarowanie instalacji oświetleniowej będzie wynosiło 30%, a dla $f_M = 0,94$, czyli tylko 6%.

Analiza wyników pokazała również, że w rozpatrywanej sytuacji największy wpływ na wyznaczoną wartość współczynnika utrzymania miał dobór cząstkowego współczynnika utrzymania opraw oświetleniowych. Różnice w uzyskanych wartościach f_M wynosiły ok. 21%.

PODSUMOWANIE

Zapewnienie właściwych parametrów fotometrycznych na oświetlanej drodze przez cały okres eksploatacji systemu oświetleniowego wymaga uwzględnienia szeregu czynników już na etapie projektowania instalacji. Kluczowe znaczenie ma

dobór odpowiedniej wartości współczynnika utrzymania. Powinien on być ustalany na podstawie analizy rzeczywistych zmian parametrów fotometrycznych opraw oświetleniowych w trakcie całego okresu eksploatacji. Uwzględnić trzeba także warunki środowiskowe panujące w miejscu pracy opraw oświetleniowych, a także planowany harmonogram zabiegów konserwacyjnych. Wartość współczynnika utrzymania oraz plan konserwacji są ściśle ze sobą powiązane. Powinny być traktowane jako integralne składniki procesu projektowego. Ich prawidłowe określenie pozwala na zachowanie wymaganych poziomów luminancji lub natężenia oświetlenia w całym okresie eksploatacji systemu oświetlenia drogowego. Tylko kompleksowe podejście do projektowania i eksploatacji infrastruktury oświetleniowej gwarantuje spełnienie wymagań, a tym samym zapewnienie odpowiednich warunków widzenia na drodze nocą. ■

Literatura

- [1] PN-EN 13 201:2016 Oświetlenie dróg.
- [2] CIE 140:2019 – Road Lighting Calculations, 2nd Edition, The International Commission on Illumination, Vienna, Austria, 2019.
- [3] CIE S 017/E:2020 ILV – International Lighting Vocabulary, 2nd Edition, The International Commission on Illumination, Vienna, Austria, 2020.
- [4] PN-EN 12665:2018 Światło i oświetlenie – Podstawowe terminy oraz kryteria określania wymagań dotyczących oświetlenia.
- [5] Zalesińska M., „Projektowanie oświetlenia drogowego” w: *Przewodnik Projektanta*, nr 3/2019, s. 52–59.
- [6] ISO/CIE TS 22012:2019 – Light and Lighting – Maintenance Factor Determination – Way of Working, The International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2019.
- [7] CIE 154:2003 – The maintenance of outdoor lighting systems, The International Commission on Illumination, Vienna, Austria, 2003.
- [8] BS 5489-1:2013 – Code of practice for the design of road lighting. Part 1: Lighting of road and public amenity area, The British Standard Institution, London, UK, 2012.
- [9] Sanders A., Scott A., *Review of luminaire maintenance factors. SL3*, London, UK: Wokingham, TRL, 2009.

MATERIAŁ PARTNERA



WIĘCEJ W PODCASTACH:

#ToMyBudujemyTwójŚwiat



OGLĄDAJ



SŁUCHAJ



PODCASTY
POLSKIEJ IZBY
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA



Nowa technologia układów klimatyzacji

Wykorzystanie ciepła systemowego do napędu układów chłodniczych – cz. I

Dynamiczny wzrost zapotrzebowania na chłód coraz silniej obciąża system elektroenergetyczny, zwłaszcza w okresach letnich szczytów. Artykuł przedstawia ograniczenia konwencjonalnych rozwiązań oraz kierunki rozwoju technologii pozwalających na efektywne i niskoemisyjne wytwarzanie chłodu w budynkach.



Dariusz Butrymowicz

Politechnika Białostocka,
Wydział Mechaniczny,
Katedra Techniki Ciepłej



Kamil Śmierciew

Politechnika Białostocka,
Wydział Mechaniczny,
Katedra Techniki Ciepłej



Jerzy Gagan

Politechnika Białostocka,
Wydział Mechaniczny,
Katedra Techniki Ciepłej



Krzysztof Nazimek

Klimor sp. z o.o.

oraz obróbki powietrza w układach klimatyzacji. Ze względu na stosunkowo wysoką konsumpcję energii elektrycznej niezbędnej do napędu układów chłodniczych aspekt ten stanowi jeden z kluczowych problemów w kontekście stosowania systemów klimatyzacyjnych w budynkach. Należy również podkreślić, że wykorzystywane w tym obszarze rozwiązania techniczne powinny mieć charakter perspektywiczny, tj. opierać się na technologiach uwzględniających strategiczne kierunki rozwoju, zgodnych z zasadami niskoemisyjności, bezpieczeństwa środowiskowego oraz racjonalnego gospodarowania zasobami energetycznymi. Wiele konwencjonalnych rozwiązań nie spełnia wskazanych uwarunkowań, dlatego przy wyborze rozwiązań perspektywicznych konieczne jest rozpatrzenie innowacyjnych technologii

Zapewnienie chłodu dla celów klimatyzacji budynków stanowi aktualnie kluczowe wyzwanie dla współczesnego budownictwa. Nie jest to problem bardzo widoczny w kontekście szeroko dyskutowanych zagadnień związanych z zaopatrzeniem budynków w moc grzewczą i elektryczną. Należy podkreślić,

że kwestie nowoczesnych rozwiązań układów klimatyzacji w budynkach z wielu powodów nabierają coraz bardziej istotnego znaczenia nie tylko ze względu na rosnące upowszechnienie ich stosowania w warunkach krajowych. Kluczowym tematem jest bowiem zapewnienie efektywnej ekonomicznie technologii wytwarzania chłodu

w tym zakresie. Szczególną uwagę należy przy tym zwrócić na układy wytwarzania chłodu, które charakteryzują się najwyższą konsumpcją energii na potrzeby napędu oraz mogą stanowić zagrożenie dla środowiska. Właśnie te zagadnienia stanowią zasadniczy przedmiot rozważań niniejszego artykułu.

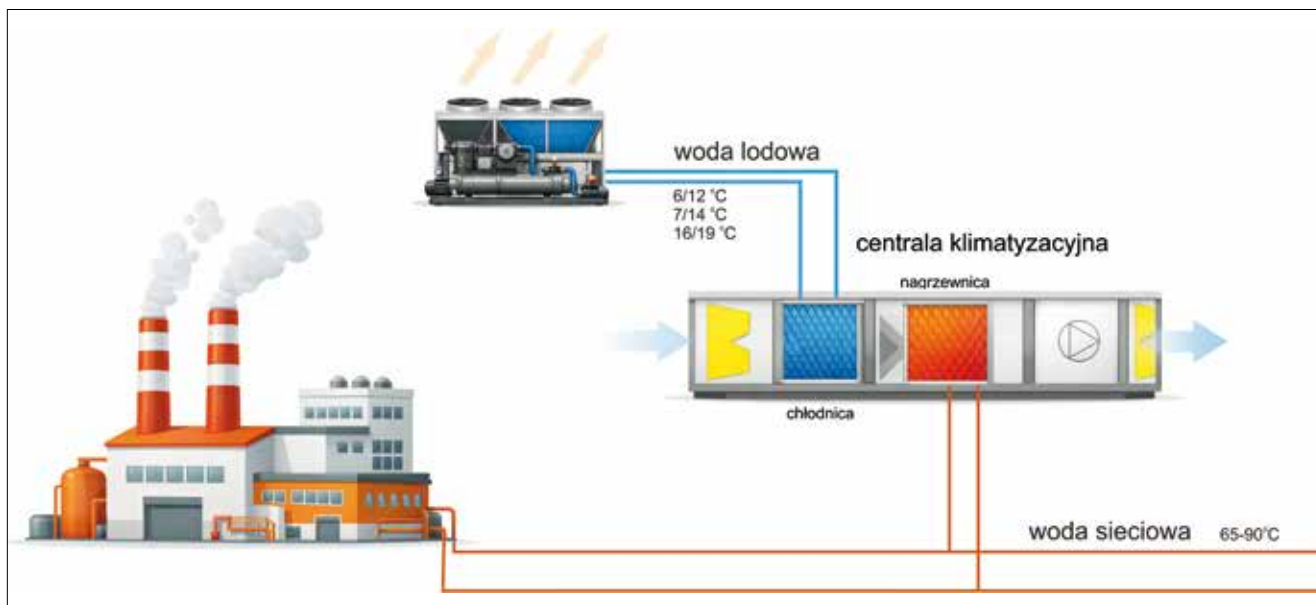
Z oczywistych względów, z punktu widzenia zużycia mocy elektrycznej do napędu układów chłodniczych obsługujących systemy klimatyzacyjne, aspekt ten ma kluczowe znaczenie. W zdecydowanej większości układów klimatyzacyjnych o strukturze scentralizowanej układy chłodnicze wytwarzają wodę lodową, która następnie kierowana jest do centrali klimatyzacyjnej, gdzie zachodzi proces obróbki powietrza (rys. 1). Typowymi parametrami wody lodowej stosowanymi w warunkach krajowych systemów klimatyzacji dla zapewnienia komfortu cieplnego są: temperatura na zasilaniu centrali klimatyzacyjnej wynosząca 6°C oraz na powrocie 12°C, czasem stosowana temperatura zasilania równa 7°C oraz powrotu 14°C. Tak niskie parametry wody lodowej wynikają przede wszystkim z uwarunkowań pełnej obróbki powietrza, zatem nie tylko uzyskania pożądanej temperatury w pomieszczeniu, ale również wilgotności względnej powietrza.

Oznacza to, że zasadniczą część regulacji wilgotności względnej powietrza uzyskiwana jest drogą chłodniczej obróbki powietrza, która jest sposobem konwencjonalnym, ale bardzo energochłonnym.

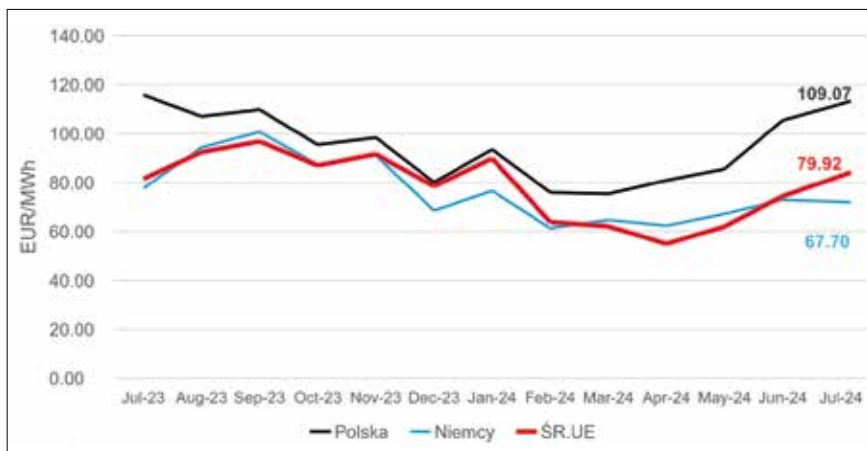
W urządzeniu chłodniczym do osiągnięcia takiej temperatury wody lodowej na zasilaniu uzyskiwane muszą być temperatury parowania czynnika chłodniczego na poziomie ok. 1°C, co bezpośrednio przekłada się na ograniczenie efektywności energetycznej oraz relatywnie wysoką konsumpcję mocy elektrycznej do napędu. W przypadku wielu krajów o klimacie umiarkowanym upowszechniane jest rozwiązanie niepełnej klimatyzacji z zastosowaniem wody lodowej o temperaturze wynoszącej 16°C na zasilaniu oraz 19°C na powrocie z centrali klimatyzacyjnej. W tych warunkach, co prawda, nie uzyskuje się regulacji wilgotności względnej powietrza, jednakże możliwa jest znaczna redukcja konsumpcji mocy elektrycznej przez układy chłodnicze wytwarzające wodę lodową. Układy te mogą w takich warunkach pracować w znacznie podwyższonej temperaturze parowania (na poziomie 10–12°C), co w efekcie powoduje niemal dwukrotne obniżenie zużycia mocy elektrycznej do napędu. Co więcej, z racji pracy układu z suchą chłodnicą powie-

trza (brak wykraplania wilgoci na jej powierzchni) wspomniane układy cechują się znacznie lepszymi uwarunkowaniami higienicznymi. Jest to jeden z aspektów, który dalej będzie rozważany w kontekście rozwiązań o innowacyjnym charakterze dla układów chłodniczych obsługujących centrale klimatyzacyjne w budynkach.

Drugim istotnym aspektem jest zużycie mocy elektrycznej przez układy chłodnicze, które występuje głównie w sezonie letnim, gdy zazwyczaj pojawiają się poważne ograniczenia w dostępności mocy elektrycznej. Szczyt zapotrzebowania występuje głównie w sezonie zimowym. Przykładowo, 9 stycznia 2024 r. odnotowano zapotrzebowanie na moc elektryczną wynoszące 28,4 GW, natomiast poprzedni rekord padł 12 lutego 2021 r., osiągając wartość 27,6 GW. W tym okresie krajowe zakłady elektroenergetyczne pracowały z mocą 22–23 GW, dlatego krajowy system elektroenergetyczny wspierany był zarówno przez produkcję energii elektrycznej z OZE, jak i przez import energii. W efekcie system elektroenergetyczny działał stabilnie nawet podczas tych ekstremalnych obciążeń (dane: portal elektrosiec.pl). Jednakże letni szczyt zapotrzebowania również stanowi olbrzymie wyzwanie dla krajowego systemu elektroenergetycznego.



Rys. 1. Współpraca układu chłodniczego z centralą klimatyzacyjną przy ewentualnym wykorzystaniu ciepła sieciowego do obróbki powietrza w nagrzewnicy



Rys. 2. Średnie miesięczne ceny energii na rynku spot w wybranych krajach

Na przykład 9 lipca 2021 r. zapotrzebowanie na moc elektryczną wyniosło aż 24,3 GW; wcześniejszy letni rekord pochodzi z 26 marca 2019 r. i wynosi 24,1 GW. Wysokie temperatury latem generują szczyty zapotrzebowania na moc elektryczną głównie ze względu na napęd układów klimatyzacyjnych. Latem w Polsce występują niedobory mocy, zwłaszcza z powodu remontów elektrowni oraz ograniczonej generacji wiatrowej, co zwiększa zależność od innych źródeł i importu energii przy rosnącym zapotrzebowaniu, w tym na napęd systemów klimatyzacji i chłodzenia. W szczytowych okresach obciążenia mogą one stanowić znaczną część zapotrzebowania systemu, co wymaga stabilnej i elastycznej podaży energii – m.in. poprzez wykorzystanie OZE oraz magazynów energii – aby uniknąć przeciążeń i ryzyka blackoutów. Według danych Międzyna-

rodowej Agencji Energetyki (IEA) średnie światowe zużycie energii elektrycznej na napęd układów chłodniczych w systemach klimatyzacyjnych wyniosło ok. 14% całkowitej generowanej mocy,

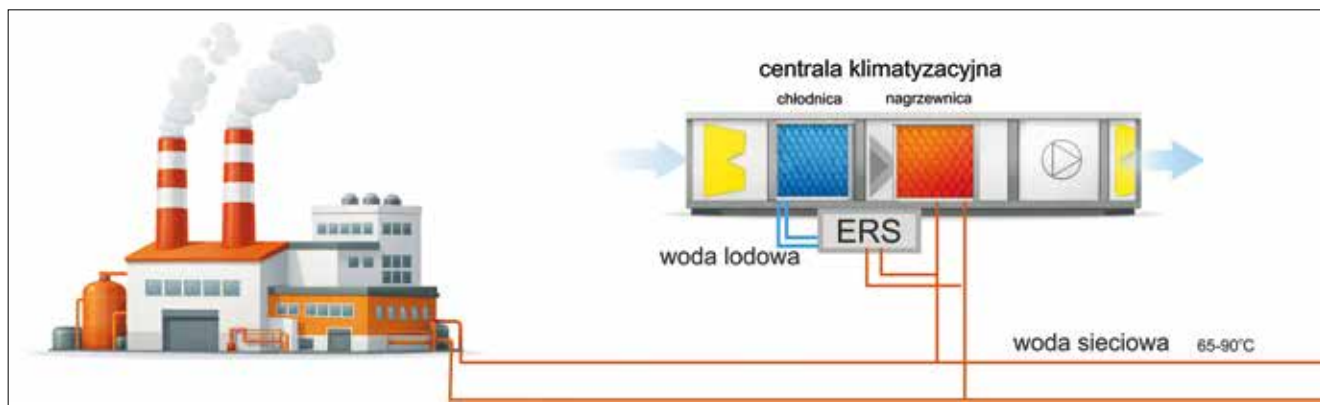
podczas gdy w niektórych krajach, takich jak USA lub państwa Bliskiego Wschodu, udział ten sięgał nawet 70%. Zapotrzebowanie na chłodzenie w budynkach w latach 1979–2022 zwiększyło się w Unii Europejskiej aż czterokrotnie (według danych portalu klimatyzacja.pl). Ważnym aspektem w tym kontekście jest cena ofe-

rowanej energii elektrycznej. Jak pokazano na rys. 2, w sezonie letnim jest ona znacznie wyższa, co stanowi tendencję obserwowaną w wielu krajach Unii Europejskiej.

Oznacza to, że strategiczny kierunek działań umożliwiający osiągnięcie atrakcyjnych kosztów klimatyzacji budynków powinien być oparty na rozwiązaniach energooszczędnych. Należy jednak podkreślić, że zasadnicze kierunki rozwojowe w zakresie konwencjonalnych technologii układów chłodniczych zostały już w dużej mierze wyczerpane, stąd mogą być oferowane jedynie rozwiązania pozwalające na umiarkowane możliwości poprawy efektywności energetycznej układów chłodniczych dla klimatyzacji budynków, niezmieniające zasadniczo całości zapotrzebowania tych układów na energię elektryczną.

Produkcja mocy elektrycznej w kogeneracji jest preferowana w Unii Europejskiej jako rozwiązanie efektywne energetycznie i ekologicznie.

Powstaje zatem pytanie, czy są zidentyfikowane rozwiązania stwarzające możliwości obniżenia kosztów napędu układów klimatyzacyjnych? Okazuje się, że tak. Dla warunków krajowych takim perspektywnym rozwiązaniem staje się tzw. poligeneracja. Kluczem w tym przypadku jest dla sytuacji krajowej produkcja



Rys. 3. Zastosowanie układu chłodniczego (ERS), w którym ciepło sieciowe wykorzystywane jest zarówno do jego napędu, jak i – opcjonalnie – do podgrzewania w nagrzewnicy

Rys. 2. według opracowania Centrum Informacji o Rynku Energii, circe.pl, 2025 r., rys. 3. Kamil Śmierciew

znaczącej mocy elektrycznej w kogeneracji, czyli w elektrociepłowniach zawodowych oraz przemysłowych. Wskaźnik oszczędności energii pierwotnej przy jednoczesnej produkcji mocy elektrycznej oraz grzewczej może przekraczać 20%, co oznacza znaczną redukcję nie tylko paliwa, lecz także proporcjonalną redukcję emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Produkcja mocy elektrycznej w kogeneracji jest zatem preferowana w Unii Europejskiej jako rozwiązanie efektywne energetycznie i ekologicznie. Udział produkcji energii elektrycznej z kogeneracji (czyli z elektrociepłowni) w Polsce w 2024 r. wyniósł ok. 16% całkowitej wytworzonej energii elektrycznej, przy czym aż ok. 62% produkcji ciepła systemowego pochodzi właśnie z kogeneracji. Problem polega na tym, że układy kogeneracyjne dobrze sprawdzają się w okresie grzewczym, natomiast w sezonie letnim ich zdolność do generacji mocy elektrycznej znacząco spada z powodu ograniczonego zapotrzebowania na ciepło, które oferowane jest głównie dla celów zaopatrzenia w moc grzewczą do podgrzewania ciepłej wody użytkowej. W związku z tym zapotrzebowanie na moc grzewczą w tym sezonie spada ponad 10-krotnie, co w konsekwencji ogranicza możliwości wytwarzania energii elektrycznej w kogeneracji. Sytuacja ta działa w kierunku odwrotnym do oczekiwanego, czyli w okresie letnim spada podaż energii elektrycznej przy jednoczesnym wzroście zapotrzebowania na napęd układów chłodniczych. Stąd zrodziła się koncepcja wytwarzania chłodu dla potrzeb klimatyzacji z zastosowaniem ciepła systemowego, którą zobrazowano na rys. 3.

Technologie umożliwiające wykorzystanie ciepła systemowego do napędu układów chłodniczych w sezonie letnim stanowią rozwiązania poligeneracyjne. Mają one charakter perspektywiczny, ponieważ pozwalają na rozwiązanie kluczowego problemu gospodarki energetycznej, jakim jest efektywne i niskoemisyjne zarządzanie energią. Mogą przy tym występować zarówno w formie rozwiązań



Rys. 4. Scentralizowany oraz zdecentralizowany (lokalny) system produkcji wody lodowej przy zastosowaniu ciepła systemowego do napędu układu klimatyzacji

scentralizowanych, jak i zdecentralizowanych, co przedstawiono schematycznie na rys. 4.

Rozwiązania scentralizowane są szczególnie uzasadnione w warunkach wielkomiejskich i mogą obejmować zespoły dużych budynków, tak aby sieć wody lodowej była zwarta i nie wymagała przesyłu na znaczne odległości. Stąd postulowanym podstawowym wariantem jest zastosowanie wody sieciowej dostarczanej do budynków, w których centrale klimatyzacyjne wyposażone są w układy chłodnicze wykorzystujące ciepło systemowe do napędu, jak pokazano na rys. 3.

nika chłodniczego, a proces desorpcji – do przetłoczenia czynnika chłodniczego. W układach tych głównym konsumentem mocy elektrycznej są pompy zużywające znikomy udział całej mocy napędowej (na poziomie 1–2%). Układy te są zatem napędzane głównie mocą cieplną.

Najczęściej stosowane są układy chłodnicze absorpcyjne bromolitowe, w których czynnikiem chłodniczym jest woda. Z racji wymaganych parametrów technicznych rozwiązania te są z reguły projektowane na dość duże wydajności chłodnicze, zazwyczaj od ok. 0,5 do kilku MW. Niestety, technologie

Zapotrzebowanie na moc grzewczą w sezonie letnim spada ponad 10-krotnie, co w konsekwencji ogranicza możliwości wytwarzania energii elektrycznej w kogeneracji.

Pojawia się zatem pytanie: czy tego rodzaju technologie są w ogóle dostępne? Układy chłodnicze wykorzystujące głównie ciepło do napędu przy niewielkim udziale energii elektrycznej są doskonale znane od XIX w. Jest to technologia oparta na systemach sorpcyjnych, w których proces absorpcji bądź adsorpcji jest wykorzystywany do zassania czyn-

oparte na układach sorpcyjnych mają ograniczenia w zakresie współpracy ze źródłem ciepła, ponieważ do ich napędu wymagana jest temperatura źródła wynosząca co najmniej 80°C. Najbardziej korzystne byłyby jednak źródła ciepła o znacznie wyższej temperaturze. Przy zbyt niskiej temperaturze źródła ciepła układy te pracują niestabilnie lub

z powodu braku różnicy stężeń w procesach absorpcji i desorpcji nie mogą pracować w ogóle. Stąd układy takie nadają się w zasadzie głównie dla najstarszych parowych układów ciepła systemowego. Taki system jest stosowany np. w USA – na Manhattanie w Nowym Jorku, Chicago, Bostonie oraz Denver. W warunkach amerykańskich wciąż wykorzystywane są w dużych ośrodkach miejskich parowe systemy grzewcze przede wszystkim z uwagi na możliwość ich pracy w systemie poligeneracji: latem ciepło pozyskiwane z pary wykorzystywane jest do napędu bromolitowych układów absorpcyjnych stanowiących serce układów klimatyzacji. W warunkach krajowych parowe systemy grzewcze mają charakter rozwiązań schyłkowych i są stosowane głównie jako relikw historycznych instalacji. Przykładowo, niewielka część sieci ciepłowniczej w Białymstoku wciąż funkcjonuje jako sieć parowa.

Podstawowym rozwiązaniem jest przesyłanie wody jako medium grzewczego w sieci ciepłowniczej. W sezonie letnim typowa temperatura wody w sieci ciepłowniczej wynosi ok. 65°C, co jest zbyt niskim poziomem do efektywnego zastosowania układów sorpcyjnych.

Warto podkreślić, iż w Unii Europejskiej promuje się niskotemperaturowe rozwiązania sieci ciepłowniczych jako najbardziej efektywne energetycznie. W przypadku kogeneracji podwyższanie temperatury wody w sieci ciepłowniczej tylko dla celów napędu układów chłodniczych jest wysoce nieekonomiczne z uwagi na pogorszenie sprawności generacji mocy elektrycznej w siłowni. Stąd szczególnie zalecanym kierunkiem rozwiązania problemu jest opracowanie technologii wytwarzania wody lodowej dla central klimatyzacyjnych z typowego ciepła sieciowego w sezonie letnim, tj. dla temperatur źródła

ciepła poniżej 70°C. Jest to bardzo duże wyzwanie technologiczne, gdyż rozwiązania takie pojawiły się dopiero w drugiej dekadzie obecnego wieku, co jest przedmiotem dalszej części artykułu. Technologia ta wykorzystuje naddźwiękowe układy strumieniowe i w aktualnych uwarunkowaniach jest wdrażana przez krajowe firmy działające w branży klimatyzacji.

AKTUALNE UWARUNKOWANIA W ZAKRESIE STOSOWANIA SUBSTANCJI ROBOCZYCH W UKŁADACH CHŁODNICZYCH

W niniejszym artykule zwrócono uwagę na wiele nowych aspektów, w tym na specyficzne uwarunkowania funkcjonujące obecnie dla układów klimatyzacji budynków, które istotnie wpływają na możliwości wykorzystania ciepła do produkcji chłodu. Szczególne znaczenie mają w tym zakresie coraz bardziej restrykcyjne

Tab. 1. Wymagana częstotliwość kontroli szczelności dla urządzeń chłodniczych zawierających F-gazy według rozporządzenia (UE) 2024/573 [1]

Substancje wymienione w załączniku I do rozporządzenia (UE) 2024/573 (głównie czynniki robocze starszego typu o wysokim GWP)		
	bez zainstalowanego systemu wykrywania wycieków	z zainstalowanym systemem wykrywania wycieków
Poniżej 5 ton CO ₂ eq (lub poniżej 10 ton CO ₂ eq dla urządzeń hermetycznie zamkniętych)	kontrola szczelności nieobowiązkowa; nie ma obowiązku zakładania karty w Centralnym Rejestrze Operatorów	kontrola szczelności nieobowiązkowa; nie ma obowiązku zakładania karty w Centralnym Rejestrze Operatorów
Od 5 ton CO ₂ eq, ale mniej niż 50 ton CO ₂ eq	raz na 12 miesięcy	raz na 24 miesiące
Od 50 ton CO ₂ eq, ale mniej niż 500 ton CO ₂ eq	raz na 6 miesięcy	raz na 12 miesięcy
Powyżej 500 ton CO ₂ eq	system wykrywania wycieków obowiązkowy; jeśli nie ma zainstalowanego systemu wykrywania wycieków – raz na 3 miesiące	raz na 6 miesięcy
Substancje wymienione w załączniku II do rozporządzenia (UE) 2024/573 (głównie nowe perspektywiczne czynniki robocze o niskim GWP)		
Poniżej 1 kg (lub poniżej 2 kg dla urządzeń hermetycznie zamkniętych)	kontrola szczelności nieobowiązkowa; nie ma obowiązku zakładania karty w Centralnym Rejestrze Operatorów	kontrola szczelności nieobowiązkowa; nie ma obowiązku zakładania karty w Centralnym Rejestrze Operatorów
od 1 kg (lub od 2 kg dla urządzeń hermetycznie zamkniętych) do 10 kg	raz na 12 miesięcy	raz na 24 miesiące
od 10 kg do 100 kg	raz na 6 miesięcy	raz na 12 miesięcy
Powyżej 100 kg	system wykrywania wycieków obowiązkowy; jeśli nie ma zainstalowanego systemu wykrywania wycieków – raz na 3 miesiące	raz na 6 miesięcy

Uwaga: Przykładowe przeliczenie napełnienia czynnikiem: dla czynnika chłodniczego R134a, według Rozporządzenia GWP = 1430, przy napełnieniu układu czynnikiem w ilości 4 kg, napełnienie ekwiwalentne wynosi 5720 ton CO₂ eq, czyli takie urządzenie chłodnicze wymaga rejestracji w CRO oraz podlega certyfikowanej kontroli szczelności.

regulacje prawne, oddziałujące na użytkowników oraz właścicieli instalacji chłodniczych i klimatyzacyjnych.

Podstawowym aktem prawnym regulującym te kwestie jest Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 573/2024 [1] dotyczące fluorowanych gazów cieplarnianych, uzupełnione szeregiem aktów wykonawczych. Nazwy obowiązujących aktów prawnych mogą sprawiać wrażenie neutralnych, a nawet oderwanych od konkretnych sektorów gospodarki, gdyż odnoszą się do określonych grup substancji, a nie wprost do poszczególnych branż. Może to prowadzić do błędnego przekonania, że regulacje te dotyczą głównie przemysłu chemicznego. W rzeczywistości jednak obejmują one w bardzo szerokim zakresie sektor chłodnictwa, klimatyzacji oraz pomp ciepła, a także nowoczesne technologie energetyki ciepłej, w tym instalacje typu ORC (Organic Rankine Cycle). Wynika to z faktu, że zdecydowana większość współcześnie stosowanych czynników roboczych w tych obszarach to związki fluorowane.

Substancje te zostały wprowadzone do powszechnego użytku w wyniku wcześniejszych, konsekwentnie zaostrzanych od lat 80. XX w. regulacji międzynarodowych, których celem było całkowite wyeliminowanie czynników prowadzących – w przypadku emisji do atmosfery – do degradacji warstwy ozonowej. W rezultacie wieloletnich działań legislacyjnych, organizacyjnych i ekonomicznych tradycyjnie stosowane freony zostały zastąpione związkami fluoropochodnymi, pozbawionymi atomów chloru i bromu, odpowiedzialnych za inicjowanie reakcji prowadzących do rozpadu ozonu w stratosferze. Nowa generacja czynników została szeroko wdrożona ponad 20 lat temu, radykalnie zmieniając nie tylko oblicze chłodnictwa i klimatyzacji, lecz również wiele obszarów życia codziennego oraz przemysłu.

Warto przy tym podkreślić, że wiele spośród dawniej stosowanych freonów charakteryzowało się wyjątkowo korzystnymi właściwościami użytkowymi, w tym wysokim poziomem obojętności biologicznej. Brak toksyczności sprawiał, że substancje te mogły być wykorzystywane m.in. jako no-

śniki leków w aerozolach, w technologiach zamrażania natryskowego żywności, a także w aplikacjach wymagających bezwzględnej neutralności wobec organizmów żywych. Zastępujące je czynniki fluoropochodne, uznane za bezpieczne z punktu widzenia ochrony warstwy ozonowej, nie są jednak całkowicie obojętne dla człowieka. Z tego względu dopuszczalne długookresowe stężenie w strefach przebywania ludzi zostało ograniczone do poziomu 1000 ppm.

są coraz intensywniejsze działania zmierzające do ograniczenia, a docelowo eliminacji takich substancji z eksploatacji.

Istotną zmianą w aktualnych regulacjach jest rozszerzenie ich zakresu oddziaływania. O ile wcześniejsze edycje przepisów koncentrowały się głównie na producentach oraz przemyśle, o tyle obecnie obowiązki w coraz większym stopniu dotyczą także użytkowników końcowych, formalnie określanymi jako operatorzy urządzeń.

Szczególnie perspektywiczne są nowo opracowane czynniki z grupy HFO (hydrofluoroolefiny) o bardzo niskim GWP, często poniżej 10.

Dodatkowo wiele z tych substancji nie dorównuje freonom pod względem właściwości termodynamicznych.

Powstaje zatem pytanie, dlaczego generacja czynników roboczych uznanych za bezpieczne środowiskowo zaczęła podlegać kolejnym restrykcjom, analogicznie do wcześniej wycofanych substancji. Przyczyną jest ich potencjalny wpływ na efekt cieplarniany w przypadku emisji do atmosfery. Międzynarodowo przyjętym kryterium oceny jest współczynnik GWP (Global Warming Potential), odnoszony do dwutlenku węgla jako substancji wzorcowej. Choć system regulacyjny w tym zakresie jest złożony i wielopoziomowy, przyjmuje się, że granicą akceptowalnego oddziaływania środowiskowego jest wartość GWP równa 150. Oznacza to, że substancja generująca efekt cieplarniany do 150 razy silniejszy niż CO₂ uznawana jest formalnie za dopuszczalną.

Na pierwszy rzut oka przyjęty próg nie wydaje się szczególnie restrykcyjny. W praktyce jednak większość współczesnych czynników stosowanych w chłodnictwie i pompach ciepła znacząco go przekracza. Przykładowo, powszechnie używany czynnik R134a, stosowany m.in. w klimatyzacji samochodowej oraz wielu instalacjach chłodniczych, charakteryzuje się wartością GWP równą 1430, co – na tle innych czynników fluorowanych – uchodzi za poziom umiarkowany. W odpowiedzi na ten stan rzeczy podejmowane

Na ogół przepisy skupiają się na właścicielach układów chłodniczych i klimatyzacyjnych jako podmiotach odpowiedzialnych za ich stosowanie. Konsekwencje tych zapisów obejmują m.in. obowiązek rejestracji urządzeń chłodniczych i pomp ciepła powyżej określonego napełnienia czynnikiem, regularne kontrole szczelności oraz prowadzenie szczegółowej dokumentacji serwisowej. Wysoki koszt realizacji tych wymagań wynika z konieczności korzystania z certyfikowanych firm i personelu, stosowania określonych procedur oraz ich skrupulatnego dokumentowania. Dodatkowym problemem staje się ograniczona dostępność czynników fluorowanych, wynikająca z narastających limitów importowych, co bezpośrednio przekłada się na gwałtowny wzrost ich cen. W perspektywie długoterminowej naprawy urządzeń wymagające uzupełniania czynnika mogą stać się całkowicie nieopłacalne.

Rozbudowanemu systemowi regulacji towarzyszy rozległy katalog sankcji, obejmujący zarówno drobne wykroczenia, jak i poważniejsze naruszenia, a nawet przestępstwa zagrożone karą pozbawienia wolności. Co istotne, znaczna część operatorów, często będących po prostu właścicielami urządzeń, nie ma pełnej świadomości ciężkości na nich obowiązków i nie dopełnia wymaganych formalności, narażając się tym samym na wielokrotne naruszenia przepisów.

W obecnych realiach tworzy to wyrażną presję na właścicieli instalacji chłodniczych i klimatyzacyjnych, skłaniając ich do eliminacji obciążeń formalnych oraz organizacyjnych. Szczególnie atrakcyjną staje się możliwość modernizacji systemów i wdrożenia technologii bardziej przyjaznych środowisku. Decyzje inwestycyjne coraz częściej determinowane są nie tylko rachunkiem ekonomicznym obejmującym koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, lecz również narastającymi ograniczeniami prawnymi. W efekcie poszukiwane są rozwiązania technologiczne, które pozostają poza bezpośrednim zakresem najbardziej restrykcyjnych regulacji, a jednocześnie umożliwiają wykorzystanie alternatywnych źródeł energii, w tym ciepła sieciowego.

Mając na uwadze powyższe, jako szczególnie perspektywiczne wskazywane są nowo opracowane czynniki z grupy HFO (hydrofluoroolefiny), charakteryzujące się bardzo niskimi wartościami GWP, często poniżej 10. Substancje te są niewybuchowe i w większo-

ści przypadków niepalne, jednak ich właściwości termodynamiczne są mniej korzystne w porównaniu z czynnikami wcześniejszych generacji, określanymi zbiorczo jako F-gazy. Alternatywą pozostają czynniki naturalne, takie jak węglowodory, amoniak i dwutlenek węgla, które jednak wiążą się z innymi ograniczeniami – palnością, toksycznością lub koniecznością pracy przy bardzo wysokich ciśnieniach, wymagających specjalnych rozwiązań konstrukcyjnych.

W konsekwencji urządzenia chłodnicze i klimatyzacyjne nowej generacji są z reguły droższe, lecz jednocześnie przestają podlegać najbardziej uciążliwym restrykcjom prawnym. Powstaje tym samym sprzyjające otoczenie decyzyjne, w którym inwestorzy chętniej wybierają rozwiązania łączące wysoką efektywność, bezpieczeństwo środowiskowe oraz racjonalne koszty eksploatacyjne.

Z tych względów w opracowywanej technologii chłodniczych układów strumieniowych, napędzanych ciepłem o parametrach odpowiadających sieci ciepłowniczej

w sezonie letnim, zastosowano czynniki robocze należące do grupy HFO. Wybrane substancje umożliwiają bezpieczną i efektywną pracę urządzenia.

W kolejnej części artykułu przedstawione zostaną wybrane wyniki badań prototypowego układu, ilustrujące jego możliwości przy zasilaniu czynnikiem grzewczym o temperaturze 65°C. W momencie realizacji pionierskich badań prototypowego rozwiązania (2016 r.) było to pierwsze na świecie urządzenie chłodnicze strumieniowe w skali technicznej, napędzane ciepłem o tak niskiej temperaturze, wykorzystujące jednocześnie czynnik roboczy najnowszej generacji o wartości GWP zaledwie 1,3 – wielokrotnie niższej niż dla węglowodórów i wielu substancji naturalnych. ■

Literatura

- [1] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/573 z dnia 7 lutego 2024 r. w sprawie fluorowanych gazów cieplarnianych, zmieniające dyrektywę (UE) 2019/1937 i uchylające rozporządzenie (UE) nr 517/2014.

REKLAMA



XVII EDYCJA

INFRASTRUKTURA POLSKA I BUDOWNICTWO

19.03.2026

REGENT WARSAW HOTEL

zarejestruj się:

www.konferencjabudownictwo.com

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

Prywatne leczenie w szpitalach? To możliwe z Ubezpieczeniem Szpitalnym LUX MED – Pełna Opieka!

Czy zastanawiałeś się kiedyś, jak wyglądałoby Twoje leczenie w komfortowych warunkach prywatnych szpitali, bez długiego oczekiwania i stresu? Teraz masz taką możliwość!

Polska Izba Inżynierów Budownictwa daje Ci możliwość przystąpienia na grupowych warunkach do Ubezpieczenia Szpitalnego LUX MED – Pełna Opieka – rozwiązania, które zapewni Ci dostęp do prywatnej opieki zdrowotnej wtedy, gdy najbardziej jej potrzebujesz.

DLACZEGO WARTO?

Każdy z nas może znaleźć się w sytuacji, w której hospitalizacja stanie się koniecznością. W takich momentach kluczowe jest nie tylko szybkie rozpoczęcie leczenia, ale także komfort i profesjonalna opieka na każdym etapie powrotu do zdrowia. Dzięki Ubezpieczeniu Szpitalnemu LUX MED – Pełna Opieka możesz liczyć na:

- **Szybki dostęp do leczenia** – już w 3 dni od zgłoszenia otrzymasz informację o proponowanym leczeniu, a w ciągu 30 dni je rozpocznie.
- **Możliwość hospitalizacji w prywatnych szpitalach** – leczenie odbywa się w placówkach własnych Grupy LUX MED oraz w szpitalach partnerskich na terenie całej Polski.
- **Szeroki zakres opieki** – organizację hospitalizacji, rehabilitację pooperacyjną oraz wizyty kontrolne.
- **Koordynatora Opieki Szpitalnej (KOS)** – kiedy pojawi się potrzeba skorzystania z polisy, pomaga w organizacji przyjęcia do szpitala, w trakcie hospitalizacji, a także w organizacji wizyt kontrolnych po hospitalizacji.
- **Pomoc 24/7** – zawsze dostępni eksperci pomogą w natychmiastowej organizacji leczenia.
- **Szpitalny Przegląd Zdrowia** – jeśli przez 2 lata nie skorzystasz z polisy, możesz



wykonać kompleksową diagnostykę dostosowaną do Twojego wieku i płci.

- **Brak limitu kosztów leczenia** – pokrycie kosztów hospitalizacji w ramach ubezpieczenia.

UBEZPIECZENIE, KTÓRE SIĘ OPLACA

Różnica między abonamentem medycznym a Ubezpieczeniem Szpitalnym LUX MED – Pełna Opieka jest znacząca. Abonament to wizyty u lekarzy specjalistów i badania w warunkach ambulatoryjnych. Natomiast nasza polisa daje Ci możliwość leczenia w szpitalach Grupy LUX MED i szpitalach partnerskich bez limitu kosztów. To realna ochrona na wypadek konieczności hospitalizacji, która daje spokój i poczucie bezpieczeństwa.

Dodatkowo, oprócz hospitalizacji, ubezpieczenie obejmuje również pomoc w nagłych przypadkach, co oznacza, że możesz uzyskać wsparcie w sytuacjach planowych i pilnych.

JAK PRZYSTĄPIĆ DO UBEZPIECZENIA?

Dołączenie do Ubezpieczenia Szpitalnego LUX MED – Pełna Opieka jest proste.

Wystarczy wejść na podstronę „Benefity Inżyniera” na: www.piib.org.pl, kliknąć „Ubezpieczenie Szpitalne”, a następnie wybrać opcję „Zapisz się teraz!”. Aby uruchomić ubezpieczenie, należy wcześniej zalogować się, używając danych osoby uprawnionej do korzystania z benefitów – inżyniera lub pracownika PIIB.

Zabezpiecz swoje zdrowie już dziś i ciesz się spokojem, wiedząc, że masz dostęp do szerokiego zakresu opieki, gdy tylko jej potrzebujesz! ■

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>.

Magazyny energii w prosumenckich instalacjach fotowoltaicznych

Energy storage in prosumer photovoltaic installations



dr hab. inż. Andrzej Tomczewski, prof. PP

Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki
Politechnika Poznańska
andrzej.tomczewski@put.poznan.pl
ORCID: 0000-0002-9702-3617



dr inż. Dariusz Kurz

Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki
Politechnika Poznańska
dariusz.kurz@put.poznan.pl
ORCID: 0000-0002-6737-0052

Streszczenie

Przedmiotem pracy jest ukazanie wybranych aspektów technicznych stosowania elektrochemicznych magazynów energii elektrycznej w prosumenckich instalacjach fotowoltaicznych. Zwrócono szczególną uwagę na niezgodność profilu generacji energii elektrycznej przez systemy fotowoltaiczne z profilem obciążenia domowej instalacji odbiorczej. Wykonano analizy zmian współczynnika autokonsumpcji energii, która pochodzi z syste-

mu PV, zależnie od pojemności zastosowanego magazynu energii dla standardowego profilu obciążenia w dwóch taryfach (G11 i G12w). Przedstawiono również najnowsze uwarunkowania prawne związane ze stosowaniem magazynów energii oraz mechanizm rozliczeń energii z instalacji prosumenckich. Wskazano sposoby zwiększenia poziomu autokonsumpcji energii i zasady doboru optymalnej pojemności magazynu.

Słowa kluczowe magazyn energii, autokonsumpcja, instalacja prosumencka, fotowoltaika

Abstract

This paper presents selected technical aspects of the use of electrochemical energy storage devices in prosumer photovoltaic installations. Particular attention is paid to the discrepancy between the electricity generation profile of photovoltaic systems and the load profile of the residential installation. Analyses are performed on changes in the self-consumption rate of energy from the PV system, depending on the capacity

of the energy storage device used for a standard load profile in two tariffs (G11 and G12w). The latest legal conditions related to the use of energy storage devices and the principles of billing energy from prosumer installations are also presented. Methods for increasing the level of self-consumption of energy and principles for selecting the optimal storage capacity are identified.

Keywords energy storage, self-consumption, prosumer installation, photovoltaics

WPROWADZENIE

Niezadawalający poziom autokonsumpcji energii elektrycznej produkowanej w prosumenckich systemach generacyjnych z odnawialnymi źródłami energii (OZE) oraz zmiany sposobu rozliczeń prosumentów w zakresie energii przesyłanej do sieci elektroenergetycznej prowadzą do poszukiwania metod poprawy wskaźników ekonomicznych instalacji. Jest to widoczne zwłaszcza w przypadku stosowania fotowoltaiki – najliczniej montowanej u prosumentów – w której standardowe profile

obciążenia odbiorców oraz charakterystyki generacji energii nie pokrywają się w czasie. Częściowym rozwiązaniem tego problemu może być automatyczne załączanie odbiorników o większych mocach w okresach maksymalnej generacji energii z systemu PV (fotowoltaicznego). Działania te nie zawsze są jednak możliwe (np. ładowanie pojazdów elektrycznych). A nawet jeśli są wdrożone, to i tak w większości przypadków nie doprowadzą do całkowitego zużycia produkowanej lokalnie energii. Dodatkowo szczyt obciążenia dla większości odbiorców

prywatnych (mieszkań, domów) występuje w godzinach wieczornych, a zużycie energii jest zróżnicowane w okresach letnim i zimowym. Część energii wyprodukowanej u prosumenta zostanie zatem przesłana (sprzedana) do sieci elektroenergetycznej, a obecny sposób rozliczeń net-billing – różnicując cenę zakupu i sprzedaży jej nadmiarów – prowadzi do pogorszenia wskaźników ekonomicznych, wydłużając czas zwrotu z inwestycji. Częściowym rozwiązaniem jest zastosowanie w systemie prosumenckim magazynu energii elektrycznej.

Celem prowadzonych w ramach artykułu badań jest ustalenie pojemności magazynu elektrochemicznego, którego włączenie do prosumenckiego systemu fotowoltaicznego pozwoli na efektywne zwiększenie poziomu autokonsumpcji przy jednoczesnej kontroli kosztów inwestycyjnych. Badania dotyczą obszaru klimatycznego Polski oraz uwzględniają wpływ standardowych profili obciążenia prosumenta dla taryf G11 i G12w na 2026 r. firmy ENEA na przepływy energetyczne w systemie o mocy modułów fotowoltaicznych 4 kW. Na podstawie rzeczywistych danych generacyjnych systemu PV oraz opracowanej w środowisku MATLAB autorskiej aplikacji wyznaczono wartości przepływów energii między instalacją fotowoltaiczną, odbiornikami a magazynem energii. Zastosowana metoda umożliwia:

- bilansowanie energii w zadanym przedziale czasowym;
- wyznaczenie poziomu autokonsumpcji;
- uwzględnienie 15-minutowych cen dynamicznych (RCE), które obowiązują w aktualnym systemie rozliczeń net-billing.

Wyniki symulacji pozwoliły na przeprowadzenie analizy efektywności wykorzystania energii elektrycznej w badanych taryfach odbiorców indywidualnych, przy różnych wielkościach magazynów energii. Wskazano na zakres ich pojemności w korelacji do mocy znamionowej systemu PV i profilu obciążenia, dzięki któremu można uzyskać określone wskaźniki autokonsumpcji.

Instalacje prosumenckie, które wykorzystują źródła fotowoltaiczne, coraz częściej integrują systemy magazynowania energii, zwiększając zużycie własne i zmniejszając zależność od dostaw energii z sieci elektroenergetycznej. Łatwiejszy dostęp do magazynów energii o niewielkich pojemnościach, zazwyczaj wykonanych w technologii litowo-jonowej i posiadających własne kontrolery, pozwala istotnie zmieniać zarządzanie energią elektryczną na poziomie gospodarstw domowych.

Ostatnie badania wskazują, że włączenie magazynu energii do domowych systemów fotowoltaicznych znacząco zwiększa

wskaźniki zużycia własnego i zmniejsza ilość energii elektrycznej kupowanej z sieci. Według literatury współczynnik autokonsumpcji może wzrosnąć z ok. 29 do ponad 60% – wpływa na to pojemność magazynu energii [1–3]. Zależność między tymi dwoma parametrami jest nieliniowa, a korzyści istotnie maleją po przekroczeniu określonej pojemności magazynu. **Dla utrzymania opłacalności ekonomicznej systemu z magazynem energii istotne jest unikanie przewymiarowania jego wielkości** [4, 5].

Wpływ na pracę instalacji oraz wskaźniki energetyczne i ekonomiczne systemów prosumenckich PV z magazynami energii mają również stosowane taryfy, w tym szczególnie jednostrefowe i dwustrefowe. Te drugie zachęcają do ładowania magazynu, gdy ceny są niskie, i jego rozładowywania, gdy są wysokie. Prowadzi to do zwiększonej autokonsumpcji i skróconego okresu zwrotu z inwestycji

Włączenie magazynu energii do domowych systemów fotowoltaicznych znacząco zwiększa wskaźniki autokonsumpcji i zmniejsza ilość energii elektrycznej kupowanej z sieci.

w porównaniu z taryfami jednostrefowymi (ryczałtowymi) [6–11]. Taryfy dwustrefowe promują większe wykorzystanie baterii i bardziej elastyczną pracę, podczas gdy jednostrefowe mogą prowadzić do niedostatecznego ich wykorzystania oraz dłuższego okresu zwrotu [7, 12]. W wielu krajach w systemach prosumenckich do sieci można jednak wprowadzać wyłącznie energię wyprodukowaną we własnym systemie generacyjnym. Zmienia to istotnie możliwości kształtowania algorytmów sterowania pracą magazynu.

Dodatkowo zarówno praca z różnymi taryfami, jak i wprowadzanie zaawansowanych algorytmów sterowania pracą magazynu, które prowadzą do jego intensywnego wykorzystania (ładowania i rozładowania kilka razy na dobę), wpływają na jego rzeczywistą żywotność. Algorytmy takie mogą powodować skrócenie żywot-

ności w porównaniu z danymi podanymi w kartach katalogowych, np. z 10 do kilku lat. Wszystkie ostateczne rozstrzygnięcia w tym obszarze powinny zatem opierać się na analizach ekonomicznych.

PRZYŁĄCZANIE MAGAZYNÓW ENERGII DO INSTALACJI OZE – PRZEPISY PRAWNE

Magazyn energii elektrycznej to urządzenie techniczne lub układ urządzeń i instalacji, które magazynują energię, są połączone z siecią elektroenergetyczną oraz mogą oddawać zgromadzoną energię do sieci elektroenergetycznej [13].

Z kolei proces magazynowania energii jest określony jako „przetworzenie energii pobranej z sieci elektroenergetycznej lub wytworzonej przez jednostkę przyłączoną do sieci, jej przechowywanie, także w innej postaci, a następnie ponowne jej przetworzenie na energię elektryczną” [13].

W obszarze magazynowania energii jest dostępnych wiele technologii.

Jednak w systemach fotowoltaicznych wykorzystuje się przede wszystkim magazyny elektrochemiczne: kwasowo-olowiowe (akumulatory żelowe) oraz litowo-jonowe. Ze względu na dużą gęstość energii najczęściej wybiera się te ostatnie (głównie z ogniwami LFP lub NMC). Przy podejmowaniu decyzji o takiej inwestycji należy wziąć pod uwagę, że żywotność ogniw litowo-jonowych, które stosuje się w magazynach, jest ograniczona i zakupiony magazyn po pewnym czasie nie będzie spełniał swoich początkowych funkcji. Zależy to od zastosowanych ogniw (typu, jakości produkcji) oraz wielu czynników eksploatacyjnych, a zwłaszcza:

- częstości procesów ładowania i rozładowania,
- głębokości ładowania i rozładowania,
- wartości prądów ładowania i rozładowania,
- temperatury ogniw.

Określenie rzeczywistej, a nie katalogowej żywotności magazynów litowo-jonowych jest zadaniem, które wymaga długotrwałych badań eksperymentalnych lub zaawansowanych metod modelowania [14].

W przypadku budowy/installacji magazynów energii elektrycznej w systemach prosumenckich należy brać pod uwagę następujące akty prawne:

- Ustawę z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne [15] oraz jej nowelizację z 20 maja 2021 r. [13],
- Ustawę z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (OZE) [16].

Wymogi spełnienia określonych formalności przy konkretnych pojemnościach magazynu wprowadziła natomiast ostatnia nowelizacja Prawa budowlanego z grudnia 2025 r. [17]. Precyzuje ona warunki, jakie musi spełnić inwestor instalujący magazyn energii, zależnie od jego pojemności. **Magazyny do 30 kWh, montowane w budynku i podłączone do prosumenckiej instalacji OZE, są zwolnione z konieczności uzyskiwania jakichkolwiek formalności.** Należy jedynie zgłosić instalację do operatora systemu dystrybucyjnego (OSD), z którym prosument ma lub zamierza podpisać umowę na świadczenie usług dostarczania energii.

ZASADY ROZLICZEŃ ENERGII Z INSTALACJI PROSUMENCKICH: NET-BILLING

Zmiany systemu rozliczeń energii dla prosumentów wymuszają konieczność racjonalnego planowania i zużywania energii pochodzącej z własnych źródeł OZE – zwłaszcza fotowoltaicznych. Powodem jest niezgodność profilu generacji energii z profilem obciążenia odbiorcy. Nowelizacja ustawy [16] wprowadziła od 1 kwietnia 2022 r. system rozliczeń energii net-billing dla nowych prosumentów przyłączających po raz pierwszy instalację fotowoltaiczną bądź wiatrową do sieci elektroenergetycznej. Po kolejnych zmianach, od 1 lipca 2024 r., obowiązuje rozliczenie energii po godzinowych, rynkowych cenach energii (RCE), natomiast od 11 czerwca 2025 r. wdrożono 15-minutowe okresy rozliczeniowe dla rynkowej ceny energii.

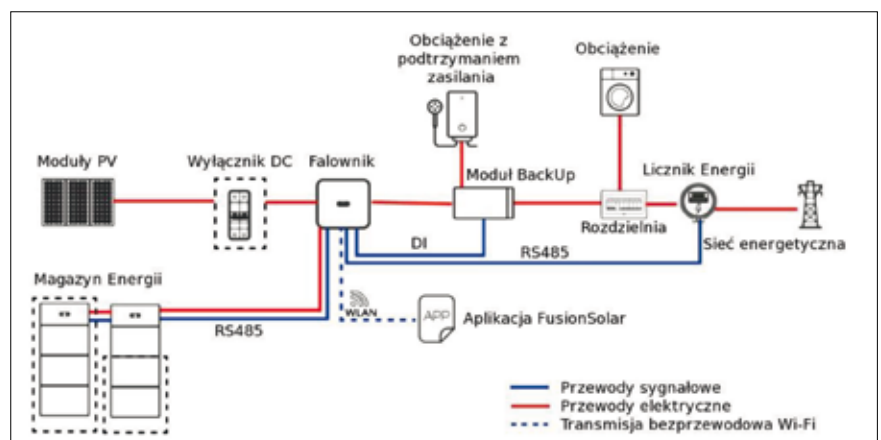
Rynkowa cena energii to cena dynamiczna (godzinowa), zmieniająca się w okresach 15-minutowych, ustalana na podstawie rzeczywistych godzinowych notowań ceny energii elektrycznej. Rynkowa cena energii miesięczna (RCEm) jest wyznaczana jako średnia ważona z rynkowych cen energii elektrycznej, które nie zawierają ani podatku akcyzowego, ani podatków od towarów i usług (VAT). Cena ta może być korygowana, przy czym ta możliwość wygasa wraz z upływem 12. miesiąca po zakończeniu miesiąca, którego cena dotyczy.

Wartość nadwyżek energii wprowadzonych przez nowych prosumentów do sieci będzie wyceniana co 15 minut. Odzwierciedla to realne wahania cen energii na rynku, zwłaszcza jej spadki w godzinach szczytowej produkcji słonecznej. Cena energii jest publikowana przez Polskie Sieci Elektroenergetyczne (PSE) na stronie: <https://raporty.pse.pl/report/rce-pln>. Tym samym prosumenci są rozliczani na podstawie rzeczywistych godzinowych notowań ceny energii. Jednak zgodnie z art. 4b ust. 2 pkt 2 ustawy [16], w przypadku wystąpienia ujemnych RCE prosument w rozliczeniach energii elektrycznej wprowadzanej do sieci ma ustaloną cenę równą zero. Środki zgromadzone na depozycie prosumenckim za wprowadzoną energię można wykorzystać przez 12 kolejnych miesięcy, następujących po miesiącu ich wprowadzenia do sieci.

W pierwszej kolejności są one ujmowane w rozliczeniu kosztu energii pobranej z sieci. Po tym okresie natomiast, jeśli środki te nie zostaną wykorzystane na poczet opłat za pobraną energię, będzie można je wypłacić zgodnie z obowiązującymi zasadami, opisanymi w [18].

AUTOKONSUMPCJA ENERGII

Autokonsumpcja jest pojęciem związanym z definicją prosumenta zawartą w ustawie o odnawialnych źródłach energii [16]. Polega na bezpośrednim zużyciu energii elektrycznej (w odbiornikach własnych) wyprodukowanej w źródłach prosumenta w trakcie trwania produkcji. W związku ze stosowaniem systemów magazynujących część energii, która jest nadprodukcją w stosunku do aktualnego zapotrzebowania, może zostać zużyta w odbiornikach prosumenta w okresach późniejszych. Bezwzględna wartość energii produkowanej w systemie PV i zużywanej w odbiornikach prosumenta nie pozwala na jakościowe porównanie różnych systemów. Wielkość produkcji energii zależy bowiem od mocy systemu PV oraz charakterystyki obciążenia. W związku z tym wprowadzono pojęcie współczynnika autokonsumpcji. Jest on definiowany jako stosunek energii wyprodukowanej w systemie OZE prosumenta i zużytej bezpośrednio w jego odbiornikach w okresie jednego roku do całkowitej ilości energii wytworzonej w systemie OZE prosumenta w czasie

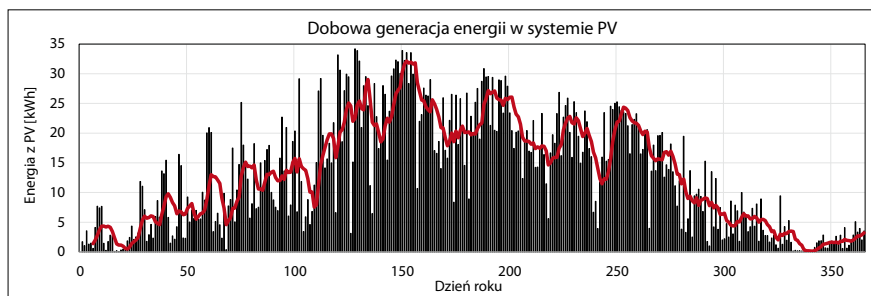


Rys. 1. Schemat prosumenckiego systemu fotowoltaicznego z magazynem energii, podłączonego do sieci elektroenergetycznej [20]

tego samego roku. Wysokie wartości współczynnika świadczą o zużyciu w odbiornikach prosumenta dużej części produkowanej energii i zwiększeniu jego zysków. Wynikają one z mniejszego zakupu energii z sieci (w systemie net-billing cena zakupu jest wyższa od ceny odsprzedaży energii do sieci – ta ostatnia może wynosić nawet 0 zł/MWh). Współczynnik autokonsumpcji wskazuje więc na stopień dopasowania profilu generacyjnego prosumenckich instalacji OZE (wraz z magazynem energii – jeśli jest zainstalowany w systemie) do profilu obciążenia odbiorników.

Stosowanie samego współczynnika autokonsumpcji do określenia jakości doboru struktury prosumenckiego systemu generacyjnego do instalacji odbiorczej może prowadzić do istotnych błędów w interpretacji zgodności profili. Warto rozpatrywać go łącznie z poziomem samowystarczalności energetycznej, która wskazuje na zdolność do samodzielnego pokrywania zapotrzebowania na energię poprzez własne źródło oraz systemy magazynowania energii. W odniesieniu do prosumenta, na podstawie formuły określonej przez GUS [19], samowystarczalność energetyczną można zdefiniować jako stosunek ilości energii wytwarzanej w systemach własnych do ilości energii potrzebnej w okresie jednego roku. Zwiększenie poziomu samowystarczalności energetycznej instalacji prosumenckich jest realizowane zazwyczaj poprzez połączenie źródeł OZE, pomp ciepła, magazynów energii oraz systemów zarządzania energią. Osiągnięcie całkowitej samowystarczalności jest bardzo trudne i kosztowne. W praktyce najczęściej mówi się więc o częściowej autonomii, która pozwala na osiągnięcie dużych oszczędności i podniesienie bezpieczeństwa energetycznego.

Magazyn energii elektrycznej w instalacji prosumenckiej może być więc dobrym rozwiązaniem, które służy zwiększeniu poziomu samowystarczalności i autokonsumpcji energii z uwagi na swoje zalety. Jednocześnie jednak stanowi istotny koszt instalacji. Dlatego dobór jego pojemności, czyli głównego parametru wpływającego



Rys. 2. Dobowa generacja energii dla analizowanego systemu fotowoltaicznego

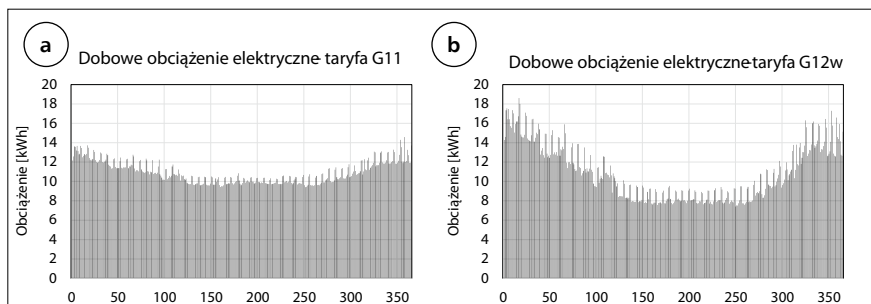
na koszt magazynu, jest kluczowy dla opłacalności inwestycji.

ANALIZA PRACY PROSUMENCKIEJ INSTALACJI PV Z MAGAZYNEM ENERGII

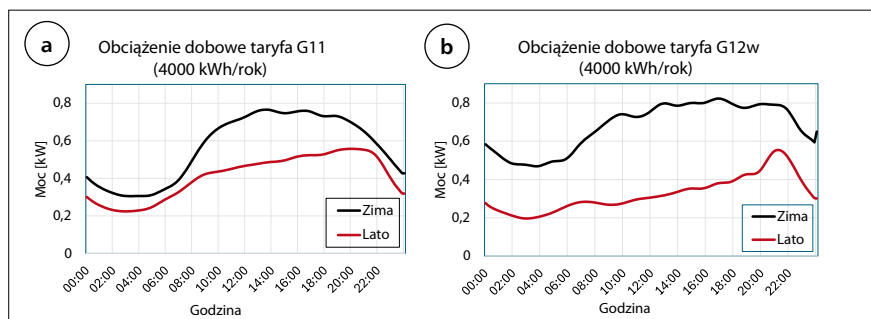
Analizie podlega system fotowoltaiczny o mocy szczytowej $P_{pv} = 4$ kW, zlokalizowany w Wielkopolsce, który zasila dom jednorodzinny o rocznym zużyciu energii elektrycznej 4000 kWh. W systemie (rys. 1) zastosowano falownik hybrydowy, do którego wejść są podłączone moduły PV oraz litowo-jonowy magazyn energii. W falowniku jest zaimplementowany standardowy algorytm sterowania pracą magazynu, polegający na ładowaniu go podczas wytwa-

rzania energii z paneli PV przekraczającej aktualne zapotrzebowanie. Rozładowanie magazynu następuje w okresach niewystarczającej lub zerowej produkcji energii w systemie PV oraz niezerowego obciążenia. Z tej perspektywy dla generacji z systemu PV proces ładowania i rozładowania jest realizowany maksymalnie jednokrotnie podczas doby. W dniach o bardzo małej produkcji energii z systemu PV magazyn nie jest w pełni ładowany, zatem liczba jego pełnych cykli ładowania i rozładowania ulega ograniczeniu, co wydłuża jego żywotność.

W dalszej części artykułu dokonano analizy wpływu pojemności magazynu



Rys. 3. Dobowe obciążenie elektryczne odbiorników prosumenta dla taryfy: a) G11, b) G12w



Rys. 4. Godzinowe obciążenie elektryczne odbiorników prosumenta dla wybranego dnia zimowego i letniego dla taryfy: a) G11, b) G12w

energii na wartości wybranych parametrów elektrycznych systemu. Symulacje przeprowadzono dla czterech pojemności magazynu: 2, 4, 6 i 8 kWh oraz dwóch standardowych profili zużycia energii na 2026 r. firmy ENEA (G11 i G12w). Wszystkie analizy dotyczyły jednego roku kalendarzowego. Wykorzystano w nich 10-minutowe

dane generacji rzeczywistego systemu fotowoltaicznego z 2024 r.

Na rys. 2 zamieszczono dobową generację energii elektrycznej z systemu analizowanego PV. Linia czerwona wskazuje linię trendu wyznaczoną z zastosowaniem średniej ruchomej 7-punktowej. Całkowita roczna generacja z analizowa-

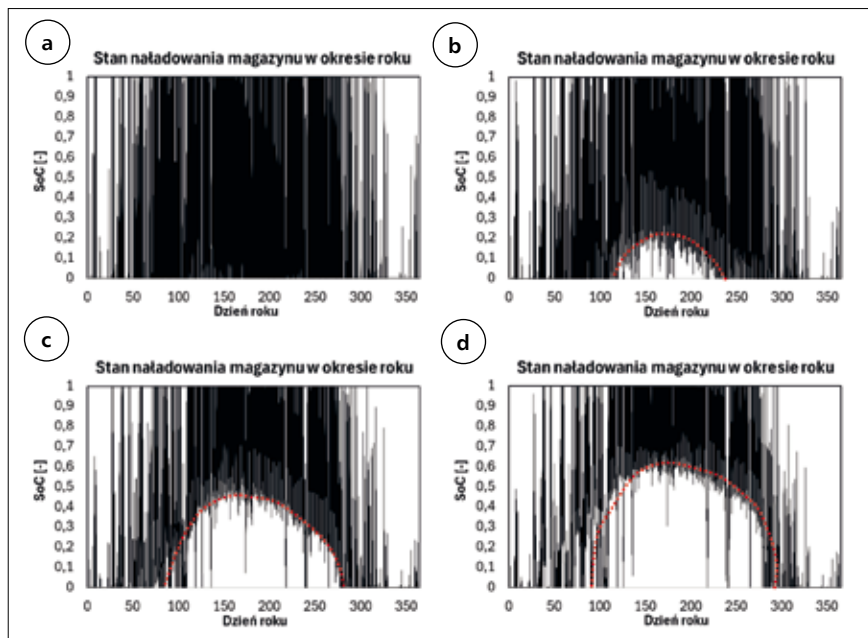
nej instalacji wynosi 4809,5 kWh, co daje 1202,4 kWh/kW/rok.

Na rys. 3 zamieszczono roczny rozkład dobowego obciążenia dla analizowanych taryf standardowych ENEA: a) G11 oraz b) G12w, natomiast na rys. 4 – godzinowe obciążenie elektryczne odbiorników prosumenta dla wybranego dnia zimowego i letniego dla taryfy: a) G11 i b) G12w. W związku z różnicami w wartościach pobieranego obciążenia obu taryf analizy zostaną przeprowadzone osobno dla G11 i G12w.

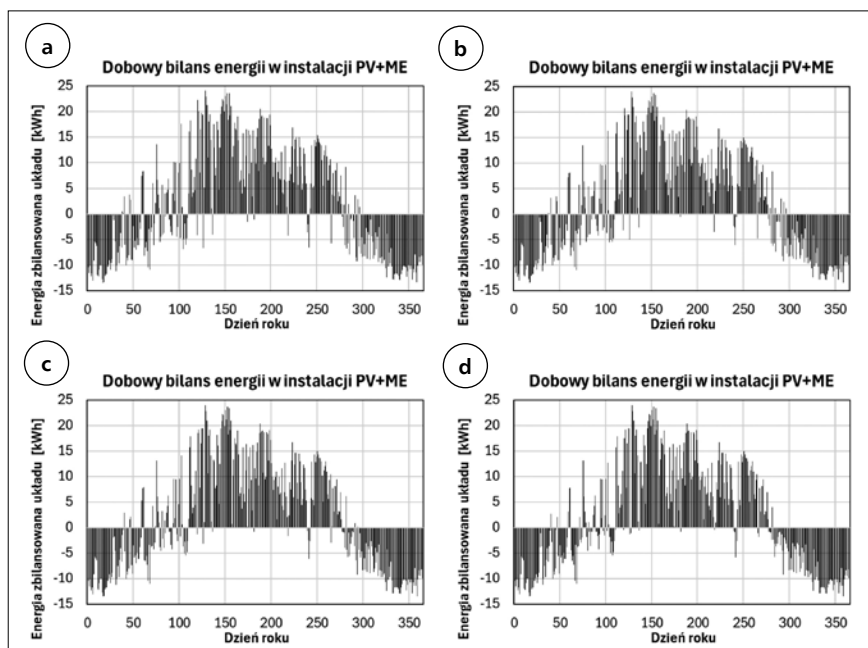
Na rys. 5–9 zamieszczono wyniki symulacji opisanych wcześniej układów prosumenckich, obejmujące roczne przebiegi zmian:

- stanu naładowania magazynu SoC (State of Charge) – rys. 5,
- dobowego bilansu energii wytwarzanej w systemie PV i zapotrzebowanej – rys. 6,
- dobowej energii przekazywanej do magazynu (ładowanie) – rys. 7,
- dobowej energii przesyłanej do sieci el.-en. (sprzedaż energii do sieci) – rys. 8,
- dobowej energii pobieranej z sieci (zakup energii) – rys. 9 – dla taryfy G11.

Analiza przedstawionych na rys. 5 i 7 charakterystyk wskazuje, że dla pojemności magazynu 2 kWh (będącej 50% mocy znamionowej instalacji PV $P_{PV} = 4$ kW) stopień naładowania akumulatora zmienia się praktycznie w całym dopuszczalnym zakresie (od 0 do 100%) przez większość dni roku. Tak samo wygląda przebieg energii ładowania, a występujące niższe wartości wynikają z braku nadwyżek energii z PV w mniej słoneczne zimowe dni (energia jest zużywana na bieżące zapotrzebowanie). Wzrost pojemności magazynu do 4 kW (czyli w stosunku 1:1 do mocy instalacji PV) powoduje, że w okresie letnim nadwyżki generowanej energii są na tyle duże, że przy pełnym stanie naładowania akumulatora reszta jej musi zostać sprzedana do sieci. Dalsze zwiększanie pojemności magazynu pogłębia tę prawidłowość jeszcze bardziej. Powoduje to, że jego potencjał nie jest wykorzystywany w pełni, zwłaszcza od końca wiosny do początku jesieni.



Rys. 5. Zmiana stanu naładowania (SoC) elektrochemicznego magazynu energii w okresie roku dla magazynu o pojemnościach energetycznych netto: a) 2 kWh, b) 4 kWh, c) 6 kWh, d) 8 kWh dla prosumenta pracującego z taryfą G11



Rys. 6. Dobowy bilans energii w instalacji prosumenta w okresie roku dla magazynu o pojemnościach energetycznych netto: a) 2 kWh, b) 4 kWh, c) 6 kWh, d) 8 kWh dla prosumenta pracującego z taryfą G11

Identyczne obliczenia wykonano w przypadku prosumenta rozliczającego się zgodnie z taryfą G12w. Obejmują one roczne przebiegi:

- stanu naładowania magazynu SoC (State of Charge) – rys. 10,
- dobowego bilansu energii wytwarzanej w systemie PV i zapotrzebowanej – rys. 11,
- dobowej energii przekazywanej do magazynu (ładowanie) – rys. 12,
- dobowej energii przesyłanej do sieci el.-en. (sprzedaż energii do sieci) – rys. 13,
- dobowej energii pobieranej z sieci (zakup energii) – rys. 14.

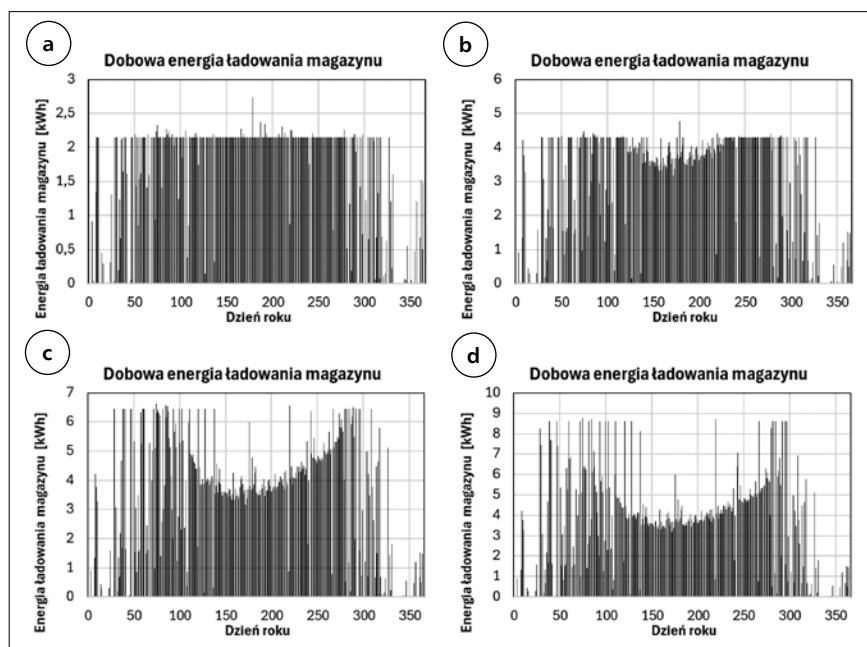
Wnioski dotyczące stopnia naładowania magazynu SoC oraz dobowych energii ładowania magazynu są identyczne jak dla obciążenia zgodnego z taryfą G11.

Zestawienie liczbowe wyników analizy dla obu taryf zamieszczono w tab. 1 (G11) i 2 (G12w). Uwzględniono w nich: sumaryczne roczne energie, jakie są generowane w systemie PV, kupowane z sieci i sprzedawane do niej, przesyłane do magazynu i pobierane z niego, energię wygenerowaną w systemie PV i lokalnie zużywaną (autokonsumpcję) oraz współczynnik autokonsumpcji.

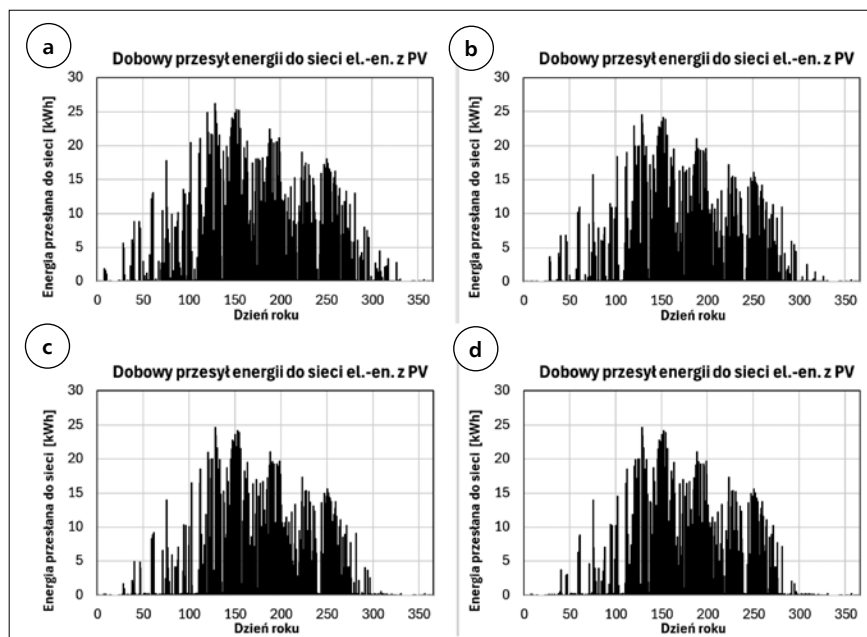
Dane przedstawione w tab. 1 i 2 wskazują, że w taryfie G11 dla wszystkich analizowanych pojemności magazynu występuje o ok. 5 punktów procentowych wyższy poziom współczynnika autokonsumpcji energii w stosunku do taryfy G12w. Współczynnik ten w analizowanym systemie PV, bez magazynu energii, wynosi odpowiednio dla rozpatrywanych taryf: 33,3 oraz 28,3%. Jego największy wzrost obserwujemy przy zmianie pojemności magazynu z 0 do 2 kWh oraz z 2 do 4 kWh (rys. 15). Wartości te wynoszą odpowiednio: 35 i 18,5% dla taryfy G11 oraz: 41,3 i 18,9% dla taryfy G12w. Dalszy wzrost pojemności nie powoduje tak dużych przyrostów wartości współczynnika autokonsumpcji. Na rys. 15 zamieszczono charakterystykę zmian współczynnika autokonsumpcji dla analizowanego systemu PV w funkcji pojemności netto magazynu energii dla obciążeń zgodnych z taryfami G11 (a) i G12w (b).

W przypadku taryfy G11 wzrost pojemności magazynu o 100% (z 2 do 4 kWh) powoduje, że instalacja odbiorcza jest w stanie odebrać rocznie o 77% energii więcej (zmiana z 570,9 do 1014,2 kWh) w stosunku do pojemności magazynu 2 kWh. Jednak kolejna zmiana z 4 do 6 kWh zwiększa tę ilość energii już tylko o 14%

(do 1157,7 kWh dla magazynu o pojemności 6 kWh wobec 4 kWh), a następna – z 6 do 8 kWh – powoduje wzrost o niecałe 5% (do 1214,7 kWh dla magazynu 8 kWh w stosunku do 6 kWh). Odwrotna sytuacja, lecz z takim samym stosunkiem zmian, występuje w przypadku energii pobieranej z sieci – im większa



Rys. 7. Dobowa energia ładowania magazynu energii w okresie roku dla magazynu o pojemnościach energetycznych netto: a) 2 kWh, b) 4 kWh, c) 6 kWh, d) 8 kWh



Rys. 8. Dobowa energia przesyłana do sieci (sprzedawana) w okresie roku dla magazynu o pojemnościach energetycznych netto: a) 2 kWh, b) 4 kWh, c) 6 kWh, d) 8 kWh

pojemność magazynu, tym mniej energii jest kupowane z sieci (jednak spadek ten wraz ze wzrostem pojemności magazynu jest coraz mniejszy). Można więc uznać, że stosunek 1:1 pojemności magazynu energii do mocy znamionowej instalacji jest odpowiednim rozwiązaniem dla analizowanej prosumenckiej instalacji PV.

Dla taryfy G12w występuje sytuacja analogiczna do przedstawionej wcześniej dla taryfy G11. Ze względu na różnice w obciążeniach dobowych i godzinowych (rys. 6 i 11) – dwie ceny energii (2 godziny w południe oraz nocie i weekendy) – występują różnice w przepływach energii. W każdej z tych sytuacji obserwuje się

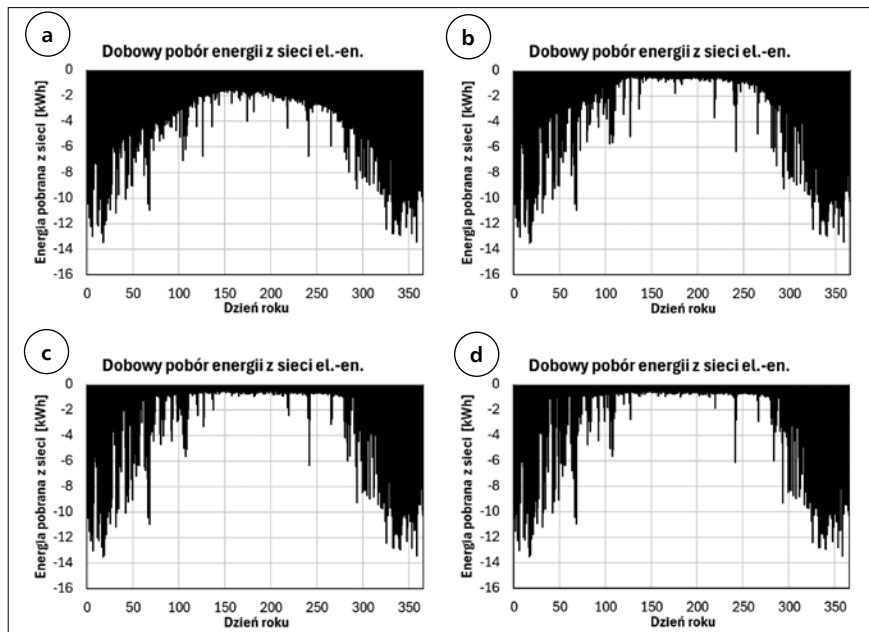
niewiele wyższe (o kilkanaście procent) wartości energii kupowanej z sieci niż w przypadku taryfy G11. Podobnie ilość energii sprzedawana do sieci jest o kilka-kilkanaście procent większa niż w przypadku taryfy G11. W konsekwencji ilość energii pochodzącej z magazynu jest nieco niższa w stosunku do taryfy G11 dla pojemności magazynu 4 i 8 kWh. W przypadku taryfy G12w jedynie dla pojemności magazynu 2 kWh z magazynu pochodziło o 1,5% więcej energii niż dla analogicznej konfiguracji z rozliczeniem według taryfy G11.

Zastosowanie magazynu energii o pojemności 8 kWh znacznie podnosi wartość współczynnika autokonsumpcji energii w stosunku do układu bez magazynu – o 23,5 i 23,1 punktów procentowych odpowiednio dla taryf G11 i G12w. Wzrost współczynnika autokonsumpcji w stosunku do magazynu 4 kWh jest znacznie mniejszy i wynosi odpowiednio tylko 3,6 i 3,9 punktów procentowych. Można więc stwierdzić, że przyrosty współczynnika autokonsumpcji oraz energii autokonsumpcji istotnie maleją wraz ze wzrostem pojemności magazynu energii (rys. 15). Na tej podstawie można też wnioskować o doborze magazynu energii do analizowanej instalacji PV (o mocy 4 kW) i rocznym zapotrzebowaniu energetycznym obiektu 4000 kWh o pojemności netto ok. 4 kWh. **Dla prosumenckich instalacji domowych pojemność magazynu (w kWh) powinna więc zawierać się w granicach 50–150% wartości liczbowej mocy znamionowej instalacji**, a najlepszym wolumenem (pod względem korzyści energetycznych, autokonsumpcji energii i kosztów inwestycji) będzie magazyn o pojemności (w kWh) w zakresie 0,5–1,0 wartości liczbowej mocy znamionowej instalacji.

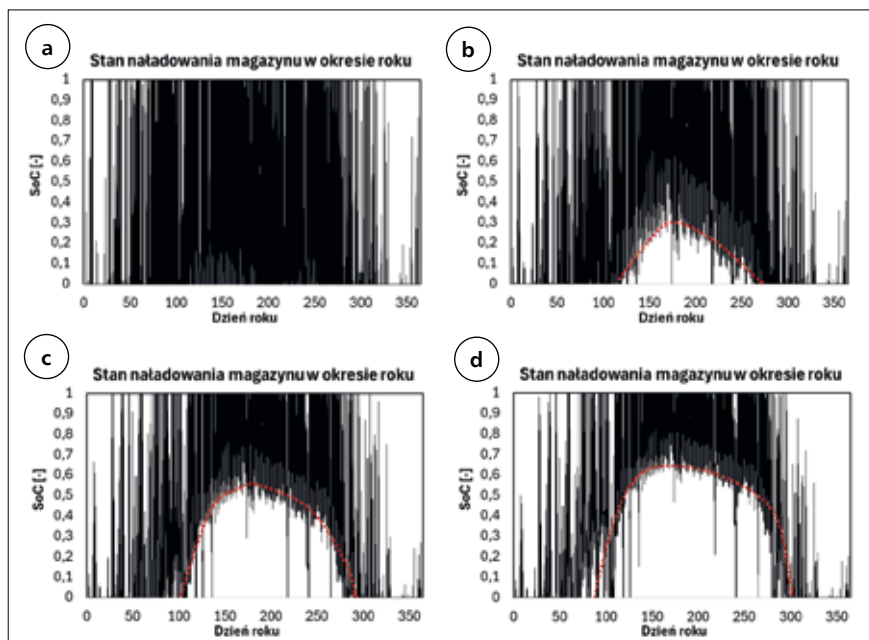
WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych analiz oraz doświadczeń w zakresie systemów magazynowania energii elektrycznej można sformułować następujące wnioski:

- Dobór pojemności energetycznej netto magazynu energii w systemie prosumenckim powinien uwzględniać krzywą obciążenia (przynajmniej standardowy



Rys. 9. Dobowa energia pobierana z sieci (kupowana) w okresie roku dla magazynu o pojemnościach energetycznych netto: a) 2 kWh, b) 4 kWh, c) 6 kWh, d) 8 kWh



Rys. 10. Zmiana stanu naładowania (SoC) elektrochemicznego magazynu energii w okresie roku dla magazynu o pojemnościach energetycznych netto: a) 2 kWh, b) 4 kWh, c) 6 kWh, d) 8 kWh dla prosumenta pracującego z taryfą G12w

profil zużycia energii odpowiadający określonej taryfie OSD), krzywą generacyjną systemu PV oraz podstawowe parametry magazynu: maksymalny prąd (moc) ładowania/rozładowania, pojemność energetyczną netto i temperaturę otoczenia.

- Analizy muszą być wykonywane dla danych obciążenia i generacji podanych dla krótkich okresów – co najmniej kilka pomiarów na godzinę, aby uchwycić chwilowe zmiany mocy głównych urządzeń odbiorczych.

- Analiza pracy systemu prosumenckiego powinna być każdorazowo wykonywana dla kilku pojemności magazynu energii wraz z wyznaczeniem wskaźników ekonomicznych, np. okresu zwrotu z inwestycji.

- W analizach pracy systemu prosumenckiego musi zostać uwzględniona rzeczywistość (niekatalogowa) trwałość magazynu elektrochemicznego, oszacowana jedną z metod uwzględniających co najmniej roczny przepływ energii przez magazyn o określonej pojemności oraz wpływ rzeczywistych warunków eksploatacji.

- Zwiększanie pojemności energetycznej magazynu powoduje wzrost współczynnika autokonsumpcji, jednak przy obecnych cenach magazynów dla instalacji prosumenckich – także istotny wzrost kosztów inwestycyjnych.

- Dla określonego systemu prosumenckiego (moc modułów PV, charakterystyka generacyjna i obciążenia) istnieje graniczna pojemność magazynu energii, powyżej której przyrost współczynnika autokonsumpcji jest niewielki w stosunku do wzrostu pojemności energetycznej magazynu.

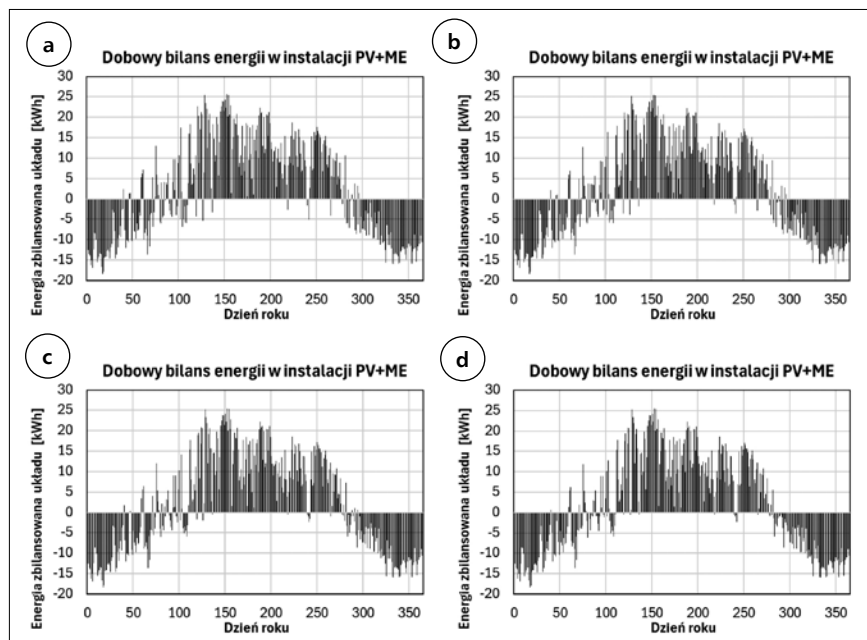
- Dla magazynów o pojemnościach większych od granicznej (w analizowanym przypadku 6 i 8 kWh) utrzymywany jest przez długi czas wysoki stan naładowania SoC (utrzymywanie wysokiego napięcia ogniw), co negatywnie wpływa na trwałość magazynów litowo-jonowych, pomimo procentowo mniejszej ilości energii przepływającej przez magazyn (ładowanie – rozładowanie) w ciągu roku w stosunku do jego pojemności znamionowej.

- W analizowanych przykładach ilość energii, o jaką zostanie zwiększona roczna auto-

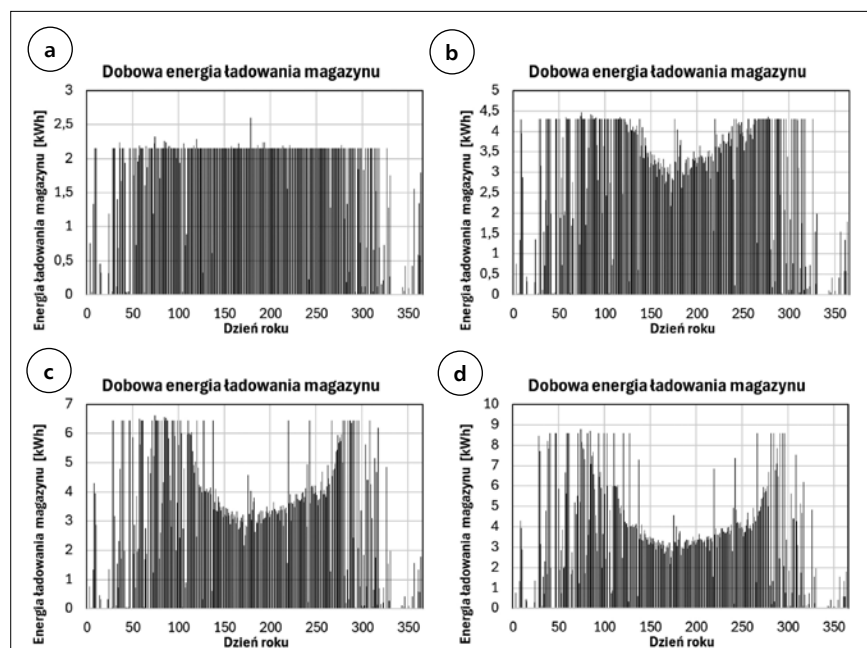
konsumpcja, wynosi od ok. 0,5 do 1 MWh. Przy obecnych cenach energii zysk związany ze zmniejszeniem jej zakupu z sieci nie kompensuje wzrostu kosztów systemu bez uwzględniania dopłat lub programów finansowania.

- Na podstawie zamieszczonych wniosków można odnieść wrażenie, że wyko-

rzystywanie magazynów energii w systemach prosumenckich jest nieopłacalne. Ich stosowanie powinno być jednak rozpatrywane nawet w małych systemach prosumenckich w znacznie szerszym kontekście niż tylko zyski wynikające z ograniczenia zakupu energii z sieci (zwiększenie autokonsumpcji). Dotyczy to szczególnie



Rys. 11. Dobowy bilans energii w instalacji prosumenta w okresie roku dla magazynu o pojemnościach energetycznych netto: a) 2 kWh, b) 4 kWh, c) 6 kWh, d) 8 kWh dla prosumenta pracującego z taryfą G12w

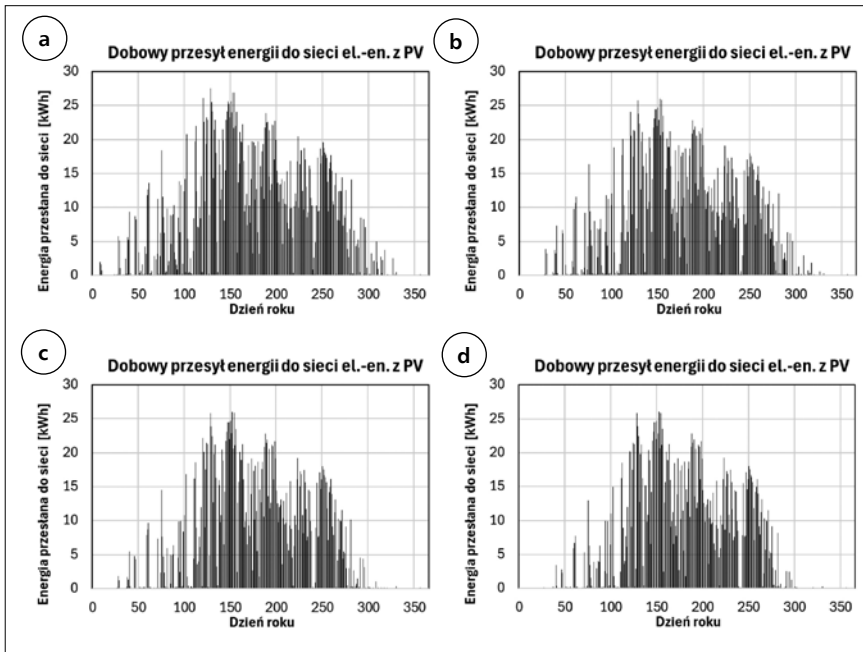


Rys. 12. Dobowa energia ładowania magazynu energii w okresie roku dla magazynu o pojemnościach energetycznych netto: a) 2 kWh, b) 4 kWh, c) 6 kWh, d) 8 kWh dla prosumenta pracującego z taryfą G12w

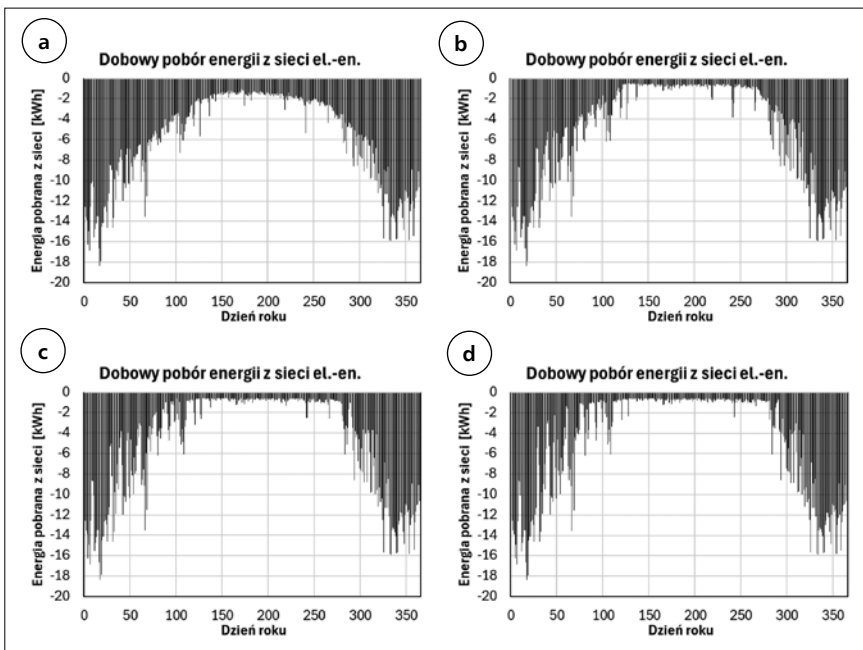
aspektów bezpieczeństwa energetycznego, zasilania bezprzerwowego odbiorników krytycznych (np. lodówki, pompy ciepła, zasobnika c.w.u.), wpływu na stabilność systemu elektroenergetycznego i ograniczenia wyłączeń prosumenckich instalacji PV, a także funkcjonalności jako systemów UPS.

- Autorzy obserwują rozwój systemów magazynowania energii – również w ramach instalacji prosumenckich niewielkiej mocy – oraz oferowanych systemów wsparcia, a także spadek cen, co czyni te rozwiązania znacznie bardziej dostępnymi i opłacalnymi.
- Autorzy wskazują także na możliwość stosowania w systemach prosumenckich

hybrydowych układów solarno-wiatrowych z magazynami energii. Wymieniona struktura źródeł OZE może zmienić wskaźniki energetyczne, zwłaszcza w przypadkach włączenia jako odbiorników energii pojazdów elektrycznych [22]. ■



Rys. 13. Dobowa energia ładowania magazynu energii w okresie roku dla magazynu o pojemnościach energetycznych netto: a) 2 kWh, b) 4 kWh, c) 6 kWh, d) 8 kWh dla prosumenta pracującego z taryfą G12w



Rys. 14. Dobowa energia pobierana z sieci (kupowana) w okresie roku dla magazynu o pojemnościach energetycznych netto: a) 2 kWh, b) 4 kWh, c) 6 kWh, d) 8 kWh dla prosumenta pracującego z taryfą G12w

Literatura

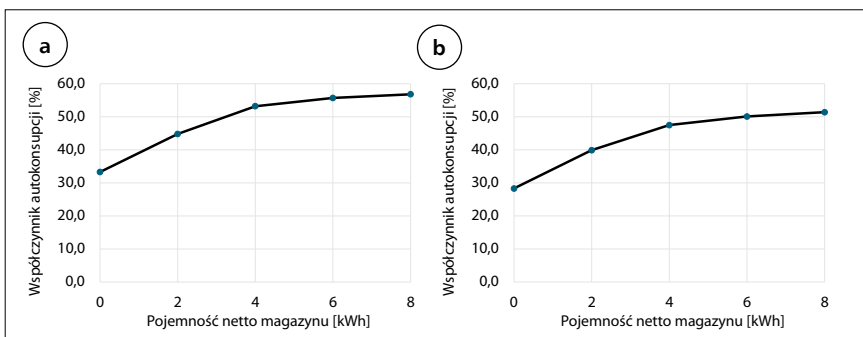
- [1] Tillyros K. i in., „Residential electrical storage: Feasibility study for hybrid residential PV/battery systems in Cyprus” w: *IET Conference Proceedings*, nr 29, 2024, s. 637–642, <https://doi.org/10.1049/icp.2024.4732>.
- [2] Cieślak K.J., „Profitability analysis of a prosumer photovoltaic installation in light of changing electricity billing regulations in Poland” w: *Energies*, t. 17, nr 15, 2024, art. 3618, <https://doi.org/10.3390/en17153618>.
- [3] Lis M., Antonov V., Olczak P., „Hybrid photovoltaic and energy storage system in order to enhance self-consumption energy – Poland case study” w: *Journal of Energy Storage*, t. 91, 2024, art. 112096, <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.112096>.
- [4] Chatzigeorgiou N.G., Makrides G., Georgiou G.E., „The effect of electricity price and consumption level on the power-to-energy ratio for the sizing of hybrid PV-BSS: Techno-economic analysis of Mediterranean prosumers” w: *SyNERGY MED 2022 – 2nd International Conference on Energy Transition in the Mediterranean Area*, Thessaloniki, Grecja, 2022, <https://doi.org/10.1109/SyNERGY-MED55767.2022.9941376>.
- [5] Chatzigeorgiou N.G. i in., „Evaluating the techno-economic effect of pricing and consumption parameters on the power-to-energy ratio for sizing photovoltaic-battery systems: An assessment of prosumers in the Mediterranean area” w: *Energies*, t. 16, nr 10, 2023, art. 4073, <https://doi.org/10.3390/en16104073>.
- [6] Mokoena B., Eboule P.S.P., Pretorius J.H.C., „Medium voltage consumers’ cost evaluation connected to a micro-grid PV system” w: *Energy Reports*, t. 8, nr 10, 2022, s. 235–244, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.05.105>.
- [7] Wang Z. i in., „Technical and economic analyses of PV battery systems considering two different tariff policies” w: *Solar Energy*, t. 267, 2024, art. 112189, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.112189>.
- [8] Mendes Ferreira Gomes A., de Andrade Pinto G.X., Rütther R., „Techno-economic assessment of small-size residential solar PV + battery systems under different tariff structures in Brazil” w: *Solar Energy*, t. 267, 2024, art. 112238, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.112238>.
- [9] Goryl W., „Real-world performance and economic evaluation of a residential PV battery energy storage system under variable tariffs: A Polish case study” w: *Energies*, t. 18, nr 15, 2025, art. 4090, <https://doi.org/10.3390/en18154090>.
- [10] Riedel T., Hauschke C., Schmeck H., „Dynamic feed-in from prosumer households with

Tab. 1. Zestawienie wyników analiz dla taryfy G11

Parametr	Wartość					Jednostka
	0	2	4	6	8	
Pojemność magazynu energii	0	2	4	6	8	kWh
Roczna generacja z PV	4809,5	4809,5	4809,5	4809,5	4809,5	kWh
Roczne zapotrzebowanie	4000,0	4000,0	4000,0	4000,0	4000,0	kWh
Energia kupowana z sieci	2398,4	1923,1	1577,3	1475,0	1430,4	kWh
Energia sprzedawana do sieci	3208,1	2655,6	2249,9	2128,3	2076,0	kWh
Energia przesłana do magazynu	0,0	570,9	1014,2	1157,7	1214,7	kWh
Energia pobrana z magazynu	0,0	493,8	877,2	1001,3	1050,6	kWh
Autokonsumpcja (energia zużywana z PV)	1601,4	2153,9	2559,6	2681,3	2733,5	kWh
Współczynnik autokonsumpcji	33,3	44,8	53,2	55,7	56,8	%

Tab. 2. Zestawienie wyników analiz dla taryfy G12w

Parametr	Wartość					Jednostka
	0	2	4	6	8	
Pojemność magazynu energii	0	2	4	6	8	kWh
Roczna generacja z PV	4809,5	4809,5	4809,5	4809,5	4809,5	kWh
Roczne zapotrzebowanie	4000,0	4000,0	4000,0	4000,0	4000,0	kWh
Energia kupowana z sieci	2640,5	2157,1	1848,1	1744,3	1690,0	kWh
Energia sprzedawana do sieci	3450,2	2888,4	2525,5	2402,3	2338,6	kWh
Energia ładowania magazynu	0,0	580,5	979,1	1123,3	1192,8	kWh
Energia rozładowania magazynu	0,0	502,1	846,9	971,5	1031,7	kWh
Autokonsumpcja (energia zużywana z PV)	1359,4	1921,1	2284,0	2407,3	2471,0	kWh
Współczynnik autokonsumpcji	28,3	39,9	47,5	50,1	51,4	%



Rys. 15. Zmiana współczynnika autokonsumpcji w funkcji pojemności netto magazynu energii: a) taryfa G11, b) taryfa G12w

batteries considering spot market prices" w: *ETG Congress 2023*, Kassel, Germany, 2023, s. 1–8 [dostęp: 15.01.2026], w: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10173055/metrics#metrics>.

[11] Kurz D., Nowak A., „Analysis of the impact of the level of self-consumption of electricity from a prosumer photovoltaic installation on its profitability under different energy billing scenarios in Poland” w: *Energies*, t. 16, nr 2, 2023, art. 394, <https://doi.org/10.3390/en16020946>.

[12] Zhang Y. i in., „A techno-economic sizing method for grid-connected household photovol-

taic battery systems” w: *Applied Energy*, t. 269, 2020, art. 115106, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115106>.

[13] Ustawa z dnia 20 maja 2021 r. – Prawo energetyczne (Dz.U. z 2021 r. poz. 1093).

[14] Burzyński D., Kasprzyk L., „Model predykcji stanu dostępnej energii ogniw litowo-żelazowo-fosforanowych” w: *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 100, nr 2, 2024, s. 294–297.

[15] Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne (Dz.U. z 1997 r. nr 54, poz. 348 ze zm.).

[16] Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. z 2015 r. poz. 478 ze zm.).

[17] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (t.j. Dz.U. z 2025 r. poz. 418 ze zm.).

[18] PGE, „Przewodnik prosumenta – pytania i odpowiedzi” [dostęp: 15.01.2026], w: Serwis PGE, <https://www.gkpgge.pl/>.

[19] Główny Urząd Statystyczny, *Wskaźniki zrównoważonego rozwoju Polski*, Katowice, 2011 [dostęp: 23.01.2026], w: https://stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/oz_wskazniki_zrownowazonego_rozwoju_Polski_us_kat.pdf.

[20] Huawei, *Instrukcja obsługi magazynu energii LUNA2000* [dostęp: 23.01.2026], w: <https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100173568/426cfff9/about-this-document>.

[21] ENEA Operator, *Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej* [dostęp: 23.01.2026], w: <https://www.operator.enea.pl/uslugi-dystrybucyjne/iriesd>.

[22] Tomczewski A. i in., „Multicriteria optimisation of the structure of a hybrid power supply system for a single-family housing estate in Poland, taking into account different electromobility development scenarios” w: *Energies*, t. 16, nr 10, 2023, art. 4132, <https://doi.org/10.3390/en16104132>.

Stabilny rozwój zamiast spektakularnych skoków

Cztery dekady konsekwentnego rozwoju, inwestycji i tworzenia przewagi konkurencyjnej. O historii firmy, jej misji oraz wyzwaniach stojących przed branżą budowlaną mówi Krzysztof Pruszyński, założyciel i właściciel Grupy Pruszyński, a także laureat tytułu Kreator Budownictwa Roku 2025.



Cztery dekady temu wszystko się zaczęło. Jak wyglądały pierwsze lata działalności?

Pierwsze pozwolenie na działalność gospodarczą dostałem w 1985 r. Dzięki niemu mogłem produkować akcesoria blaszane, m.in. lejki do paliwa. Dość szybko jednak zająłem się dekarstwem. Zdałem egzamin czeladniczy, a następnie mistrzowski. Punktem zwrotnym dla rozwoju firmy była przeprowadzka z rodzinnego Podlasia pod Warszawę. W czerwcu 1990 r. wraz ze współpracownikiem skonstruowałem pierwszą własną maszynę do trapezowania blach. Nasza siedziba w Sokołowie początkowo zajmowała jedynie 3 ha ziemi. Dziś są to prawie 23 ha. Jak widać, przedsiębiorstwo nieco się rozrosło.

Jakie wartości najbardziej przyczyniły się do zbudowania pozycji lidera rynku pokryć dachowych i elewacyjnych?

Myślę, że kluczowe jest zachowanie zimnej krwi w biznesie. Przedwczesne zachłyśnięcie się sukcesem nie działa korzystnie na rozwój przedsiębiorstwa. Prowadząc firmę, trzeba bowiem pamiętać, że najpierw należy zapłacić wynagrodzenia, rachunki i podatki, a dopiero potem można wydawać pieniądze na swoje potrzeby. Gdy się o tym zapomina, to sukces z reguły nie trwa zbyt długo. Zasada spokoju i opanowania tyczy się również podejścia do konkurencji. Otóż nie warto się skupiać na tym, aby być o niebo lepszym od reszty. To może kosztować zbyt wiele

Fot. Blachy Pruszyński

i doprowadzić do porażki. Wystarczy, że będzie się tylko odrobinę do przodu przed wszystkimi. To właśnie ta niewielka przewaga, ale utrzymywana przez cały czas, pozwala wygrać rywalizację i odnieść prawdziwy sukces.

Dlaczego rozwój zawodu dekarza stał się jednym z kluczowych elementów misji firmy Pruszyński?

Liczba działających na rynku dekarzy jest ograniczona. Z tego powodu branża pokryć dachowych i elewacyjnych nie jest w stanie rosnąć w Polsce. To od ich możliwości przerobowych zależy, jak dużo pokryć będziemy w stanie sprzedać. Dlatego zależy nam na rozwoju tego zawodu. Im więcej dekarzy z odpowiednim przeszkoleniem, tym większe możliwości rozwoju na rynku budowlanym. Nasza branża nie musi już tak mocno stawiać na zwiększenie mocy wytwórczych. Pomyślu na sukces należy szukać gdzie indziej: w redukcji kosztów, optymalizacji produkcji, ułatwianiu życia dekarzom oraz poszerzaniu oferty.

Błachodachówka panelowa VERONA została wyróżniona w projekcie Kreator Budownictwa Roku 2025. Co zdecydowało o jej wyjątkowości i na jakie potrzeby rynku ma przede wszystkim odpowiadać?

Błachodachówka VERONA ma na celu przede wszystkim poszerzenie naszej oferty panelowych pokryć dachowych, a ponadto daje możliwość stworzenia niemalże płaskiego pokrycia. Ten minimalistyczny trend utrzymuje się już od kilku lat na rynku. Segment blachodachówek panelowych to wciąż rozwijająca się grupa pokryć dachowych. Nasza produkcja jest nastawiona w ostatnich latach na systemowe rozwiązania dachowe dostępne od ręki. Dlatego oprócz wystandaryzowanych blachodachówek panelowych rozszerzamy ofertę typowych obróbek blacharskich i akcesoriów dachowych. Dążymy do spełnienia idei kompleksowego dachu.

Gdzie dziś koncentrują się Państwa działania inwestycyjne?

Główny ciężar wydatków inwestycyjnych związany jest z nakładami na automatyzację i robotyzację produkcji oraz uzupełnienie naszej oferty. Dla przykładu, kosztem 800 tys. zł uruchomiliśmy linię do wytwarzania wiatrownic modułowych. W nowym sezonie przeprowadzimy podobne inwestycje. Jest to odpowiedź na zapotrzebowanie klientów. Systematycznie też modernizujemy i doposażamy nasze oddziały. W 2025 r. spore inwestycje przeprowadziliśmy m.in. w Rzeszowie, Lublinie, Wrocławiu, Krakowie i Gdańsku. Celem wszystkich tych projektów jest usprawnienie obsługi naszej sieci dystrybucji, w której zaopatrują się dekarze. Powiększamy także naszą ekspozycję w sektorze energetycznym. Jesteśmy właśnie w trakcie przemowienia znaczącego pakietu udziałów w firmie zajmującej się obrotem energią oraz budową infrastruktury energetycznej, m.in. magazynów energii czy farm fotowoltaicznych. Ten sektor nie jest dla nas nowy. Przypomnę, że już teraz dysponujemy sporym zapleczem związanym z produkcją energii odnawialnej. W części wykorzystywana jest ona przez firmy z grupy, ale znaczną jej ilość sprzedajemy na rynku.

Jakie wyzwania dla branży dachowej uważa Pan za najistotniejsze w najbliższych latach?

Istnieje wiele zagrożeń, na które niestety nie mamy wpływu. Wiązą się one z generalnie niestabilnym otoczeniem biznesowym, w jakim przyszło nam funkcjonować, oraz nietrafionymi z punktu widzenia europejskiego przemysłu regulacjami wprowadzanymi przez administrację w Brukseli. Z drugiej strony jednak widać pewne oznaki ożywienia na rynku budowlanym. Jest szansa, że ruszą inwestycje infrastrukturalne związane m.in. z energetyką, transportem czy też zbrojeniówką. Może nie od razu, ale w nieco dłuższej perspektywie przełożą się one także na wzrost zamówień na oferowane przez nas produkty. Już w 2025 r. Grupa Pruszyński odnotowała wyraźną poprawę sprzedaży w sektorze budownictwa wielkokubaturowego. Jeżeli chodzi o sektor budownictwa indywidualnego, to popyt z jego strony utrzymywał się na stabilnym poziomie. Jednak można się spodziewać, że także ta część rynku zacznie rosnąć. Wpływ na to z pewnością będą miały obniżki stóp procentowych przez bank centralny, a co za tym idzie, coraz większe możliwości finansowania inwestycji budowlanych. ■

Dziękuję za rozmowę.

Rozmawiała Anna Dębińska



Siedziba spółki Blachy Pruszyński, oddział Chrzanów

Jakie wyzwania stoją przed budownictwem



Karolina Kozłowska
menedżer ds. marketingu
i komunikacji
Delabie Sp. z o.o.

Rok 2026 stawia przed branżą budowlaną wyraźne wyzwania: presję kosztową, rosnące wymagania środowiskowe oraz konieczność projektowania obiektów trwałych i odpowiedzialnych w całym cyklu życia. Zrównoważony rozwój przestaje być trendem – staje się standardem oczekiwanym zarówno przez inwestorów publicznych, jak i prywatnych.

W tym kontekście kluczowe znaczenie ma długowieczność zastosowanych rozwiązań. W Delabie od lat realizujemy zasadę: „nie wyrzucaj, naprawiaj”, co potwierdza 30-letnia gwarancja oraz dostępność części zamiennych przez 50 lat od daty zakupu urządzeń. To realne wsparcie dla gospodarki obiegu zamkniętego i ograniczania odpadów budowlanych.

Drugim filarem zrównoważonego budownictwa są zasoby wodne. Nowoczesna armatura Delabie pozwala na oszczędność wody nawet do 90% w porównaniu z rozwiązaniami klasycznymi. W dobie zmian klimatycznych i rosnących kosztów eksploatacji to argument, który będzie coraz silnie kształtował decyzje projektowe.

Budownictwo w 2026 r. to budownictwo odpowiedzialne: trwałe, oszczędne i projektowane z myślą o przyszłych pokoleniach.

Krzysztof Swat
doradca techniczny
Dział Realizacji Inwestycji
Forbuild SA

Od 1.01.2026 r. ustawa ochronowa nakłada obowiązek projektowania m.in. budynków mieszkalnych wielorodzinnych z uwzględnieniem miejsc doraźnego schronienia. Trwają także przygotowania do budowy pierwszej polskiej elektrowni jądrowej, dla której betonowanie konstrukcji planowane jest na rok 2028. Wymaga to stosowania betonów osłonowych zgodnie z normami amerykańskimi. Kolejne wyzwanie to jeszcze nie do końca obecna w świadomości inżynierów zaktualizowana norma EC2.

Wobec tak dużej liczby wymagań część zadań projektowych i analiz konstrukcyjnych przejmują narzędzia wspierane przez AI. Wynika to z braków kadrowych,



presji czasu oraz zaangażowania młodych inżynierów do wymagających inwestycji. Istotnym wyzwaniem w 2026 r. jest również utrzymanie jakości robót betonowych w zmiennych i często niekorzystnych warunkach realizacyjnych, czego przykładem były silne mrozy występujące na początku roku. Dla Forbuild ma to szczególne znaczenie, ponieważ w technologiach hydroizolacyjnych, takich jak biała wanna, parametry betonu i reżim wykonawczy decydują o szczelności przegród.

Marek Mielnik
wiceprezes
WPIP Construction Sp. z o.o.

Słowem-kluczem w 2026 r. będzie „efektywność”. Do utrzymującej się presji kosztowej, wynikającej z rosnących – choć dziś już może nieco bardziej stabilnych – cen materiałów, pracy i energii, dołącza oczekiwanie rynku dotyczące większej efektywności w wielu obszarach działalności generalnych wykonawców. Równocześnie inwestorzy coraz wyraźniej wymagają podejścia zrównoważonego, opartego na technologiach energooszczędnych i odpowiedzialnym zarządzaniu zasobami. Odpowiedzią branży jest dalsza cyfryzacja procesów – od projektowania w BIM po zarządzanie realizacją na budowie w oparciu o dane w czasie rzeczywistym. Rośnie także znaczenie automatyzacji oraz strategicznych partnerstw w łańcuchu dostaw.



W 2026 r. WPIP Construction staje przed wyzwaniami rynku i skupia się nie tylko na sprostaniu im, lecz także na konsekwentnym dostosowywaniu procesów realizacyjnych w całej Grupie WPIP, zapewniając klientom większą transparentność, wyższą jakość oraz innowacyjność na każdym etapie realizacji projektu. W praktyce oznacza to dalsze inwestycje w kompetencje zespołów i standaryzację procesów oraz świadome wykorzystanie danych jako kluczowego zasobu decyzyjnego.

w 2026 roku?



Małgorzata Lubczyńska

dyrektor marketingu
Blachy Pruszyński

Rynek niestety trochę zwolnił, co jednak nie oznacza, że sytuacja odbiega od normy. Branża pokryć dachowych i elewacyjnych w Polsce nie jest obecnie w stanie gwałtownie rosnąć. Ograniczenie stanowi bowiem liczba dekarzy działających na rynku. To od ich możliwości przerobowych zależy, jak dużo pokryć będziemy w stanie sprzedać. Dlatego zamiast mocno stawiać na rozwój mocy wytwórczych, będziemy raczej redukować koszty, optymalizować produkcję i poszerzać ofertę.

Bardzo ważne jest to, aby wyjść naprzeciw potrzebom dekarzy. Im prostszy w montażu i bardziej szczelny wyrób, tym większa szansa na jego sprzedaż. Widać jednak pewne oznaki ożywienia na rynku budowlanym. Istnieje szansa, że w końcu ruszą inwestycje infrastrukturalne związane m.in. z energetyką, transportem czy też zbrojeniówką. Jeżeli chodzi o sektor budownictwa indywidualnego, można się spodziewać, że także ta część rynku zacznie rosnąć. Wpływ na to z pewnością będą miały obniżki stóp procentowych przez bank centralny, a co za tym idzie, coraz większe możliwości finansowania inwestycji budowlanych.

AUTOREKLAMA

KREATOR BUDOWNICTWA ROKU



Poznaj
Laureatów
tytułu

KREATOR
BUDOWNICTWA
ROKU 2025

www.KreatorBudownictwaRoku.pl

DELABIE

FORBUILD

BLACHY
PRUSZYŃSKI

GRUPA
KDM

EMKA

construction
wpip

Ocena mostków termicznych w aspekcie cieplno-wilgotnościowym – studium przypadku

Assessment of thermal bridges in terms of heat and humidity – a case study



dr inż. Krzysztof Pawłowski, prof. PBŚ

Politechnika Bydgoska,
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
krzypaw@pbs.edu.pl
ORCID: 0000-0002-6738-5764

Streszczenie

Opisano zjawisko mostka termicznego (definicje, przykłady, konsekwencje, metody obliczeń i oceny). Zdefiniowano podstawowe parametry opisujące mostki termiczne w aspekcie cieplno-wilgotnościowym. Praktyczną część artykułu stanowią wariantowe obliczenia numeryczne parametrów fizy-

kalnych połączenia ściany zewnętrznej z płytą balkonową (w różnych wariantach obliczeniowych) oraz wskazanie jego poprawnych (preferowanych) rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych według autorskiego algorytmu. Na podstawie obliczeń i analiz sformułowano wnioski praktyczne.

Słowa kluczowe mostek termiczny, parametry cieplno-wilgotnościowe, kształtowanie układów materiałowych mostków termicznych

Abstract

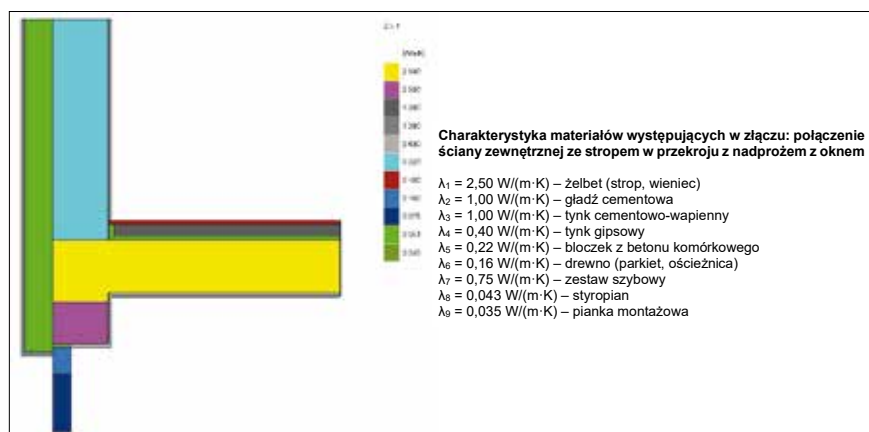
Described is the thermal bridge phenomenon (definitions, examples, consequences, calculation and assessment methods). The basic parameters describing thermal bridges are defined in terms of thermal and moisture properties. The practical part of the article consists of variant numerical calculations of the physical parameters of the con-

nection between the external wall and the balcony slab (in various calculation variants) and the indication of its correct (preferred) structural and material solutions according to the author's algorithm. Based on the conducted calculations and analyses, practical conclusions are drawn.

Keywords thermal bridge, thermal and humidity parameters, shaping of thermal bridge material systems

WPROWADZENIE

W literaturze przedmiotu występują różne definicje mostków termicznych (cieplnych). W pierwszej polskiej publikacji szerzej podejmującej problematykę fizyki budowli S. Kołodziejczyk [1] użył terminu „pomost cieplny” na oznaczenie mostka termicznego całkowitego. W. Żenczykowski [2] opisał mostki termiczne (cieplne) jako fragmenty konstrukcji wykonane z materiałów o wyższych wartościach współczynników przewodności ciepła λ (rys. 1).



Rys. 1. Charakterystyka mostka cieplnego



Według normy PN-EN ISO 10211-1 [3] mostek cieplny to część budynku, w której skądinąd jednolity opór cieplny jest znacznie zmieniony przez:

- całkowite lub częściowe przebiecie obudowy budynku przez materiały o innej przewodności cieplnej;
- modyfikację grubości warstw materiału;
- różnicę między wewnętrznymi i zewnętrznymi powierzchniami przegród, np. w przypadku połączeń ściana/podłoga/sufit.

W ujęciu praktycznym mostki cieplne to miejsca w obudowie zewnętrznej, w których obserwuje się obniżenie temperatury na wewnętrznej powierzchni i wzrost gęstości strumienia ciepłego w stosunku do pozostałej części przegrody. Najczęściej występują one w ścianach zewnętrznych, głównie w ościeżach otworów okiennych i drzwiowych, na nadprożach okiennych i podokiennikach, na wieńcach w przypadku wspornikowych płyt balkonowych oraz węzłach konstrukcyjnych ścian zewnętrznych ze stropami – zwłaszcza nad piwnicą i pod poddaszem oraz w miejscu słupów w ścianach [4].

Mostki termiczne (złącza budowlane) stanowią integralną część obudowy obiektów. Na etapie projektowania należy dążyć do ograniczenia ich wpływu, zwłaszcza

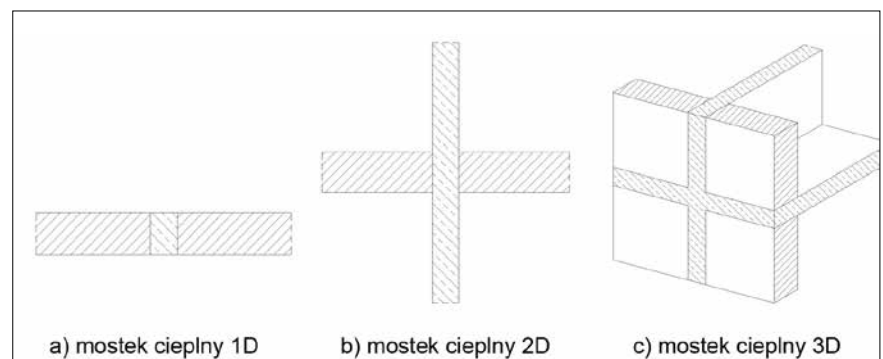
cza w aspekcie cieplno-wilgotnościowym. Zastosowanie profesjonalnych programów komputerowych przeznaczonych do obliczeń przepływu ciepła w polu dwu- i trójwymiarowym powinno być elementem wspomagającym podczas projektowania przegród budowlanych i mostków termicznych. Na podstawie wariantowych obliczeń ich parametrów fizykalnych (cieplno-wilgotnościowych) można wytypować poprawne rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe obudowy budynków.

PODZIAŁ I METODY OCENY MOSTKÓW TERMICZNYCH

Mostki termiczne można podzielić na trzy grupy (rys. 2):

- **mostki pierwszego rzędu** – płaskie w obrysie przegrody zewnętrznej (1D);
- **mostki drugiego rzędu** – w miejscu połączenia przegród, w stykach, złączach, narożnikach (2D);
- **mostki trzeciego rzędu** – przestrzenne, zarówno w samej przegrodzie zewnętrznej, jak i ewentualnym złączu przestrzennym tej przegrody z dowiązującymi lub przebijającymi ją ścianami albo stropami (3D).

Rozwiązaniem problemu mostka termicznego jest określenie rozkładu temperatur w jego obszarze, badanego najczęściej w warunkach ustalonego przepływu ciepła. Ważnym elementem oceny komfortu cieplnego pomieszczenia są temperatury na wewnętrznych powierzchniach mostka.



Rys. 2. Przykładowe mostki termiczne

Aby uwzględnić dodatkowe straty ciepła wywołane jego działaniem, niezbędna jest znajomość rozkładu temperatur na powierzchniach przegród od strony wnętrza.

Prawidłowe obliczenie mostka termicznego polega na:

- podaniu rozkładu temperatur w jego obszarze,
- określeniu temperatury minimalnej na powierzchniach wewnętrznych przegród,
- zbadaniu strefy dodatkowych strat ciepła.

Ze względu na negatywne skutki występowania mostków cieplnych (przede wszystkim dodatkowe straty energii oraz obniżenie temperatury na powierzchni przegrrody) warto wdrożyć następujące zasady:

- dążyć do ograniczenia strat ciepła i ryzyka kondensacji pary wodnej;
- mostki, których można uniknąć, eliminować na etapie projektowania lub budowy;
- mostki, których nie można uniknąć, tak projektować lub ocieplać, aby zminimalizować ich wpływ na straty ciepła i zjawisko kondensacji.

Mostki termiczne ocenia się metodami praktycznymi, takimi jak:

1) ocena eksperymentalna:

– **badania laboratoryjne** – prowadzone z użyciem znormalizowanych metod na dwóch identycznych elementach (jeden z mostkiem, drugi bez); metoda ta ma pewne ogranicze-

nia i służy głównie do wyznaczania punktowych współczynników przenikania ciepła elementów budowlanych;

– **badania in situ** – polegają na pomiarze temperatury środowiska i powierzchni po obu stronach elementu; ze względu na dynamiczne zmiany klimatu (temperatury, wilgotności, wiatru) zmiany temperatury w przegrodzie wykazują przesunięcie fazowe względem warunków zewnętrznych; wiarygodne rezultaty dają jedynie pomiary długotrwałe, a uzyskane średnie współczynniki należy interpretować ostrożnie;

2) **ocena modeli teoretycznych (2D lub 3D):**

– z użyciem specjalistycznych programów komputerowych;

– na podstawie katalogów mostków cieplnych.

Według pracy [5] dokładność poszczególnych metod wynosi:

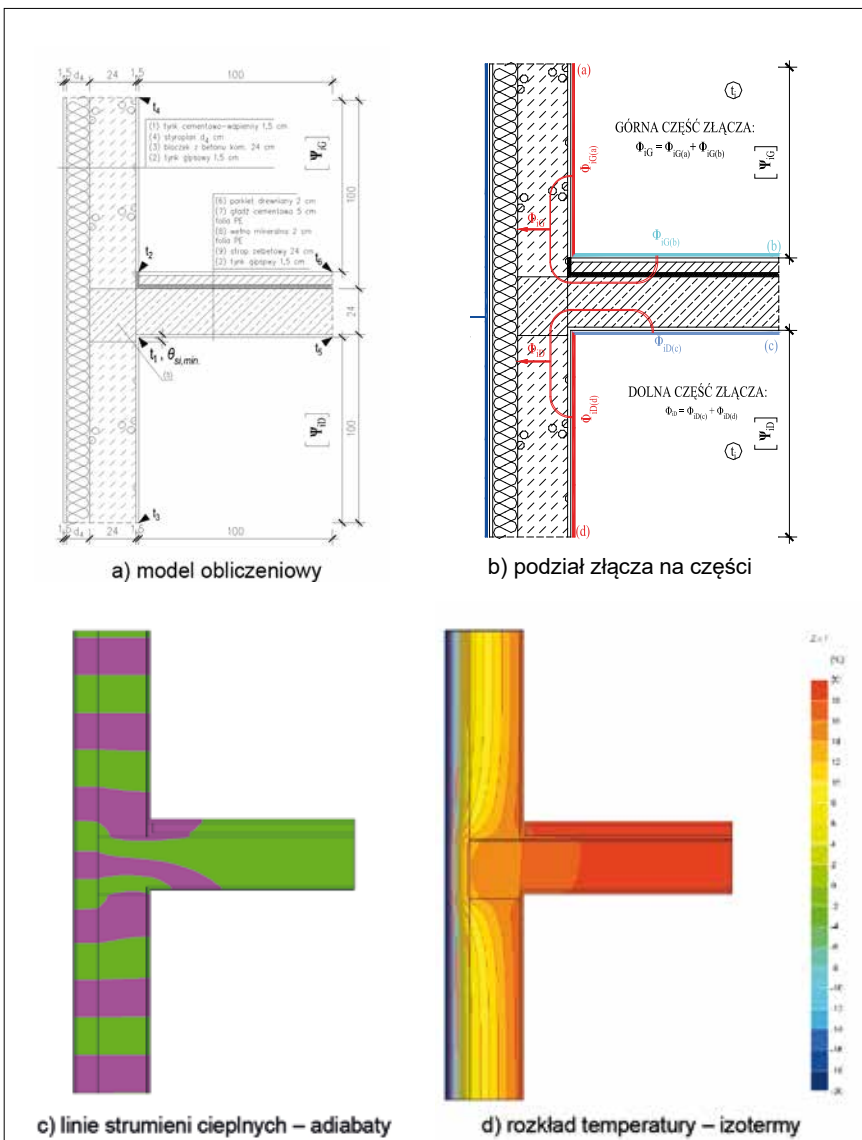
- obliczenia numeryczne: $\pm 5\%$,
- katalog mostków cieplnych: $\pm 20\%$,
- obliczenia ręczne: $\pm 20\%$,
- wartości orientacyjne: 0–50%.

Do podstawowych parametrów charakteryzujących mostki termiczne należą:

- **liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ [W/(m·K)]** – obliczany na podstawie normy PN-EN ISO 10211:2017 [6] lub przyjmowany zgodnie z wartościami z katalogu mostków cieplnych (np. załącznika do pracy [7]) oraz normy PN-EN ISO 14683:2017 [8];
- **punktowy współczynnik przenikania ciepła χ [W/K]** – wyznaczany według normy PN-EN ISO 10211:2017 [6] lub katalogu mostków cieplnych opartego na danych producentów;

- **czynnik temperaturowy f_{Rsi} ($f_{Rsi(2D)}$ – w polu dwuwymiarowym, $f_{Rsi(3D)}$ – w polu trójwymiarowym)** – określany zgodnie z normą PN-EN ISO 10211:2017 [6] z uwzględnieniem PN-EN ISO 13788:2003 [9], na podstawie temperatury minimalnej w miejscu mostka cieplnego.

Przy obliczaniu strat ciepła przez część obudowy budynku należy stosować wartości gałęziowe (częściowe) współczynnika przenikania ciepła Ψ . W opracowaniach i katalogach mostków cieplnych takich wartości brakuje, co uniemożliwia poprawne wykonanie obliczeń z zakresu fizyki budowli,



Rys. 3. Procedura obliczania parametrów fizycznych połączenia ściany zewnętrznej ze stropem w przekroju przez wieniec

np. współczynnika przenikania ciepła z uwzględnieniem mostków cieplnych U_k . Zwykle podawane są wartości dotyczące całej dodatkowej straty ciepła przez mostek.

W normie PN-EN 12831:2006 [10] wskazano potrzebę podziału tych wartości przy obliczeniach strat ciepła metodą „pomieszczenie po pomieszczeniu”. Norma ta sugeruje, aby wartości całkowite Ψ obliczone według PN-EN ISO 10211-1 [3] dzielić na dwa. Takie uproszczenie jednak często okazuje się błędem. Aby poprawnie wykonać obliczenia dla konkretnych fragmentów budynku, np. poszczególnych ścian, należy precyzyjnie przypisać wartości współczynnika Ψ do gałęzi złącza. Na rys. 3 przedstawiono przykładowy podział złączy.

Procedura obliczania gałęziowych współczynników przenikania ciepła Ψ polega na:

- wydzieleniu wewnętrznych gałęzi mostka termicznego, przypisaniu warunków początkowych i brzegowych;
- obliczeniu (metodami numerycznymi, z zastosowaniem programu komputerowego) strumieni ciepła płynących przez wydzielone gałęzie (części) mostka;
- obliczeniu współczynników gałęziowych według odpowiednich zależności z zastosowaniem danych dla wydzielonych gałęzi.

Obliczenia i analizy w tym zakresie przedstawiono m.in. w pracy [11].

Wartość współczynnika Ψ [W/(m·K)] jest równa stracie ciepła na 1 m długości elementu budowlanego zawierającego mostek cieplny, zmniejszonej o stratę ciepła, która miałaby miejsce w przypadku braku mostka termicznego. Obliczenie powinno być zgodne ze wszystkimi innymi znormalizowanymi obliczeniami przenikania ciepła przy przyjęciu takich samych warunków brzegowych.

Wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ zależą od sposobu wymiarowania budynku zastosowanego w obliczeniach pola powierzchni, przez którą przepływa strumień ciepły. Dlatego należy podać system wymiarowania, na którym są oparte obliczenia:

- Ψ_i – z zastosowaniem wymiarów wewnętrznych,

Tab. 1. Klasyfikacja wpływu mostków cieplnych na straty ciepła – oprac. autora na podstawie [5]

Klasy wpływu mostka cieplnego oparte na ocenie wartości współczynnika Ψ			
C1	C2	C3	C4
$\Psi_{i,e} < 0,1$	$0,1 \leq \Psi_{i,e} < 0,25$	$0,25 \leq \Psi_{i,e} < 0,5$	$\Psi_{i,e} \geq 0,50$
wpływ pomijany	mały wpływ	duży wpływ	bardzo duży wpływ

- Ψ_{oi} – z zastosowaniem wymiarów osiowych,
- Ψ_e – z zastosowaniem wymiarów zewnętrznych.

Znacząca wartość współczynnika Ψ nie oznacza automatycznie istotnego mostka cieplnego. Zgodnie z definicją wartości Ψ traktowane są jako współczynniki korekcyjne do obliczeń jednowymiarowych strat ciepła, za pomocą których aspekt geometryczny (określony przez przyjęcie wymiarów) powinien być uwzględniony tak samo jak zwiększenie strumienia cieplnego. Przykładową klasyfikację wpływu mostków cieplnych w zależności od wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ (po wymiarach wewnętrznych i zewnętrznych) podano w tab. 1.

Ryzyko rozwoju pleśni w miejscu mostka cieplnego sprawdza się przez porównanie wartości obliczeniowej czynnika temperaturowego $f_{Rsi(2D)}$ w miejscu mostka cieplnego z wartością graniczną (krytyczną) $f_{Rsi(kryt)}$. Jeżeli spełniona jest nierówność $f_{Rsi(2D)} \geq f_{Rsi(kryt)}$, nie występuje ryzyko rozwoju pleśni i grzybów pleśniowych na wewnętrznej powierzchni przegrody.

Czynnik temperaturowy (w miejscu mostka cieplnego) $f_{Rsi(2D)}$ określa się według wzoru:

$$f_{Rsi(2D)} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

gdzie:

$\theta_{si,min}$ – temperatura minimalna na wewnętrznej powierzchni przegrody mostka cieplnego [°C],

θ_e – temperatura powietrza zewnętrznego [°C],

θ_i – temperatura powietrza wewnętrznego [°C].

Czynnik temperaturowy krytyczny $f_{Rsi(kryt)}$ można określić:

- w sposób uproszczony dla $t_i = 20^\circ\text{C}$, $\varphi_i = 50\%$, $f_{Rsi(kryt)} = 0,72$;

- w sposób dokładny, z uwzględnieniem położenia budynku oraz parametrów powietrza wewnętrznego i zewnętrznego.

Wartość krytyczna czynnika temperaturowego $f_{Rsi(kryt)}$ dla trzeciej klasy wilgotności w pomieszczeniu przy $t_i = 20^\circ\text{C}$ wynosi odpowiednio: dla lokalizacji Bydgoszcz – $f_{Rsi(kryt)} = 0,785$, dla lokalizacji Warszawa – $f_{Rsi(kryt)} = 0,789$.

KSZTAŁTOWANIE UKŁADU MATERIAŁOWEGO MOSTKÓW TERMICZNYCH – STUDIUM PRZYPADKU

Na podstawie przeprowadzonych badań własnych opracowano algorytm obliczeniowy w zakresie kształtowania układów materiałowych przegród zewnętrznych i ich złączy w aspekcie ciepłno-wilgotnościowym – rys. 4.

Kompleksowa ocena jakości cieplnej elementów budynków niskoenergetycznych obejmuje analizę różnych parametrów fizycznych. Wykonanie szczegółowych obliczeń w programie komputerowym pozwala na uzyskanie miarodajnych wyników parametrów fizycznych. Ich wartości zależą od użytego materiału budowlanego (konstrukcyjnego), rodzaju i grubości izolacji cieplnej oraz ukształtowania struktury materiałowej analizowanego złącza. Posługiwanie się wartościami przybliżonymi i orientacyjnymi, np. na podstawie PN-EN ISO 14683:2008 [8], staje się nieuzasadnione, ponieważ nie uwzględniają one zmiany układów materiałowych ani rodzaju i grubości izolacji cieplnej.

Na rys. 5 przedstawiono wyniki obliczeń parametrów fizycznych połączenia ściany zewnętrznej z płytą balkonową. Dla czterech wariantów przeprowadzono obliczenia numeryczne z zastosowaniem programu TRISCO-KOBRU 86 [12], przyjmując następujące założenia:

- modelowanie złączy wykonano zgodnie z normą PN-EN ISO 10211:2017 [6];

KSZTAŁTOWANIE UKŁADU MATERIAŁOWEGO PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH I ICH ZŁĄCZY

- Przyjęcie wstępnego układu materiałowego złącza budowlanego
- Określenie charakterystyki materiałów występujących w złączu budowlanym – współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)]

- Wykonanie obliczeń numerycznych parametrów fizykalnych złącza budowlanego
 - modelowanie złącza budowlanego
 - przyjęcie warunków brzegowych: temperatura powietrza wewnętrznego (t_i), temperatura powietrza zewnętrznego (t_e), opory przejmowania ciepła na wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni przegrody (R_{si} , R_{se})
 - wprowadzenie charakterystyki materiałowej – współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)]
- Określenie parametrów fizykalnych złącza budowlanego
 - strumień przepływu ciepła przez złącze Φ [W]
 - liniowy współczynnik sprzężenia cieplnego L^{2D} [W/(m·K)]
 - liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ [W/(m·K)]
 - gałęziowy współczynnik przenikania ciepła (dla odpowiedniej części złącza) [W/(m·K)]; np. w przypadku połączenia ściany zewnętrznej z oknem przekroju można określić osobno straty ciepła dla ściany zewnętrznej (Ψ_{sc}) oraz okna (Ψ_o)
 - temperatura minimalna w złączu (2D lub 3D) $t_{min}(\theta_{si,min})$ [°C]
 - czynnik temperaturowy $f_{Rsi(2D)}$, $f_{Rsi(3D)}$ [-]

- Kryteria oceny przegród zewnętrznych i ich złączy
 - kryterium cieplne: współczynnik przenikania ciepła przegród zewnętrznych występujących w złączu U_c [W/(m²·K)], liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ [W/(m·K)]
 - kryterium wilgotnościowe: minimalna temperatura na wewnętrznej powierzchni złącza budowlanego $t_{min}(\theta_{si,min})$ [°C], czynnik temperaturowy $f_{Rsi(2D)}$, $f_{Rsi(3D)}$ określony na podstawie $t_{min}(\theta_{si,min})$ [°C], analiza możliwości występowania kondensacji międzywarstwowej w przegrodach zewnętrznych i ich złączach

WYBÓR POPRAWNEGO UKŁADU MATERIAŁOWEGO PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH I ICH ZŁĄCZY

Rys. 4. Algorytm kształtowania układu materiałowego przegród zewnętrznych i ich złączy w aspekcie cieplno-wilgotnościowym

- opory przejmowania ciepła (R_{si} , R_{se}) przyjęto zgodnie z PN-EN ISO 6946:2017 [13] przy obliczeniach strumieni cieplnych oraz PN-EN ISO 13788:2003 [9] przy obliczeniach rozkładu temperatur i czynnika temperaturowego $f_{Rsi(2D)}$;
- temperatura powietrza: wewnętrznego $t_i = 20^\circ\text{C}$ (pokój dzienny), zewnętrznego $t_e = -20^\circ\text{C}$ (III strefa);
- wartości współczynnika przewodzenia ciepła materiałów budowlanych λ [W/(m·K)] przyjęto na podstawie tabel z pracy [11];
- ściana zewnętrzna dwuwarstwowa: bloczek z betonu komórkowego gr. 24 cm, styropian grafitowy gr. 15 cm; współczynnik przenikania ciepła ściany zewnętrznej określono według PN-EN ISO 6946:2017 [12] $U_c = 0,162$ W/(m²·K);

Tab. 2. Wyniki obliczeń parametrów fizykalnych połączenia ściany zewnętrznej z płytą balkonową

Wariant obliczeniowy	Φ [W]	Φ_g [W]	Φ_d [W]	Ψ_i [W/(m·K)]	$\Psi_{i,g}$ [W/(m·K)]	$\Psi_{i,d}$ [W/(m·K)]	$t_{si,min}$ [°C]	$f_{Rsi(2D)}$ [-]
I	30,35	10,37	19,98	0,436	0,097	0,339	10,69	0,767
II	16,30	7,04	9,26	0,084	0,015	0,069	17,13	0,928
III	45,65	24,26	21,39	0,478	0,105	0,373	9,95	0,749
IV	33,39	22,09	11,30	0,172	0,051	0,121	15,92	0,898

Φ – strumień ciepła przepływający przez złącze

Φ_g – strumień ciepła przepływający przez górną część złącza

Φ_d – strumień ciepła przepływający przez dolną część złącza

Ψ_i – liniowy współczynnik przenikania ciepła, określony po wymiarach wewnętrznych

$\Psi_{i,g}$ – liniowy współczynnik przenikania ciepła, określony po wymiarach wewnętrznych w odniesieniu do górnej części złącza

$\Psi_{i,d}$ – liniowy współczynnik przenikania ciepła, określony po wymiarach wewnętrznych w odniesieniu do dolnej części złącza

$t_{si,min}$ – temperatura minimalna na wewnętrznej powierzchni przegrody w miejscu występowania mostka cieplnego (2D)

$f_{Rsi(2D)}$ – czynnik temperaturowy, określony na podstawie temperatury minimalnej na wewnętrznej powierzchni przegrody

- drzwi balkonowe: rama okienna $U_f = 0,855 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, zestaw szybowy dwukomorowy $U_g = 0,503 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$;
- łącznik izotermiczny o $\lambda = 0,10 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

Wyniki obliczeń parametrów fizycznych analizowanych złączy zestawiono w tab. 2.

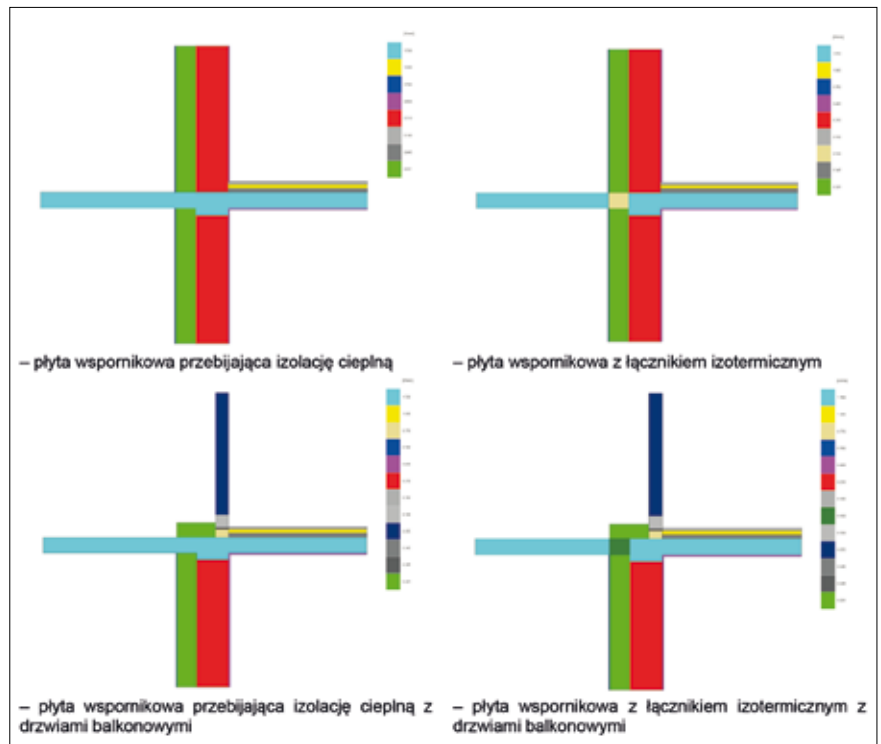
Na podstawie obliczeń (tab. 2) można stwierdzić, że analizowane złącze generuje dodatkowe straty ciepła w postaci liniowego współczynnika przenikania ciepła $\Psi_i = 0,084\text{--}0,478 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Według tab. 1 wpływ analizowanego mostka cieplnego dla wariantu II jest pomijalny, dla wariantu IV jest mały, natomiast dla wariantów I i III jest duży. W wariantach I i III występuje ryzyko kondensacji powierzchniowej, ponieważ wartość $f_{\text{Rsi}(2D)}$ jest mniejsza od wartości granicznej $f_{\text{Rsi}(kryt)} = 0,785$.

Należy zauważyć, że zastosowanie łącznika izotermicznego w wariantach II i IV obniżyło wartości dodatkowych strat ciepła w złączu w postaci liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ i przyczyniło się do podwyższenia temperatury minimalnej na wewnętrznej powierzchni przegrody w miejscu mostka cieplnego w stosunku do typowego złącza (wariant I i III), w którym płyta balkonowa przebija izolację cieplną.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Mostki termiczne (złącza budowlane) stanowią integralną część obudowy budynku i pomijanie ich w obliczeniach cieplno-wilgotnościowych jest nieuzasadnione. Ich parametry cieplno-wilgotnościowe zależą od indywidualnych rozwiązań materiałowych (zwłaszcza rodzaju, grubości i usytuowania materiału termoizolacyjnego czy też zastosowania innowacyjnych rozwiązań technicznych, np. łączników izotermicznych).

Minimalizacja wpływu mostków termicznych polega na ograniczeniu dodatkowych strat ciepła w postaci liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ oraz ryzyka występowania kondensacji powierzchniowej.



Rys. 5. Modele obliczeniowe połączenia ściany zewnętrznej z płytą balkonową

Zasadne staje się prowadzenie dalszych obliczeń oraz opracowanie katalogu mostków termicznych (złączy budowlanych) ze wskazaniem na rozwiązania materiałowe, które mogą być aplikowane do projektów budynków wznoszonych w różnych standardach energetycznych. Warto także sformułować w rozporządzeniu [14] wartości graniczne liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_{max} w celu eliminacji złączy budowlanych, które nie spełniają kryterium cieplnego w postaci: $\Psi \leq \Psi_{\text{max}}$. ■

Literatura

- [1] Kołodziejczyk S., *Fizyka konstrukcji budowlanych*, Łódź: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1962.
- [2] Żenczykowski W., *Budownictwo ogólne*, t. 3, „Ochrona cieplna budynków”, Warszawa: Wydawnictwo Arkady, 1987.
- [3] PN-EN ISO 10211-1:2005/Ap1:2006 Mostki cieplne w budynkach – Strumień cieplny i temperatura powierzchni – Ogólne metody obliczania.
- [4] Pogorzelski J.A., Awksientjuk J., *Katalog mostków cieplnych*, Warszawa: Wydawnictwo ITB, 2003.

- [5] Wouters P. i in., *Cieplno-wilgotnościowa ocena mostków cieplnych*, Warszawa: Wydawnictwo ITB, 2004.
- [6] PN-EN ISO 10211:2017 Mostki cieplne w budynkach – Strumienie ciepła i temperatury powierzchni – Obliczenia szczegółowe.
- [7] Pawłowski K., *Projektowanie elementów obudowy budynku w aspekcie fizyki cieplnej budowlanej*, Warszawa: Grupa Wydawnicza Medium, 2024.
- [8] PN-EN ISO 14683:2017 Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne.
- [9] PN-EN ISO 13788:2003 Cieplno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku – Temperatura powierzchni wewnętrznej umożliwiająca uniknięcie krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa – Metody obliczania.
- [10] PN-EN 12831:2006 Instalacje grzewcze w budynkach – Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego.
- [11] Pawłowski K., *Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle aktualnych warunków technicznych dotyczących budynków. Obliczenia cieplno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy*, Warszawa: Grupa Wydawnicza Medium, 2016.
- [12] Program komputerowy TRISCO-KOBRU 86 [oprogramowanie].
- [13] PN-EN ISO 6946:2017 Komponenty budowlane i elementy budynku – Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metoda obliczania.
- [14] 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.).

Cyberhigiena jako fundament bezpieczeństwa w erze cyfrowej – cz. II

Cyberbezpieczeństwo przestaje być dzisiaj wyłącznie zagadnieniem informatycznym, stając się jednym z podstawowych obowiązków organizacyjnych każdego podmiotu zarówno z sektora publicznego, jak i prywatnego.

W pierwszej części artykułu, która ukazała się w *Inżynierze Budownictwa* nr 1/2026 [1], wskazano podstawowe zachowania użytkownika warunkujące bezpieczeństwo w sieci teleinformatycznej, takie jak prawidłowe zarządzanie hasłami, ostrożność w korespondencji elektronicznej lub świadome korzystanie z publicznych sieci Wi-Fi. Praktyka funkcjonowania współczesnych systemów informatycznych pokazuje jednak, że indywidualna przeczność nie jest wystarczająca. Cyberbezpieczeństwo wymaga również działań o charakterze systemowym i organizacyjnym. Cyberhigiena nie może być zatem utożsamiana wyłącznie z katalogiem dobrych nawyków użytkownika końcowego. Stanowi ona szerszą kategorię obejmującą właściwe zarządzanie infrastrukturą informatyczną, danymi oraz uprawnieniami dostępowymi. W tym znaczeniu przybiera wymiar nie tylko techniczny, lecz również prawny i organizacyjny.

Szczególnego znaczenia nabierają trzy obszary: **tworzenie kopii zapasowych, regularne aktualizowanie oprogramowania oraz stosowanie mechanizmów wieloskładniko-**



Waldemar Szymański
prokurator, wykładowca akademicki,
wykładowca na studiach
podyplomowych Warszawskiego
Uniwersytetu Medycznego

wego uwierzytelniania i kontroli dostępu.

To one decydują o rzeczywistej odporności systemów na incydenty bezpieczeństwa.

Jednym z najpoważniejszych zagrożeń dla podmiotów sektora nie tylko publicznego, ale też prywatnego pozostają ataki typu ransomware. Ich istotą jest zaszyfrowanie danych i żądanie okupu za przywrócenie dostępu do nich. **O poziomie bezpieczeństwa decyduje wówczas możliwość odtworzenia danych z kopii zapasowej.** Ocena prawna takiego działania winna zawsze uwzględniać przepis art. 268a § 1 (niszczenie danych informatycznych lub utrudnianie do nich dostępu¹⁾ oraz art. 287 § 1 (oszustwo komputerowe²⁾ Ustawy z dnia 6 czerwca 1997 r. Kodeks karny [2] (dalej: k.k.). Backup przestaje być zatem udogodnieniem technicznym, a staje się podstawowym instrumentem zapewnienia ciągłości działania podmiotu.

Utrata dokumentacji projektowej, powykonawczej, kosztorysów, modeli BIM lub danych kontraktowych może prowadzić nie tylko do strat finansowych, lecz także do odpowiedzialności odszkodowawczej oraz administracyjnej.

Z perspektywy prawnej brak kopii zapasowych może zostać oceniony jako naruszenie obowiązku zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa przetwarzania danych osobowych, o którym mowa w art. 5 ust. 1 lit. f oraz art. 32 rozporządzenia 2016/679 (RODO) [3]. Przepisy te wymagają wdrożenia środków technicznych i organizacyjnych zapewniających integralność oraz dostępność danych. Zgodnie z literalnym brzmieniem przepisu dane osobowe przetwarzane są w sposób zapewniający odpowiednie bezpieczeństwo danych osobowych, w tym ochronę przed niedozwolonym lub niezgodnym z prawem przetwarzaniem oraz przypadkową utratą, zniszczeniem lub uszkodzeniem za pomocą odpowiednich środków technicznych lub organizacyjnych [4] („integralność i poufność”³⁾). Wprost wskazuje się przy tym na zdolność do szybkiego przywrócenia

¹ „Kto, nie będąc do tego uprawnionym, niszczy, uszkadza, usuwa, zmienia lub utrudnia dostęp do danych informatycznych albo w istotnym stopniu zakłóca lub uniemożliwia automatyczne przetwarzanie, gromadzenie lub przekazywanie takich danych, podlega karze pozbawienia wolności do lat 3”.

² „Kto, w celu osiągnięcia korzyści majątkowej lub wyrządzenia innej osobie szkody, bez upoważnienia, wpływa na automatyczne przetwarzanie, gromadzenie lub przekazywanie danych informatycznych lub zmienia, usuwa albo wprowadza nowy zapis danych informatycznych, podlega karze pozbawienia wolności od 3 miesięcy do lat 5”.

³ Więcej: Maciaszczyk A., *Zasada ograniczenia przechowywania, zasada integralności i poufności oraz zasada rozliczalności w ochronie danych osobowych*, LEX/el., 2023 [4].

dostępności danych w razie incydentu. Za dobrą praktykę należy uznać stosowanie zasady 3–2–1, polegającej na posiadaniu co najmniej trzech kopii danych, przechowywaniu ich na dwóch różnych nośnikach, utrzymywaniu przynajmniej jednej kopii offline lub w innej lokalizacji.

Drugim filarem cyberhigieny jest systematyczne aktualizowanie oprogramowania oraz urządzeń wykorzystywanych w pracy zawodowej. W praktyce liczne incydenty naruszenia bezpieczeństwa wynikają nie z użycia wyrafinowanych technik, lecz z wykorzystania znanych podatności w nieaktualnych systemach. Każda aplikacja lub urządzenie zawiera określone luki bezpieczeństwa, które są sukcesywnie eliminowane przez producentów w drodze poprawek. Brak ich instalacji oznacza świadome pozostawienie infrastruktury w stanie podwyższonego ryzyka. Brak aktualizacji oprogramowania (ang. software patch management) niesie za sobą poważne konsekwencje prawne, administracyjne i cywilne, szczególnie w kontekście prowadzenia działalności gospodarczej oraz przetwarzania danych osobowych. Przetarzałe oprogramowanie (tzw. end of life lub brak poprawek bezpieczeństwa) jest najczęstszą przyczyną wycieków danych [5]. Wymóg stosowania adekwatnych zabezpieczeń wynika w szczególności z dyrektywy NIS 2 [6], która nakłada na podmioty kluczowe i ważne obowiązek przyjęcia szerokiego wachlarza podstawowych praktyk dotyczących cyberhigieny, takich jak aktualizacje. Także dbałość o aktualizację oprogramowania jest obowiązkiem operatorów usług kluczowych zgodnie z art. 8 ust. 5 lit. b ustawy o krajowym systemie cyberbezpieczeństwa [7]. W praktyce cyberhigiena powinna obejmować włączanie automatycznych aktualizacji systemów operacyjnych i aplikacji, bieżące instalowanie poprawek bezpieczeństwa, aktualizowanie oprogramowania sprzętu sieciowego oraz rezygnację z systemów niewspieranych przez producenta.

Trzecim elementem jest właściwa organizacja dostępu do zasobów informatycznych. Współcześnie samo hasło nie

zapewnia wystarczającej ochrony, ponieważ dane logowania mogą zostać przejęte w wyniku phishingu lub wycieku. Dlatego coraz powszechniej stosuje się uwierzytelnianie wieloskładnikowe. Uwierzytelnianie wieloskładnikowe (MFA, ang. multi-factor authentication), najczęściej realizowane w postaci uwierzytelniania dwuskładnikowego (2FA, ang. two-factor authentication), stanowi efektywną metodę ochrony dostępu do kont poczty elektronicznej oraz profili w serwisach społecznościowych. Mechanizm ten istotnie ogranicza możliwość przejęcia konta przez osobę nieuprawnioną, ponieważ nawet w przypadku ujawnienia hasła dostęp pozostaje zablokowany bez spełnienia dodatkowego czynnika uwierzytelniającego [8]. Uwierzytelnianie dwuskładnikowe (2FA) stanowi zatem mechanizm autoryzacji, w którym – poza wprowadzeniem hasła – wymagane jest zastosowanie dodatkowego czynnika uwierzytelniającego. Funkcję tę może pełnić m.in. jednorazowy kod przesyłany za pośrednictwem wiadomości SMS, aplikacja generująca kody uwierzytelniające lub rozwiązania biometryczne, takie jak identyfikacja twarzy lub weryfikacja odcisku palca. Zastosowanie drugiego składnika istotnie podnosi poziom ochrony dostępu, ograniczając ryzyko uzyskania nieautoryzowanego dostępu nawet w sytuacji kompromitacji hasła. Mechanizm 2FA można obrazowo przyrównać do systemu zabezpieczenia wymagającego użycia dodatkowego klucza – samo hasło okazuje się niewystarczające, niezbędne jest bowiem posiadanie unikalnego kodu uwierzytelniającego [9]. Z punktu widzenia prawa, na podstawie dyrektywy NIS 2, państwa członkowskie mają obowiązek zapewnić, aby podmioty kluczowe i ważne podejmowały odpowiednie oraz proporcjonalne środki techniczne, operacyjne i organizacyjne w celu zarządzania ryzykiem dla bezpieczeństwa sieci i systemów informatycznych. Środki te powinny również służyć zapobieganiu incydom oraz minimalizowaniu ich wpływu na odbiorców usług i inne usługi. Opierają się one na podejściu uwzględniającym wszyst-

kie zagrożenia, którego celem jest ochrona sieci i systemów informatycznych oraz ich środowiska fizycznego przed incydentami. W szczególności obejmują stosowanie rozwiązań uwierzytelniania wieloczynnikowego lub ciągłego (art. 21 ust. 2 lit. j [6]).

Cyberhigiena w ujęciu współczesnym nie ogranicza się do ostrożności użytkownika. Obejmuje ona całokształt działań zapewniających odporność podmiotu na incydenty. Tworzenie kopii zapasowych, aktualizowanie środowiska informatycznego oraz kontrola dostępu stanowią dziś elementarne standardy bezpieczeństwa. ■

Literatura

- [1] Szymański W., „Cyberhigiena jako fundament bezpieczeństwa w erze cyfrowej - cz. I” w: *Inżynier Budownictwa*, nr 1, 2026, s. 74–75.
- [2] Ustawa z dnia 6 czerwca 1997 r. – Kodeks karny (t.j. Dz.U. z 2025 r. poz. 383).
- [3] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (ogólne rozporządzenie o ochronie danych).
- [4] Maciaszczyk A., „Zasada ograniczenia przechowywania, zasada integralności i poufności oraz zasada rozliczalności w ochronie danych osobowych”, LEX 2023 [dostęp: 14.02.2026], w: <https://sip.lex.pl/komentarze-i-publikacje/komentarze-praktyczne/zasada-ograniczenia-przechowywania-zasada-470208190>.
- [5] Stefanowicz-Wasilewska M., „Aktualizacja oprogramowania ma istotne znaczenie w ochronie danych”, 10.07.2025 [dostęp: 13.02.2026], w: *Gazeta Podatkowa*, nr 55 (2243), www.gofin.pl/firma/17,2,119,254474,aktualizacja-oprogramowania-ma-istotne-znaczenie-w-ochronie.html.
- [6] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2022/2555 z dnia 14 grudnia 2022 r. w sprawie środków na rzecz wysokiego wspólnego poziomu cyberbezpieczeństwa na terytorium Unii, zmieniająca rozporządzenie (UE) nr 910/2014 i dyrektywę (UE) 2018/1972 oraz uchylająca dyrektywę (UE) 2016/1148 (dyrektywa NIS 2).
- [7] Ustawa z dnia 5 lipca 2018 r. o krajowym systemie cyberbezpieczeństwa (t.j. Dz.U. z 2026 r. poz. 20).
- [8] Serwis Rzeczypospolitej Polskiej, „Dwa składniki, czyli przepis na cyberbezpieczeństwo” [dostęp: 13.02.2026], <https://www.gov.pl/web/baza-wiedzy/dwa-skladniki-czyli-przepis-na-cyberbezpieczenstwo>.
- [9] „2FA – dwuwarstwowa tarcza chroniąca przed cyberatakami” [dostęp: 13.02.2026], w: Bankier.pl, www.bankier.pl/wiadomosc/2FA-dwuwarstwowa-tarcza-chroniaca-przed-cyberatakami-9070841.html.

Od ceny do architektury kontraktu – cz. I

Rozbieżności cenowe, niestabilność zespołów i problemy z jakością nadzoru inwestorskiego w projektach infrastrukturalnych to efekt konstrukcji kontraktów, które usiłują zastąpić architekturę zarządczą jedną zmienną – ceną. Rozwiązaniem problemu może być nowy model zamawiania i rozliczania nadzoru inwestorskiego przez inwestorów publicznych.

Rozbieżności cen ofert na nadzór inwestorski w dużych projektach infrastrukturalnych, sięgające niekiedy nawet kilkaset procent, występują w wielu systemach zamówień publicznych, nie tylko w Polsce. Zjawisku temu towarzyszą:

- wysoka rotacja personelu nadzoru,
- trudności w egzekwowaniu jakości usług,
- spory kontraktowe dotyczące zakresu obowiązków,
- narastające ryzyka projektowe.

W debacie publicznej i branżowej problemy te tłumaczy się często agresywną konkurencją rynkową, presją cenową lub niedoborem kadr inżynierskich. Tego rodzaju wyjaśnienia, choć intuicyjne, mają jednak charakter powierzchowny [1].

Coraz liczniejsze badania z zakresu ekonomiki budownictwa oraz zarządzania projektami infrastrukturalnymi wskazują, że **kluczową przyczyną niestabilności kosztowej i jakościowej usług inżynierskich nie jest poziom cen sam w sobie, lecz sposób ich kontraktowania**. Innymi słowy, problemem nie jest to, ile zamawiający płaci za nadzór, lecz jak określa przedmiot zamówienia, jak strukturyzuje wynagrodzenie oraz jakie mechanizmy zarządcze wpisuje w umowę.



dr inż. Krzysztof Kaczorek
dyrektor Centrum
Analiz Budowlanych
Instytut Badań Stosowanych
Politechniki Warszawskiej

CENA – SUBSTYTUT ARCHITEKTURY ZARZĄDCZEJ

W literaturze przedmiotu wielokrotnie podkreślano, że w usługach wiedzochłonnych (knowledge-intensive services), do których należy nadzór inwestorski, cena nie jest wiarygodnym nośnikiem informacji o jakości. Próba sterowania złożonymi projektami infrastrukturalnymi wyłącznie poprzez bodźce cenowe skutkuje wypaczeniami organizacyjnymi i przenoszeniem ryzyk na najsłabsze ogniwa kontraktu [2]. Analiza systemowych przyczyn przekroczeń kosztów i opóźnień w dużych projektach infrastrukturalnych prowadzi do wniosku, że koncentracja na cenie ofertowej przy jednoczesnym niedookreśleniu zakresu odpowiedzialności oraz standardów zarządczych powoduje strategiczne zaniżanie ofert. W efekcie mamy do czynienia z późniejszą eskalacją problemów na etapie realizacji [3].

W kontekście zamówień publicznych problem ten jest dodatkowo wzmacniany przez formalizm proceduralny. Sprzyja on traktowaniu ceny jako obiektywnego i łatwego porównywalnego kryterium nawet w sytuacjach, gdy przedmiot zamówienia ma charakter złożony, długookresowy i silnie zależny od kompetencji zespołu.

ROZJAZD OFERT JAKO OBJAW, A NIE PRZYCZYNA

Pierwszy artykuł niniejszego cyklu [1] pokazał, że rozpiętości cen ofert na nadzór nie są anomalią, lecz zjawiskiem strukturalnym. Do zbieżnych wniosków prowadzą badania międzynarodowe. Wynika z nich, że duże różnice pomiędzy ofertami na usługi inżynierskie wynikają przede wszystkim z odmiennych założeń dotyczących obsady zespołu, zakresu odpowiedzialności i poziomu ryzyka przyjmowanego przez wykonawcę, a nie z różnic w „efektywności” [4]. Oznacza to, że rynek nie wycenia jednego, porównywalnego produktu, lecz reaguje na niejednoznacznie zdefiniowany przedmiot zamówienia. W takich warunkach cena staje się zmienną zastępczą, która maskuje różnice w rzeczywistym modelu realizacji usługi.



EKONOMIA KOSZTU PRACY A ILUZJA TANIEGO NADZORU

Drugi artykuł cyklu [5] pokazał, że koszt pracy inżynierów nadzoru jest determinowany przez czynniki makro- i mikroekonomiczne:

- inflację,
- koszty pracodawcy,
- koniunkturę budowlaną,
- dostępność kadr,
- złożoność techniczną kontraktu,
- ciężar raportowy.

W projektach infrastrukturalnych koszt usług inżynierskich rośnie nieliniowo wraz ze złożonością przedsięwzięcia i poziomem ryzyka, a próby jego administracyjnego ograniczania prowadzą do spadku jakości nadzoru [6].

Również raporty OECD dotyczące zamówień publicznych podkreślają, że presja na minimalizację ceny usług eksperckich skutkuje w długim okresie wzrostem kosztów całkowitych inwestycji. Zwiększa się bowiem liczba roszczeń, opóźnień i sporów [7].

Z perspektywy ekonomicznej „tani nadzór” jest więc pojęciem pozornym – **oszczędności uzyskane na etapie zamówienia są często wielokrotnie konsumowane na etapie realizacji projektu.**

BRAK STANDARDÓW JAKOŚCI I KPI, CZYLI LUKA SYSTEMOWA

Trzeci artykuł cyklu [8] wskazywał, że jedną z kluczowych przyczyn niestabilności rynku

jest brak mierzalnych, egzekwowalnych standardów jakości nadzoru. W literaturze zarządzania projektami KPI (ang. key performance indicators, czyli kluczowe wskaźniki efektywności) są uznawane za podstawowe narzędzie kontroli jakości i produktywności zespołów projektowych [9]. Badania pokazują, że projekty infrastrukturalne, w których wprowadzono jednoznaczne wskaźniki efektywności dla zespołów zarządzających i nadzorczych, charakteryzują się istotnie niższym poziomem sporów oraz lepszą kontrolą kosztów [10]. Brak KPI w umowach na nadzór powoduje, że zamawiający nie dysponuje narzędziami do oceny jakości usług w trakcie ich świadczenia, a wykonawcy nie są w stanie racjonalnie oszacować nakładu pracy, który jest wymagany do spełnienia nieformalnych oczekiwań inwestora.

OD DIAGNOZY DO PYTANIA ZASADNICZEGO

Zestawienie przedstawionych wątków prowadzi do zasadniczego wniosku spinającego cały cykl artykułów – rozbieżności cenowe, niestabilność zespołów i problemy z jakością są konsekwencją konstrukcji kontraktów, które próbują zastąpić architekturę zarządczą jedną zmienną – ceną. Skoro zatem:

- cena nie jest wiarygodnym nośnikiem jakości,
- koszt pracy nadzoru podlega obiektywnym uwarunkowaniom ekonomicznym,
- brak KPI uniemożliwia egzekwowanie standardów

– to kluczowe pytanie nie brzmi, jak obniżyć cenę nadzoru, lecz jak zaprojektować dokument zamówienia i umowę, aby cena, jakość oraz odpowiedzialność organizacyjna były ze sobą spójne? Odpowiedź wymaga odejścia od myślenia o zamówieniu jako o prostym akcie zakupu i przejścia do koncepcji architektury kontraktu.

OD ZAKUPU USŁUGI DO PROJEKTOWANIA SYSTEMU STEROWANIA PROJEKTEM

W zamówieniach publicznych na nadzór inwestorski łatwo wpaść w pułapkę myślenia, że przedmiotem zamówienia jest świadczenie obecności na budowie

lub świadczenie czynności kontrolnych. W praktyce zamawiający kupuje coś znacznie bardziej złożonego: system zarządczo-dowodowy, który ma utrzymać projekt w ryzach czasu, kosztu, jakości i zgodności formalnej. Dlatego w dojrzałych systemach zarządzania projektami większy nacisk kładzie się na ład organizacyjny (governance), jasno zdefiniowane role odpowiedzialności, sprawny przepływ informacji oraz mechanizmy kontroli, a nie wyłącznie na sam czas pracy zespołu [11].

Z tej perspektywy architektura kontraktu to nie publicystyczna metafora, lecz opis konstrukcji umowy jako układu sterowania:

- co jest mierzone,
- jak jest raportowane,
- jak jest weryfikowane,
- jak wyniki wpływają na płatność i decyzje,
- jak rozwiązuje się odchylenia (zmiany, spory, naruszenia).

Jeżeli kontrakt nie zawiera takiej architektury, rynek zaczyna kompensować braki. Jedni wykonawcy kalkulują „na bogato” (duże bufory i wysoka cena), drudzy „na ryzyko” (niska cena, a potem redukcje obsady i w efekcie spory oraz roszczenia). Prowadzi to bezpośrednio do zjawiska rażąco niskich ofert oraz problemów z ich wykonalnością, które są systemowo omawiane w wytycznych i analizach dotyczących zamówień publicznych [12].

ARCHITEKTURA, A NIE CENA

W usługach nadzoru cena jest parametrem końcowym, lecz nie mechanizmem sterowania. Próba zawiadywania nią, bez zdefiniowania mechaniki kontraktu, tworzy trzy typowe luki:

- definicyjną – zakres obowiązków jest szeroki, ale nieprzeliczony na mierzalne działania (co dokładnie ma powstać: jakie raporty, częstotliwość i rejestry dowodowe);
- organizacyjną – umowa każe zapewnić personel, ale nie precyzuje, jak ma wyglądać plan obsady w czasie (w projektach infrastrukturalnych to krytyczne: skoki intensywności robót, okna technologiczne, prace pod ruchem, kumulacje branż);



● egzekucyjną – brakuje jasnego przełożenia jakości na pieniądź (co się dzieje, gdy jakość spada?, jak to jest mierzone?, jakie są reakcje?).

W konsekwencji zamawiający musi zarządzać miękko (poprzez telefony, pognaglenia, uznaniowość), a wykonawca broni się ekonomicznie (minimalizuje nakład, przesuwając kompetencje). To mechanizm klasyczny dla kontraktów, w których bodźce ekonomiczne nie są spójne z wymaganiami jakościowymi.

PIĘĆ WARSTW ARCHITEKTURY KONTRAKTU NA NADZÓR

Zaproponowany model warstwowy opisuje, jakie elementy muszą się znaleźć w dokumentacji zamówienia i umowie, aby cena przestała być substytutem zarządzania.

1. Definicja produktu usługi i weryfikowalność

Nadzór powinien mieć jasno określone produkty:

- raporty okresowe,
- rejestry,
- protokoły,
- rekomendacje,
- zestawienia ryzyk/kolizji,

● potwierdzenia obecności przy kluczowych czynnościach itp.

Istotne jest powiązanie produktu z dowodem (co stanowi weryfikację, kto zaświera, jakie terminy). Tak rozumiana weryfikowalność ogranicza spory i poprawia porównywalność ofert, ponieważ wykonawcy wyceniają tę samą pracę, a nie wyobrażenie o nadzorze.

2. Organizacja personelu jako funkcja czasu

Nowoczesne wzorce umów idą w stronę kontraktowego narzędzia typu harmonogram pracy personelu (obsada w czasie, role, zaangażowanie), aktualizowanego wraz ze zmianami harmonogramu robót. Ten element działa jak most między dynamiką kontraktu budowlanego a realnym nakładem pracy nadzoru.

To uderza w źródło dumpingu – nie da się długo utrzymać fikcyjnego personelu, jeśli plan obsady w czasie jest dokumentem weryfikowanym i aktualizowanym.

3. Rozliczenia powiązane z wykonaniem i weryfikacją

W dojrzałych rozwiązaniach sektor publiczny odchodzi od czystej dniówki na rzecz rozliczeń okresowych (np. miesięcznych). Podstawą płatności są wtedy:

- raport,
- zestaw dokumentów,
- potwierdzenie realizacji planu.

To podejście jest spójne z praktyką performance management w kontraktach publicznych, gdzie KPI i rozliczenia są sprzężone z raportowaniem wykonania [13].

4. KPI/kryteria wykonania jako element sterowania

Największym błędem jest traktowanie KPI jako formalności. Mają one sens tylko wtedy, gdy:

- są mierzalne i weryfikowalne,
- mają częstotliwość pomiaru,
- wiążą się z nimi konsekwencje kontraktowe (np. korekta wynagrodzenia, plan naprawczy, eskalacja).

Zamawiający publiczni coraz częściej wdrażają podejście oparte na KPI w zarządzaniu kluczowymi kontraktami, traktując je jako element przejścia od modelu skoncentrowanego na formalnej zgodności (compliance) do ukierunkowanego na rzeczywiste wyniki i efektywność (performance) [13].

5. Antydumping i wykonalność – projektowanie odporności na oferty nierealne

Tu wchodzi dwa filary:

- procedury i praktyki dotyczące rażąco niskich cen – weryfikacja wykonalności, logiki kosztowej, zasobów [12];
- rezygnacja z konkurencji wyłącznie ceną na rzecz podejść wielokryterialnych (MEAT, MCDA), w których koszt jest jednym z elementów oceny, a nie jedynym mechanizmem sterującym kontraktem. Badania dotyczące MEAT oraz metod wielokryterialnych wskazują, że podejścia te zyskują na znaczeniu i są analizowane jako narzędzie poprawy efektywności wydatkowania środków (value for money) [14].

ARCHITEKTURA KONTRAKTU A RELACJA JAKOŚCI DO CENY

W dyskusji publicznej łatwo sprowadzić spór do: albo tanio, albo dobrze. Architektura kontraktu pozwala wyjść z tej fałszywej alternatywy, ponieważ przenosi ciężar z ceny na wartość w cyklu życia projektu:

- cena nadzoru jest kosztem bezpośrednim;
- jakość nadzoru jest determinantą kosztów pośrednich (roszczeń, opóźnień, błędów

jakościowych, kosztów dowodowych i audytowych);

- celem jest więc minimalizacja kosztu całkowitego, a nie jednostkowego usługi.

Podejście to jest spójne z argumentacją prezentowaną w nowszych badaniach dotyczących relacji jakości do ceny oraz kryteriów oceny ofert w zamówieniach współfinansowanych i regulowanych na poziomie Unii Europejskiej [15].

EKONOMIKA NADZORU W ARCHITEKTURZE KONTRAKTU

Architektura kontraktu na nadzór inwestorski zmienia nie tylko sposób opisu przedmiotu zamówienia, lecz przede wszystkim logikę ekonomiczną świadczenia usługi. W przeciwieństwie do tradycyjnych rozwiązań opartych na dniówkach lub abstrakcyjnych osobogodzinach punkt ciężkości zostaje przesunięty na utrzymanie zdolności organizacyjnej zespołu nadzoru w czasie trwania kontraktu. Zmiana ta ma fundamentalne znaczenie tak dla porównywalności ofert, jak i stabilności realizacji projektów infrastrukturalnych.

WYNAGRODZENIE OPARTE NA OBSADZIE

W literaturze zamówień publicznych coraz częściej podkreśla się, że rozliczanie usług profesjonalnych wyłącznie w oparciu o czas pracy prowadzi do bodźców sprzecznych z interesem zamawiającego. Analiza OECD dotycząca zamówień na usługi eksperckie wskazuje, że modele czasowe (time-based contracts) sprzyjają albo eskalacji kosztów, albo – w warunkach presji cenowej – redukcji faktycznego nakładu pracy przy zachowaniu pozorów zgodności kontraktowej [7].

Model architektoniczny odchodzi od tej logiki, zastępując ją wynagrodzeniem okresowym (najczęściej miesięcznym), które wynika z trzech powiązanych elementów:

- struktury zespołu (role, kompetencje, minimalna obsada);
- zakresu odpowiedzialności kontraktowej (zarządzanie, nadzór, raportowanie, koordynacja);
- czasu trwania kontraktu rozumianego jako okres utrzymania gotowości organizacyjnej, a nie suma przepracowanych godzin.

Takie podejście jest zgodne z wnioskami płynącymi z badań nad tzw. kontraktowaniem opartym na zdolnościach (capability-based contracting). Przedmiotem zamówienia jest tu utrzymanie zdolności do realizacji określonych funkcji w określonym czasie, a nie rozliczanie pojedynczego nakładu pracy (np. roboczogodzin) [20].

Kluczową zaletą wynagrodzenia opartego na obsadzie jest odporność na zmienność intensywności robót, która jest immanentną cechą projektów infrastrukturalnych. W okresach mniejszej aktywności budowy zamawiający nie przepłaca za nadzór, lecz utrzymuje minimalną, uzgodnioną zdolność zespołu. W czasie kulminacji robót wykonawca nie jest zmuszony do improwizowanego zwiększania zasobów bez zabezpieczenia ekonomicznego.

Europejski Trybunał Obrachunkowy, analizując przyczyny problemów w realizacji dużych inwestycji publicznych, wskazuje, że niestabilność zespołów zarządzających i nadzorczych jest jedną z głównych przyczyn utraty kontroli nad projektem, niezależnie od ceny kontraktu [16].

Model miesięcznego wynagrodzenia eliminuje również zachętę do:

- redukcji osobodni na papierze,
- rotacji personelu w celu ratowania marży,

Niestabilność zespołów zarządzających i nadzorczych jest jedną z głównych przyczyn utraty kontroli nad projektem, niezależnie od ceny kontraktu.

- przenoszenia kosztów organizacyjnych na jakość nadzoru.

W efekcie **konkurencja rynkowa przesuwana się z pytania, o ile taniej, na pytanie, jak lepiej zorganizować**. To jeden z podstawowych warunków poprawy efektywności zamówień publicznych w sektorze infrastruktury.

WALORYZACJA JAKO ELEMENT STABILIZACJI

W kontraktach wieloletnich waloryzacja wynagrodzenia nie jest ani bonusem,

ani ustępstwem na rzecz wykonawcy, lecz instrumentem stabilizacji ekonomicznej kontraktu. Komisja Europejska w wytycznych dotyczących zamówień publicznych jednoznacznie wskazuje, że brak mechanizmów dostosowawczych w długoterminowych kontraktach usługowych prowadzi do wzrostu ryzyka niewykonania lub obniżenia jakości świadczeń [17].

W modelu architektonicznym waloryzacja pełni funkcję:

- obiektywizującą – opartą na publicznych wskaźnikach,
- automatyczną – uruchamianą według z góry określonych reguł,
- neutralną negocjacyjnie – ograniczającą pole uznaniowości.

Takie podejście jest zgodne z praktykami rekomendowanymi przez OECD w zakresie zarządzania ryzykiem kontraktowym w inwestycjach publicznych [18].

Badania rynku pracy inżynierskiej po 2020 r. wyraźnie wskazują, że **koszt pracy wysoko wykwalifikowanych specjalistów rośnie szybciej niż ogólny wskaźnik inflacji, szczególnie w sektorach infrastrukturalnych**. Eurostat podkreśla, że indeks kosztów pracy w budownictwie i usługach inżynierskich charakteryzuje się wysoką zmiennością regionalną i sektorową [19].

Brak waloryzacji lub jej uproszczona forma powoduje, że:

- ryzyko makroekonomiczne jest przerzucane na wykonawcę,
- wykonawca kompensuje ryzyko makroekonomiczne poprzez obniżenie jakości,
- zamawiający traci kontrolę nad rzeczywistym kosztem nadzoru.

Jednocześnie jednak należy uważać na nadmierne uproszczenie formuł waloryzacyjnych. Zastosowanie jednego wskaźnika (np. CPI) do wszystkich komponentów kosztowych prowadzi do deformacji



ekonomicznych, szczególnie w kontraktach, gdzie:

- koszt pracy dominuje nad innymi kosztami,
- dostępność kadr jest ograniczona,
- projekt trwa wiele lat.

Raport Banku Światowego dotyczący zarządzania kontraktami infrastrukturalnymi wskazuje, że najbardziej odporne kontrakty rozdzielają komponenty kosztowe (pracę, zaplecze, koszty pośrednie) i przypisują im adekwatne wskaźniki referencyjne [21].

W modelu architektonicznym waloryzacja:

- nie zastępuje kalkulacji ofertowej;
- nie zabezpiecza przed błędami wykonawcy;
- chroni kontrakt przed erozją ekonomiczną, która przekłada się wprost na jakość nadzoru.

PODSUMOWANIE

Obserwowane na rynku rozbieżności cenowe w ofertach na nadzór inwestorski nie są anomalią ani problemem samej ceny, lecz objawem głębszej luki w sposobie zamawiania i kontraktowania usług nadzorczych. W usługach, które wymagają dużej wiedzy specjalistycznej, cena nie jest równoznaczna z wiarygodną informacją o jakości. Traktowanie jej jako dominującego mechanizmu sterowania kontraktem prowadzi do wypaczeń organizacyjnych. Efektem są:

- rotacja personelu,
- redukcja realnej obsady,
- spory o zakres,
- przerzucanie ryzyk na najsłabsze elementy relacji kontraktowej.

Rozwiązaniem może być **odejście od myślenia o zamówieniu jako o prostym zakupie usługi i przejście do koncepcji architektury kontraktu**. Należy ją rozumieć jako konstrukcję umowy, która pełni funkcję systemu sterowania projektem z jasno zdefiniowanymi produktami usługi, zasadami weryfikacji, mechaniką rozliczeń oraz reakcją na odchylenia. Zaproponowany model pięciowarstwowy porządkuje to, co w praktyce bywa dopowiadane uznaniu w trakcie realizacji.

Z perspektywy ekonomiki nadzoru kluczowe jest przesunięcie punktu ciężkości z rozliczeń opartych na czasie pracy na rozliczenia oparte na utrzymaniu zdolności organizacyjnej zespołu w okresie trwania kontraktu. W takim modelu miesięczne (okresowe) wynagrodzenie i waloryzacja nie są przywilejami, lecz elementami stabilizacji bodźców ekonomicznych, dzięki którym jakość nie ulega erozji w trakcie wieloletniej realizacji. ■

Literatura

- [1] Kaczorek K., „Problem rozbieżności wartości ofert na nadzór kontraktów infrastrukturalnych” w: *Inżynier Budownictwa*, nr 11, 2025, s. 36–41.
- [2] Turner J.R., Müller R., „On the nature of the project as a temporary organization” w: *International Journal of Project Management*, t. 21, nr 1, 2003, s. 1–8, [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00020-0](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00020-0).

International Journal of Project Management, t. 21, nr 1, 2003, s. 1–8, [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00020-0](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00020-0).

- [3] Flyvbjerg B., „What you should know about megaprojects and why: An overview” w: *Project Management Journal*, t. 45, nr 2, 2014, s. 6–19, <https://doi.org/10.1002/pmj.21409>.
- [4] Ahiaga-Dagbui D.D. i in., „Building high-performing and integrated project teams” w: *Engineering, Construction and Architectural Management*, t. 27, nr 10, 2020, s. 3341–3361.
- [5] Kaczorek K., „Czynniki kształtujące wynagrodzenie za nadzór kontraktów infrastrukturalnych” w: *Inżynier Budownictwa*, nr 12, 2025, s. 164–168.
- [6] Zavadskas E.K., Turskis Z., Kildienė S., „State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods” w: *Technological and Economic Development of Economy*, t. 20, nr 1, 2014, s. 165–179.
- [7] OECD, *Implementing the OECD Recommendation on Public Procurement: 2020–2024 report*, OECD Publishing, 2025.
- [8] Kaczorek K., „Standardy jakości i KPI dla nadzoru projektów infrastrukturalnych” w: *Inżynier Budownictwa*, nr 1, 2026, s. 62–67.
- [9] Kerzner H., *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling*, 12th ed. Hoboken: Wiley, 2017.
- [10] Chan A.P.C., Chan A.P.L., „Key performance indicators for measuring construction success” w: *Benchmarking: An International Journal*, t. 11, nr 2, 2004, s. 203–221, <https://doi.org/10.1108/14635770410532624>.
- [11] International Organization for Standardization, ISO 21502:2020 – *Project, programme and portfolio management – Guidance on project management*, ISO, 2020.
- [12] OECD, *Abnormally low tenders*, SIGMA Public Procurement Briefs nr 35, OECD Publishing, 2016.
- [13] Cabinet Office, *Key performance indicators (KPIs) for government's most important contracts*, UK Government, 2020.
- [14] Lehtonen J.-M., Virtanen K., „Choosing the most economically advantageous tender using a multi-criteria decision analysis approach” w: *Journal of Public Procurement*, t. 22, nr 2, 2022, s. 164–179.
- [15] Nemeč P., Kubák M., „Evaluating the value for money in procurement for EU-funded projects” w: *Humanities and Social Sciences Communications*, t. 11, 2024.
- [16] European Court of Auditors, *Public procurement in the EU: Less competition for contracts awarded for works, goods and services in the 10 years up to 2021*, Special Report nr 28/2023, Luksemburg, 2023.
- [17] European Commission, *Model service contract and contract performance clauses: Revision of prices*, Bruksela, 2012.
- [18] OECD, *Managing infrastructure governance risks*, OECD Publishing, 2021.
- [19] Eurostat, *Labour cost developments in construction*, Eurostat – European Commission, 2022.
- [20] Sheikh H., *Advanced MENA defence contracting: Partnerships for improved performance*, Strategy& (PwC), Dubai: PwC Middle East, 2019.
- [21] World Bank, *Benchmarking infrastructure development 2020*, World Bank Publications, 2020.

Konkurs „Dźwigar w Dechę” 2026

Konkurs organizowany przez Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej oraz Koło Naukowe Konstrukcji Metalowych odbędzie się 17 kwietnia br. w gmachu WIL PW.



To już II edycja tego wydarzenia. W ubiegłym roku w konkursie wzięły udział aż 23 zespoły z całej Polski, a samo przedsięwzięcie spotkało się z bardzo pozytywnym odbiorem i okazało się dużym sukcesem zarówno organizacyjnym, jak i merytorycznym. Wysoki poziom rywalizacji oraz świetna atmosfera sprawiły, że na stałe wpisało się w kalendarz wydarzeń branżowych.

Konkurs jest skierowany do studentów uczelni wyższych oraz uczniów szkół średnich z całej Polski, którzy będą



ze sobą rywalizować w trzyosobowych zespołach. Zadaniem uczestników będzie zaprojektowanie i wykonanie dźwigara z profili drewnianych o całkowitej masie konstrukcji do 1 kg.

Konstrukcje będą oceniane w następujących kategoriach:

- maksymalne obciążenie – zwycięży zespół, którego dźwigar przeniesie największe obciążenie;
- estetyka – publiczność wybierze konstrukcję wyróżniającą się wyglądem i oryginalnością;
- przewidywana nośność – nagroda zostanie przyznana zespołowi, który najdokładniej oszacuje nośność swojego dźwigara.

Na zwycięzców czekają nagrody pieniężne i pamiątki. Więcej na stronie: linktr.ee/KNKMwilpw. ■

IV konferencja BIM Meetup Polska

Przed nami kolejna edycja BIM Meetup Polska – wyjątkowego spotkania społeczności profesjonalistów i pasjonatów BIM, które odbędzie się 19–20 marca br. we Wrocławiu.



To nie jest kolejna „sucha” konferencja – to BIM-owa przestrzeń wymiany doświadczeń, szczerych rozmów i solidnej wiedzy podanej z przybliżeniem oka. Motywem przewodnim nadchodzącej edycji są superbohaterowie i ich moce.

Pierwszy dzień będzie obfitował w prelekcje o różnorodnej tematyce: od zastosowań AI i automatyzacji w pracy projektanta, przez standaryzację procesów, praktyczne wdrożenia BIM w różnych typach inwestycji, po czynnik ludzki w cyfrowej transformacji – wszystko prowadzone przez ekspertów z firm, uczelni oraz inicjatyw branżowych, bez reklam i prezentacji sponsorowanych.



NETWORKING | KONFERENCJA | WARSZTATY | AFTER PARTY | PANEL DYSKUSYJNY

Drugi dzień to warsztatowe zanurzenie w narzędzia oraz techniki – intensywne sesje pozwalające pogłębić umiejętności i wprowadzić realne wskazówki do codziennej pracy.

Organizatorzy zadbali o networking, strefy dyskusji i inspiracji oraz after party,

które tradycyjnie zamkną pierwszy dzień spotkania.

Jeśli chcesz być częścią społeczności, która realnie wpływa na rozwój cyfrowej branży budowlanej, sięgnij po ostatnie bilety dostępne na stronie organizatora: www.bimmeetup.pl. ■

Integracja BIM i GIS – wyzwania i ograniczenia

Zintegrowany model BIM i GIS staje się kluczowym narzędziem w nowoczesnym budownictwie oraz urbanistyce, pozwalając łączyć dane budowlane z przestrzennymi w celu lepszego planowania, zarządzania ryzykiem i gospodarowania zasobami. Dzięki temu możliwe jest nie tylko dokładniejsze odwzorowanie rzeczywistości, ale także jej głębsze zrozumienie, prognozowanie oraz wspieranie decyzji w oparciu o dane.



inż. Gabriela Buniewicz

Politechnika Warszawska,
Wydział Geodezji i Kartografii



dr hab. inż. Andrzej Szymon Borkowski

Politechnika Warszawska,
Wydział Geodezji i Kartografii

Realizowane inwestycje budowlane wymagają integracji określonych danych wraz z każdym kolejnym osiąganym etapem projektu. Niewątpliwie dane te mogą pochodzić z różnorodnych, rozproszonych źródeł oraz dotyczyć różnych aspektów, natomiast ich integracja może okazać się niezbędna do uzyskiwania decyzji administracyjnych, wykrywania kolizji, planowania, kontroli budowy oraz zarządzania zasobami. Istota uwzględnienia różnych nowoczesnych technologii cyfrowych, w tym modelowania informacji o obiekcie budowlanym (BIM, ang. Building Information Modeling) oraz systemów informacji geograficznej (GIS, ang. Geographic Information System), nabiera w ostatnich latach coraz większego znaczenia [1]. Poszukiwane są rozwiązania

integrujące wspomniane dychotomiczne technologie zarówno w celu poprawy przepływu procesów, jak i rozszerzenia danych budowlanych o kolejne istotne dane. BIM w ogólnym ujęciu powinien pełnić rolę swego rodzaju repozytorium wiedzy na temat stanów przeszłych, teraźniejszych i przyszłych w całym cyklu życia obiektu budowlanego [2]. Z kolei w połączeniu z GIS może potencjalnie uwzględniać także dane przestrzenne, które mogą odwzorowywać, wizualizować oraz analizować w pewien sposób rzeczywisty fragment przestrzeni. Oba środowiska projektowe wykazują znaczący potencjał do dalszego rozwoju i badania możliwości integracji, ponieważ coraz częściej dostrzega się korzyści płynące z wykorzystania ich w procesach inwestycyjno-budowlanych.

Integracja BIM i GIS umożliwia łączenie danych budowlanych z odpowiednim kontekstem przestrzennym. To pozwala nie tylko na dokładniejsze odwzorowanie rzeczywistości, lecz także na przeprowadzenie wszelkich analiz obejmujących:

- stan sieci uzbrojenia terenu,
- ewidencję gruntów i budynków,
- miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego bądź inwentaryzację obszaru w początkowej fazie planowania.

Ponadto precyzyjne skoordynowanie przestrzenne umożliwia analizy i symulacje np. zagrożenia powodziowego [3, 4], widoczności [5], wpływu inwestycji na środowisko [6] lub zapotrzebowania na roboty ziemne [7]. Realizacja takiego podejścia ma na celu skuteczne przewidywanie

i reagowanie, co sprzyja podejmowaniu racjonalnych decyzji opartych na danych (ang. data-driven decisions). Natomiast pomimo mnogości dostępnych rozwiązań cyfrowych wciąż znaczącą część omawianej problematyki stanowi proces przetwarzania, dostosowywania, integracji, ewaluacji oraz walidacji danych pochodzących z różnych, często nietypowych źródeł.

SEMANTYKA A TOPOLOGIA DANYCH

Najistotniejszą różnicą pomiędzy systemami BIM a GIS jest stosowana skala i dokładność danych budowlanych oraz przestrzennych. Dane BIM opierają się na relacyjności w skali jednostki (tzw. skali mikro), w której rdzeniem jest obiekt budowlany. Obejmuje on obiekty wraz z przypisanymi im właściwościami oraz cechami fizycznymi i koncepcyjnymi, a także danymi dotyczącymi dokumentacji technicznej oraz powykonawczej. Opisanie encje są odpowiednio ustrukturyzowane (mają swoją ontologię) i uporządkowane w relacyjnych bazach danych. System GIS to z kolei tzw. skala makro, która dotyczy wyznaczonego obszaru, regionu, miasta – topografii i relacji przestrzennych między obiektami. Zróżnicowany sposób przechowywania danych w systemach BIM i GIS powoduje jednak trudności w ich mapowaniu oraz odwzorowaniu na poziomie metadanych [8, 9]. Z drugiej strony dane te mogą być komplementarne i potencjalnie wzajemnie się uzupełniać. Wymagana jest więc wspólna georeferencja i jasno zdefiniowane reguły transformacji semantycznej między ontologiami BIM a schematami danych GIS. W codziennej praktyce brak tych uzgodnień skutkuje utratą danych niegraficznych lub wieloznacznością geometrii przy wymianie, dlatego potrzebne są konkretne wytyczne wymiany oraz systematyczna walidacja jakości przesyłanych danych.

PROGNOZY TECHNOLOGICZNE

Znaczną przeszkodą w integracji danych są formaty, w jakich są one udostępniane, co powoduje, że proces ich przetwarzania jest czasochłonny. Pozyskiwane

dane GIS są niejednorodne oraz obejmują szeroki zakres aspektów technicznych, środowiskowych bądź społecznych, co utrudnia ich prawidłową analizę oraz dostosowanie do konkretnych potrzeb. Nierzadko, aby skutecznie wykonać otrzymane pliki, trzeba stosować wiele obejść (ang. workarounds) – mogą one dotyczyć wszelkich wtyczek, aplikacji, mostów, nakładek, skryptów, dodatków, a także formatów pośredniczących.

Inteligencje). Niewątpliwie coraz wyraźniej uwidacznia się tendencja do efektywnego wykorzystania innowacyjnych rozwiązań wspierających analizę danych w ciągle ewoluującej branży budowlanej, co w konsekwencji umożliwia podejmowanie bardziej świadomych i precyzyjnych decyzji w całym procesie.

Jednocześnie kluczowe staje się również porządkowanie łańcucha wymiany danych poprzez definiowanie choćby minimalnych

Najistotniejszą różnicą pomiędzy systemami BIM a GIS jest stosowana skala i dokładność danych budowlanych oraz przestrzennych.

Mimo postępu technologicznego obecny proces wymiany informacji często negatywnie wpływa na dokładność i spójność danych, a także może powodować problemy z importem i eksportem, ostatecznie prowadząc do ich częściowej utraty. Tym samym coraz większego znaczenia nabiera automatyzacja pewnych powtarzalnych czynności. Nieocenione będą w tym przypadku narzędzia wspierające przeprowadzanie analiz przestrzennych. Tak samo cenne stają się aplikacje bazujące na sprawnej i jednocześnie dokładnej analizie dokumentacji projektowej, wykorzystujące technologię rozpoznawania znaków OCR czy algorytmy ML/AI (ang. Machine Learning/Artificial Intel-

profili wymiany (format + schemat atrybutów) oraz automatyczne testy jakości na każdym etapie przepływu. Wraz z wdrażaniem wspólnego środowiska danych (CDE, ang. Common Data Environment) oraz wersjonowania modeli możliwe jest śledzenie zmian, zapewnienie replikowalności analiz oraz szybkie wykrywanie rozbieżności wynikających z przeprowadzanych konwersji.

CYFRYZACJA DANYCH

Dane przestrzenne oraz budowlane w ostatnich latach coraz częściej przechodzą proces cyfryzacji. Ich zintegrowaną postać można z powodzeniem udostępniać dalszym zainteresowanym



Rys. 1. Zintegrowane dane przestrzenne w środowisku BIM



Rys. 2. Poprawnie skoordynowany przestrzennie, zintegrowany model BIM-GIS

podmiotom we wspólnych środowiskach wymiany danych, umożliwiając dostęp do plików w czasie rzeczywistym, np. bezpośrednio na placu budowy. Póki co znaczną trudność stanowi fakt odmiennej formy danych dla obu systemów. Dane geoprzestrzenne mają przede wszystkim charakter dwuwymiarowy, co ogranicza ich zastosowanie w kontekście trójwymiarowych modeli BIM. Jako przykład można wskazać nieustanne zapotrzebowanie na dane katastralne lub Geodezyjnej Ewidencji Sieci Uzbrojenia Terenu (GESUT), które w przypadku trójwymiarowej realizacji umożliwiłyby efektywne projektowanie oraz planowanie robót budowlanych w procesie

obiekt oraz jego najbliższą przestrzeń. Konsekwentna normalizacja formatów i zasad georeferencji (np. jednoznaczne układy odniesienia, spójne słowniki atrybutów) przyspieszają interoperacyjność oraz ograniczają liczbę wspomnianych ręcznych obejść. Równoległe wdrożenie reguł wersjonowania i walidacji jakości w CDE pozwala na zaufanie do danych na każdym etapie cyklu życia obiektu budowlanego.

UNIFIKACJA STANDARDÓW

Systemy BIM oraz GIS wymagają współpracy specjalistów reprezentujących różne dyscypliny nauki i techniki: architektów, inżynierów budownictwa,

tyzacji procesów integracyjnych przedstawia norma ISO 19166 [10], która określa wymagania oraz ramy dla mapowania i konwersji danych pomiędzy tymi systemami. Innym przykładem jest norma ISO 19111 [11] rozwijana przez stowarzyszenie buildingSMART, która opisuje georeferencję w modelach BIM. Poszukiwanie efektywnych sposobów integracji BIM i GIS ma na celu zwiększenie transparentności, jakości oraz efektywności realizowanych projektów. Co istotne, integracja ta zachodzi w obu kierunkach: coraz częściej BIM obejmuje zagadnienia typowe dla GIS, takie jak projektowanie w skali urbanistycznej, natomiast specjaliści GIS muszą rozumieć strukturę danych budowlanych, które w coraz większym stopniu podlegają cyfryzacji.

Praktycznym krokiem w tym kierunku jest definiowanie profili wymiany (np. mapowania IFC – CityGML; ang. Industry Foundation Classes – City Geography Markup Language) oraz stosowanie specyfikacji walidacyjnych (IDS/MVD [12]; ang. Information Delivery Specification/Model View Definition) jako pewnych kontraktów na dane między interesariuszami. Równie istotne są krajowe standardy i szkolenia, takie jak wspólny słownik pojęć oraz zasady pracy w CDE, które umożliwiają utrwalanie fundamentalnych norm w codziennej praktyce.

RACJONALNE WYKORZYSTANIE ZASOBÓW

Coraz częściej zwraca się uwagę na to, że zintegrowane wykorzystanie systemów BIM i GIS może stać się kluczowym elementem rozwoju cyfrowych replik (cyfrowych bliźniaków) miast oraz pełnić rolę istotnego narzędzia wspierającego racjonalny rozwój terenów zurbanizowanych. Połączenie danych budowlanych z przestrzennymi umożliwia prowadzenie bardziej świadomej polityki przestrzennej, racjonalne gospodarowanie zasobami oraz ograniczenie negatywnego wpływu inwestycji na środowisko. Zintegrowane podejście

BIM coraz częściej obejmuje zagadnienia typowe dla GIS, takie jak projektowanie w skali urbanistycznej.

inwestycyjnym. Należy jednak podkreślić, że to dane opisowe, a nie efektowne wizualizacje modelu, decydują o wartości informacyjnej i użyteczności takich rozwiązań, umożliwiając ostatecznie operowanie zintegrowaną bazą danych obejmującą

geodetów, geotechników oraz urbanistów. Różnice w stosowanych metodach, podejściach i sposobach pracy stanowią barierę w skutecznym opracowywaniu danych budowlanych łącznie z danymi przestrzennymi. Pewien zarys systema-

sprzyja wdrażaniu koncepcji obejmujących pojęcie ekologii, takich jak górnictwo miejskie (ang. urban mining [13]), wraz z osiągnięciem ambitnych celów gospodarki cyrkularnej. Tak samo ważne jest holistyczne planowanie przestrzeni, które będzie koncentrowało się na ponownym wykorzystaniu surowców i materiałów, minimalizacji odpadów oraz efektywnym zarządzaniu cyklem życia obiektów. Ostatecznie może to prowadzić do lepszego zarządzania przestrzenią, skutecznego planowania przedsięwzięć budowlanych oraz realizacji idei zrównoważonego rozwoju w praktyce.

Zintegrowane wykorzystanie systemów BIM i GIS może stać się kluczowym elementem rozwoju cyfrowych replik (cyfrowych bliźniaków) miast.

Współpraca składowych systemu BIM i GIS w środowisku współdzielonym ułatwia dostęp do informacji oraz optymalizuje procesy takie jak:

- adaptacja terenów do nowych funkcji;
- planowanie działań;
- zarządzanie bezpieczeństwem;
- projektowanie zrównoważonych, a w przyszłości – interaktywnych oraz zintegrowanych modeli miast.

Tym samym połączenie obu systemów stanowi fundament nowoczesnego podejścia do planowania przestrzennego, łączącego aspekty techniczne, środowiskowe i społeczne w ramach jednej, spójnej struktury. Pozwala to również wprowadzać mierzalne wskaźniki dla energii, mobilności, emisji czy retencji wód oraz testować różne warianty zagospodarowania. Zasilane danymi w czasie zbliżonym do rzeczywistego, zintegrowane modele BIM-GIS ułatwiają zarządzanie, wspierając szybkie decyzje operacyjne i długofalowe planowanie strategiczne.

PODSUMOWANIE

Integracja systemów BIM i GIS stanowi od wielu lat jeden z istotniejszych kierunków rozwoju współczesnego

budownictwa, urbanistyki oraz zarządzania przestrzenią. Coraz wyraźniej dostrzega się, że łączenie danych budowlanych z przestrzennymi nie jest jedynie zagadnieniem technologicznym, lecz elementem szerszej transformacji cyfrowej, która zmienia sposób postrzegania i kształtowania środowiska zbudowanego. Umożliwia ono przeniesienie analizy projektowej z poziomu pojedynczego obiektu na poziom jego szerszego kontekstu – przestrzennego, środowiskowego i społecznego. Takie podejście pozwala na bardziej świadome i oparte na danych planowanie inwestycji,

lepsze zarządzanie ryzykiem oraz efektywne gospodarowanie zasobami.

Wciąż jednak znaczącym wyzwaniem pozostaje różnorodność formatów danych, ich niejednorodność i brak pełnej kompatybilności pomiędzy środowiskami. Proces integracji często wymaga stosowania dodatkowych narzędzi, wtyczek oraz formatów pośrednich, co wydłuża czas pracy i może prowadzić do utraty części danych. Z drugiej strony coraz szybciej rozwijające się technologie oparte na automatyzacji, sztucznej inteligencji czy rozpoznawaniu danych z dokumentacji projektowej stopniowo zmniejszają te ograniczenia.

W rezultacie integracja BIM i GIS może być postrzegana jako kluczowy krok w kierunku budowy inteligentnych, elastycznych i zrównoważonych miast. Umożliwia nie tylko dokładniejsze odwzorowanie rzeczywistości, ale także lepsze jej zrozumienie i prognozowanie. Wspiera podejmowanie decyzji w oparciu o dane, usprawnia współpracę pomiędzy interesariuszami procesu inwestycyjnego oraz zwiększa transparentność działań. Tym samym staje się narzędziem, które integruje techno-

logię z odpowiedzialnym podejściem do kształtowania przestrzeni i środowiska, stanowiąc fundament przyszłych strategii rozwoju przestrzennego. ■

Literatura

- [1] Zhu J., Wu P., „BIM/GIS data integration from the perspective of information flow” w: *Automation in Construction*, nr 136(2), 2022, art. nr 104166, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104166>.
- [2] Borkowski A.S., Buniewicz G., „Standard IFC jako repozytorium stanów przeszłych, teraźniejszych i przyszłych w całym cyklu życia obiektu budowlanego” w: *Przegląd Budowlany*, nr 96(4), 2025, s. 124–128.
- [3] Amirebrahimi S. i in., „A BIM-GIS integration method in support of the assessment and 3D visualisation of flood damage to a building” w: *Journal of Spatial Science*, nr 61(2), 2016, s. 317–350, <https://doi.org/10.1080/14498596.2016.1189365>.
- [4] Borkowski A.S. i in., „Integration of BIM and GIS in Predicting Flood Damage to Historic Buildings: The Case of Auschwitz Death Camp I” w: *Modern Engineering*, nr 1, 2025, s. 16–25.
- [5] Zhu J. i in., „A critical review of the integration of geographic information system and building information modelling at the data level” w: *ISPRS International Journal of Geo-Information*, nr 7(2), 2018, s. 66, <https://doi.org/10.3390/ijgi7020066>.
- [6] Wang H., Pan Y., Luo X., „Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis” w: *Automation in Construction*, nr 103, 2019, s. 41–52.
- [7] Borkowski A.S., Kozłowska A., „Modelowanie terenu działki pod inwestycję i wykorzystanie zestawienia mas ziemnych w BIM” w: *Izolacje*, nr 10, 2025, s. 20–23.
- [8] Rafiee A., Dias E., Fruijtjer S., Scholten H., „From BIM to geo-analysis: view coverage and shadow analysis by BIM/GIS integration” w: *Procedia Environmental Sciences*, nr 22, 2014, s. 397–402.
- [9] Kang T.W., Hong C.H., „IFC-CityGML LOD mapping automation using multiprocessing-based screen-buffer scanning including mapping rule” w: *KSCE Journal of Civil Engineering*, nr 22, z. 2, 2018, s. 373–383, <https://doi.org/10.1007/s12205-017-0595-9>.
- [10] Designbotic sp. z o.o., [dostęp: 31.10.2025] <https://www.designbotic.pl/>.
- [11] Norma ISO 19111:2019 Geographic information – Referencing by coordinates.
- [12] Kładź M., Borkowski A.S., „IDS Standard and bSDD Service as Tools for Automating Information Exchange and Verification in Projects Implemented in the BIM Methodology” w: *Buildings*, nr 15(3), 2025, s. 378.
- [13] Aldebei F., Dombi M., „Mining the built environment: telling the story of urban mining” w: *Buildings*, nr 11(9), 2021, s. 388.

Pierwsza w Polsce fabryka leków „highly potent” – perspektywa inżyniera

Realizacja fabryki leków sterylnych w najwyższym standardzie czystości była jednym z najbardziej wymagających projektów przemysłowych ostatnich lat zarówno pod względem skali, jak i rygorów jakościowych. W obiekcie, projektowanym według zasad GMP, konstrukcja, instalacje i technologia tworzą jeden system, w którym margines błędu praktycznie nie istnieje.



mgr inż. Robert Chabros¹

Nie każda inwestycja przemysłowa niesie ze sobą ciężar odpowiedzialności wykraczający poza harmonogram i budżet. Budowa pierwszej w Polsce fabryki leków „highly potent”, przeznaczonych pierwotnie głównie do terapii onkologicznych, od początku była projektem szczególnym, nie tylko ze względu na jej skalę – ponad 12 000 m² powierzchni i ok. 75 000 m³ kubatury – ani wartość sięgającą 600 mln zł. Jej wyjątkowość polegała na czymś innym: świadomości, że każdy detal tej realizacji będzie mieć w przyszłości realny wpływ na bezpieczeństwo pacjentów.

KIEDY BUDYNEK STAJE SIĘ PIERWSZYM ELEMENTEM TERAPII

W projektach farmaceutycznych budynek nie jest jedynie „opakowaniem” dla technologii. Staje się jej integralną częścią. Ściany, stropy, przejścia instalacyjne, systemy wentylacyjne – wszystko to uczestniczy w procesie wytwarzania produktu leczniczego. W przypadku substancji o najwyższej aktywności biologicznej (OEB5) margines błędu praktycznie nie istnieje.

TECHNOLOGIA STERYLNA – INŻYNIERIA W SŁUŻBIE CZYSTOŚCI

Projekt obejmuje rozbudowane strefy czyste klasy C, których jest ponad 3000 m² oraz obszary o wyższych klasach czystości wewnątrz izolatorów aseptycznych. Linie produkcyjne do napełniania fiolek i ampułk strzykawkę pracują w technologii sterylnej, z wykorzystaniem robotów przemysłowych i pełnej izolacji operatora od produktu.

Z punktu widzenia inżyniera budownictwa oznacza to konieczność absolutnej precyzji wykonawczej. Systemy HVAC muszą utrzymywać stabilne kaskady ciśnień z niewielkim marginesem odchyłeń, kontrolować wilgotność i temperaturę z dokładnością do ułamków jednostek, a jednocześnie zapewniać odpowiednią redundancję. Każda nieszczelność, każde niekontrolowane zaburzenie przepływu powietrza może skutkować koniecznością powtórzenia kwalifikacji lub niejednokrotnie rewizją projektu i ponowną jego implementacją.

Przy takich projektach uczymy się pokory. Nawet najlepiej zaprojektowane rozwiązanie musi zostać zweryfikowane w procesie kwalifikacji i walidacji. Testy szczelności, pomiary czystości powietrza, badania integralności filtrów HEPA – wszystko to jest codziennością, a nie formalnością. Tutaj czas schodzi na dalszy plan – to, co się liczy i gdzie nie może być ustępstw, to jakość.



WYZWANIA REALIZACYJNE

Zarządzanie zespołem kilkuset osób

Jednym z najtrudniejszych aspektów projektu było zarządzanie zespołem liczącym w szczytowym momencie ponad 600 osób. Generalny wykonawca, dostawcy technologii, firmy instalacyjne, automatycy, specjaliści ds. kwalifikacji i walidacji – każdy z własną perspektywą, harmonogramem oraz zakresem odpowiedzialności.

W projektach Good Manufacturing Practice (GMP) komunikacja jest kluczowa. Nie chodzi wyłącznie o koordynację robót, lecz o wspólne rozumienie standardów jakości przez wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego. Wystarczy, że jedna ekipa potraktuje wymogi czystości jak typowe wymagania budowlane, aby w kolejnych etapach pojawiły się problemy.

Zarządzanie tak dużym zespołem wymagało nie tylko kontroli postępu prac,

¹ Inżynier budownictwa z wieloletnim doświadczeniem w realizacji zaawansowanych projektów, w tym przemysłowych w sektorze farmaceutycznym i life sciences. Specjalizuje się w zarządzaniu inwestycjami typu greenfield i brownfield, koordynacji wielobranżowej oraz wdrażaniu projektów zgodnych z wymaganiami GMP i międzynarodowych standardów jakości. Uczestnik oraz prelegent wydarzeń poświęconych nowoczesnym technologiom w przemyśle farmaceutycznym w skali krajowej i międzynarodowej. Biegły sądowy, posiadacz tytułu EurBE, Inżynier Europejski EUR-ING, MIET, absolwent IESE Business School w Monachium oraz LSE w Londynie.

ale również budowania świadomości celu poprzez utrzymywanie zaangażowania uczestników na niezmiennie wysokim poziomie. Gdy ludzie rozumieją, że ich praca przekłada się na dostępność określonych

sufitów technicznych, w których prowadzone są instalacje HVAC, media czyste, sprężone powietrze lub woda do iniekcji. Generalnie to szczelne musi być niemal wszystko – pomieszczenia i urządzenia.

czasu jest często większa niż w przypadku typowych inwestycji komercyjnych. Każde opóźnienie ma nie tylko konsekwencje finansowe, lecz także wizerunkowe oraz społeczne.



terapii, np. onkologicznych, łatwiej utrzymać dyscyplinę i zaangażowanie, nawet w warunkach presji czasu. Nie jest to jednak mechanizm działający przez cały okres realizacji projektu. Przedsięwzięcia tego typu trwają często kilkadziesiąt miesięcy, dlatego ich liderzy muszą nieustannie poszukiwać nowych źródeł inspiracji – zarówno dla siebie, jak i dla swoich współpracowników.

Koordinacja sterylnej technologii z zasadami Good Engineering Practice

Największym wyzwaniem technicznym było pogodzenie wymagań sterylnej technologii farmaceutycznej z zasadami Good Engineering Practice. Technologia wymaga eliminacji martwych przestrzeni, maksymalnej szczelności i kontrolowanych przepływów powietrza. Inżynieria budowlana musi jednocześnie zapewnić trwałość, bezpieczeństwo konstrukcji oraz możliwość serwisowania.

Przykładem są przejścia instalacyjne przez przegrody stref czystych – muszą być gazoszczelne, odporne chemicznie i jednocześnie dostępne w przypadku modernizacji. Podobne wyzwania dotyczą

Najgorsze, do czego może dojść w przypadku takiej technologii, to tzw. cross-contamination, czyli zanieczyszczenie krzyżowe.

W praktyce oznaczało to nieustanny dialog między projektantami, technologami i działem jakości. Każde rozwiązanie analizowaliśmy nie tylko pod kątem zgodności z normami budowlanymi, ale również z myślą o przyszłym audycie międzynarodowych inspekcji. Projektowanie i realizacja „pod audyt” to zupełnie inna filozofia pracy niż standardowa realizacja przemysłowa.

Projekt w kontekście polityki i bezpieczeństwa lekowego

Nie można pominąć kontekstu, w jakim realizowana była inwestycja. Ostatnie lata pokazały, jak kruche potrafią być globalne łańcuchy dostaw substancji czynnych, tzw. API i leków gotowych. Produkcja w kraju leków o wysokiej aktywności ma wymiar strategiczny – to element budowania niezależności terapeutycznej państwa.

Projekty tej skali funkcjonują w otoczeniu regulacyjnym i politycznym. Oczekiwania wobec nich są wysokie, a presja

Dla zespołu realizacyjnego oznacza to konieczność zachowania szczególnej transparentności i odpowiedzialności. Inwestycja przestaje być wyłącznie projektem biznesowym – staje się częścią infrastruktury bezpieczeństwa zdrowotnego kraju.

Nowy standard dla inżynierii przemysłowej

Budowa fabryki leków „highly potent” była dla mnie doświadczeniem redefiniującym sposób myślenia o inżynierii budowlanej. W takich projektach konstrukcja, instalacje i technologia tworzą jeden organizm, a najważniejszym czynnikiem staje się precyzja oraz jakość. Granice między branżami się zacierają, a sukces zależy od zdolności do współpracy i rozumienia wymagań jakościowych.

To także dowód, że polskie zespoły inżynierskie są w stanie realizować projekty o najwyższym stopniu złożoności technologicznej. Warunkiem jest jednak integracja wiedzy budowlanej z procesową i jakościową oraz świadomość, że w tego typu inwestycjach każdy detal ma znaczenie. ■

Tradycja w zasilaniu polskich trakcyjnych systemów tramwajowych

Tramwaje elektryczne są obecne na ziemiach polskich od ponad 100 lat. Jeszcze pod zaborami, na przełomie XIX i XX w., rozpoczęto przekształcanie linii tramwajów konnych w elektryczne. Jako źródło zasilania taboru zastosowano wówczas lokalne elektrownie węglowe z siecią trakcyjną zawieszoną nad torowiskiem.

W miejsce pojazdów z dyszlami dla zwierząt zaprzęgowych wprowadzono tramwaje wyposażone w odbieraki prądu – początkowo w formie pochylonego nad dachem dyszla z kółkiem ślizgowym, a następnie pałaków z nakładkami ślizgowymi – oraz instalację elektryczną z szeregowymi silnikami prądu stałego montowanymi w wózkach podwozia.

W silnikach o wzbudzeniu szeregowym przez oba uzwojenia – twornik i wzbudzenie – przepływał ten sam prąd trakcyjny. Rozruch pojazdu realizowano poprzez szeregowo włączenie zestawu rezystorów, tzw. opornika rozruchowego, umożliwiających stopniowe ograniczanie prądu rozruchowego do wartości znamionowych silnika. Odpowiedni dobór wartości rezystancji zapewniał płynne przyspieszenie bez wyraźnych skoków siły trakcyjnej.



Józef Dąbrowski

Sieć Badawcza Łukasiewicz
– Instytut Elektrotechniki

Nawet współczesne pojazdy elektryczne, nie tylko tramwaje, zachowują dwuetapowy charakter jazdy. W pierwszej strefie (rozruchowej) regulowane jest napięcie na zaciskach silnika traktowanego jako przetwornik energii elektrycznej na mechaniczną. W drugiej strefie, przy stałym napięciu, regulacji podlega strumień wzbudzenia (faktyczny lub pozorny), co umożliwia jazdę przy stałej mocy. Odpowiada to klasycznemu podziałowi: strefa I – rozruch przy stałym momencie oraz strefa II – jazda przy stałej mocy.

Początkowo tramwaje zasilano z lokalnych elektrowni węglowych, wyposażonych w generatory prądu stałego. Typowe napięcia wyjściowe mieściły się w przedziale 500–600 V, co wynikało z dostępności oraz jakości naturalnych materiałów izolacyjnych: bawełny i syciw na bazie asfaltów (kompaundów) otrzymywanych z frakcji ropy naftowej.

Ograniczona moc lokalnych elektrowni determinowała zarówno liczbę jednocześnie kursujących pojazdów, jak i zasięg zasilanych odcinków. W celu zwiększenia niezawodności zasilania i zapewnienia ciągłości ruchu sieć trakcyjną dzielono na sekcje zasilane jednostronnie z generatorów za pośrednictwem rozdzielni prądu stałego (RPS). Poszczególne pola RPS wyposażano w zabezpieczenia przeciążeniowe i zwarciovne, chroniące infrastrukturę sieciową oraz pojazdy.

ROZWÓJ NAPĘDU I ZASILANIA TRAMWAJÓW

Ograniczenie obszarów kursowania tramwajów w miastach pokonano dzięki zastosowaniu ignitronów – rtęciowych lamp prostownikowych [1]. Zespoły transformatorowo-prostownikowe, złożone z transformatora oraz lampy rtęciowej, umożliwiły zasilanie sieci trakcyjnej prądem stałym z rozbudowanego systemu elektroenergetycznego prądu przemienne. To pozwoliło na rezygnację z lokalnych elektrowni tramwajowych.

Systemy zasilania prądem przemiennym już wówczas miały większy zasięg, więcej źródeł generacji oraz wyższą moc jednostkową od lokalnych sieci tramwajowych. Przekładało się to na lepszą stabilność napięciową. Jednakże w celu ograniczenia wpływu wahań obciążenia w sieci AC na poziom napięcia wyprostowanego w sieci trakcyjnej DC stosowano transformatory z odczepami regulowanymi pod obciążeniem. Umożliwiało to dynamiczne dostosowywanie przekładni transformatora do warunków pracy.

Półprzewodniki, które pojawiły się w drugiej połowie lat 60. XX w., szybko się rozwijały i wypierały prostowniki rtęciowe – spadek napięcia na diodach krzemowych był ponad 10 razy mniejszy niż na pracującym prostowniku lampowym (gdzie sięgał 30 V), co pozwalało na ograniczenie strat w systemie przetwarzania energii prądu przemiennego na prąd stały. Na podstacjach trakcyjnych DC pojawił się nowy typ transformatora prostownikowego z przekładnią dopasowaną do układów półprzewodnikowych.

Nie zrezygnowano przy tym z odczepów na uzwojeniach. Nawet rozbudowano system RPS na podstacjach na potrzeby rezerwowania odcinków jednostronnego zasilania. W sieci górnej wprowadzono automatycznie uruchamiane odłączniki sieciowe, które w stanach awaryjnych samoczynnie przełączały sieć, aby kontynuować przewóz pasażerów nawet przy zmniejszonej przepustowości.

Według polskich przepisów napięcie sieci tramwajowych 600 V wynikało z napięcia znamionowego zespołów prostowni-

kowych, które wynosiło 660 V. Do tej wartości (pomniejszonej o ok. 60 V ze względu na możliwe spadki napięcia w sieci zasilającej i powrotnej) dobierano wyposażenie sieci oraz taboru. Aparatura w systemie nadal była elektromechaniczna, ale wyposażenie pojazdów wraz z rozwojem energoelektroniki było modernizowane.

W pierwszej kolejności zastąpiono wirującą przetwornicę napięcia trakcyjnego na napięcie pokładowe na potrzeby własne pojazdu. Zastosowano układy statyczne, półprzewodnikowe, bez części wirujących. Rozwiązania energoelektroniczne pozwoliły na rozproszenie centralnej wentylacji pojazdu, wcześniej powiązanej z chłodzeniem zespołu maszynowego przetwornicy pokładowej. Lokalny wydatek powietrza jest teraz regulowany prędkością obrotową silnika małej mocy na wejściu tego obwodu, a nie – jak dotąd – za pomocą przepustnic zwiększających opory aerodynamiczne.

KRYZYS I RENESANS TRANSPORTU TRAMWAJOWEGO

W drugiej połowie XX w. korporacje motoryzacyjne, petrochemiczne i budowlane w Stanach Zjednoczonych prowa-

dziły kampanię mającą na celu redukcję zelektryfikowanego transportu szynowego w obszarach miejskich i podmiejskich. Tramwaje zastępowano autobusami. Tendencja ta objęła również niektóre miasta w Europie, także w Polsce [2]. Jednak pod koniec lat 80. XX w. nastąpił renesans szynowej komunikacji miejskiej i podmiejskiej, zwłaszcza w Europie Zachodniej.

Sprzyjało temu wiele czynników, takich jak redukcja hałasu i wibracji emitowanych przez ten środek transportu dzięki użyciu nowoczesnych materiałów kompozytowych w konstrukcji taboru i infrastrukturze towarzyszącej. Do tego wdrożono w pojazdach nowoczesne rozwiązania energoelektroniczne obejmujące: układy napędowe, automatykę otwierania i zamykania drzwi, klimatyzację, systemy wizualnej oraz głosowej informacji pasażerskiej, a także obsługę zakupu biletów wewnątrz pojazdu. To wszystko znacznie podniosło komfort podróży, a jednocześnie przyczyniło się do zmniejszenia energochłonności tego środka transportu, pomimo większej liczby zainstalowanych na jego pokładzie aparatów i urządzeń elektrycznych, a nawet wzrostu masy pojedynczych pojazdów.



Fot. 1. Tramwaj w Krakowie w latach 30. XX w.

Aby utrzymać dopuszczalny nacisk osi tramwajowej na szynę poniżej 10 t, konieczne stało się projektowanie pojazdów z większą liczbą wózków, w tym wózków z osiami biernymi podpierającymi konstrukcję. Tradycyjny układ wagonów napędowych i doczepnych został zastąpiony przez zespolone, wielocłonowe pojazdy. Unifikacja członów umożliwiła obniżenie kosztów produkcji oraz elastyczne kształtowanie długości pojazdów w zależności od liczby modułów.

Zastosowanie rekuperacji energii pozwoliło na znaczące ograniczenie zapotrzebowania na moc szczytową z sieci zasilającej, zwłaszcza w okresie wzmożonego kursowania tramwajów na danym obszarze. Większa liczba osi napędowych, nawet o mniejszej mocy jednostkowej przetworników, sprzyja efektywności procesu odzyskiwania energii.

Analiza klasycznego napędu bez rekuperacji prowadzi do wniosku, że wyższą sprawność uzyskuje się przy mniejszej liczbie przetworników elektromechanicznych o większych mocach jednostkowych. Dodatkowym sposobem redukcji zapotrzebowania energetycznego, również w zakresie mocy szczytowej, jest wykorzystanie

zasobników energii. Mogą to być instalacje stacjonarne (na podstacjach, szlakach, pętłach końcowych) lub mobilne (na pojazdach). Niezależnie od wyboru rozwiązania konieczna jest inwestycja w zasobniki i układy zarządzania energią oraz staranny dobór i zaprojektowanie ich komponentów. Z punktu widzenia eksploatacji wprowadza to również nowe procedury przeglądów i konserwacji dla pracowników obsługi, co zwiększa wpływ czynnika ludzkiego – elementu potencjalnie najmniej niezawodnego w zautomatyzowanych systemach.

Renesans miejskiego transportu szynowego pociąga za sobą rozwój przepisów oraz normalizacji w odpowiednim obszarze. Ich celem jest m.in. zapewnienie bezpieczeństwa i ewentualnej wymienności sprzętu, taboru oraz infrastruktury.

CHARAKTERYSTYKA NAPIĘĆ W SYSTEMACH TRAKCYJNYCH DC I AC

O podziale systemów trakcyjnych na instalacje prądu stałego (DC) i przemienionego (AC) decyduje polaryzacja napięcia na wyjściu podstacji trakcyjnej zasilającej określony odcinek sieci. W systemach tramwajowych polaryzacja napięcia w sieci trakcyjnej pomiędzy częścią zasilającą (sie-

cią górną) a siecią powrotną (którą tworzą szyny torowiska) pozostaje stała niezależnie od trybu pracy pojazdu (podczas jazdy, hamowania z rekuperacją itp.). Zmiennym parametrem podczas przewozu pasażerów jest chwilowa wartość napięcia między siecią górną a powrotną w dowolnym punkcie obszaru zasilania (nawet na zaciskach w podstacji trakcyjnej) oraz wartość prądu trakcyjnego.

Przy klasycznym napędzie tramwajowym silnikami prądu stałego i opornikami rozruchowymi także kierunek przepływu prądu był stały, ale tylko na odcinkach sieci górnej zasilanych jednostronnie. Współczesne systemy, wykorzystujące rekuperację, umożliwiają dwukierunkowy przepływ energii, co determinuje projektowanie pól i kabli zasilających (zasilaczy) w systemach tramwajowych i kolejowych. Stany przejściowe pojawiają się w obwodach DC i AC w wyniku zmian obciążenia, np. podczas rozruchu [3]. W przypadku trakcji elektrycznej zasilanej z sieci zmiany obciążenia wiążą się także ze zmianą położenia pojazdu (odbiornika) względem podstacji (źródła zasilania). Przejściowe zjawiska o wysokiej częstotliwości wynikają też z oporu styku między pantografem a przewodem jezdnym, zależnego od siły docisku.

Międzynarodowa norma IEC z 1988 r. [4] dokumentuje wahania napięcia w tramwajowej sieci trakcyjnej. Rozróżniono w niej systemy AC i DC. W systemach DC wyróżniono cztery znamionowe wartości napięcia: 600, 750, 1500 oraz 3000 V. Do celów normalizacyjnych Międzynarodowego Komitetu Mieszanego Elektrycznego Wyposażenia Trakcyjnego każdej wartości przypisano granice zmian napięć w sieci trakcyjnej. W systemie DC o napięciu 600 V jako najniższe napięcie przyjęto 400 V, a najwyższe – 720 V.

W europejskim dokumencie z 1995 r. (polska wersja ukazała się w 1999 r. [5]) utrzymano znamionowe wartości napięć systemów DC, ale zalecono, by nowe systemy trakcji szynowej budować na napięciach: 750, 1500 i 3000 V oraz zrezygnować z budowy szynowych systemów trakcyjnych DC na napięciu 600 V.



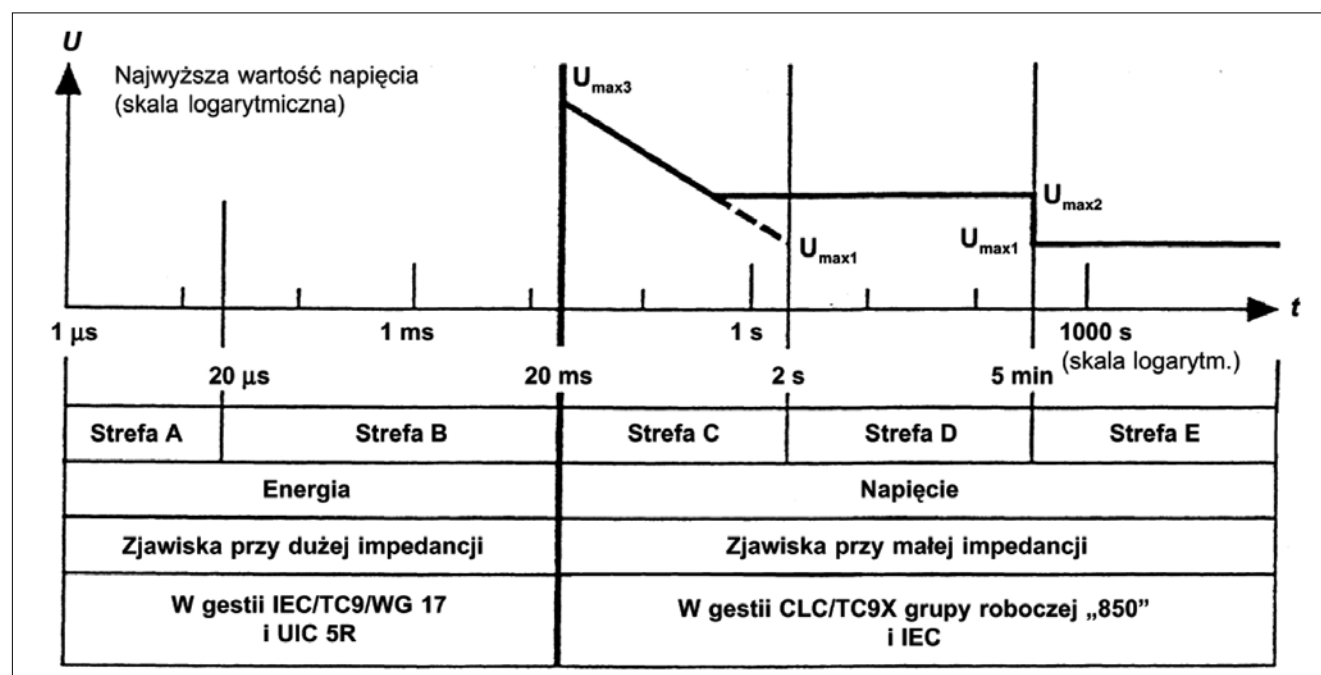
Fot. 2. Tramwaj w latach 60. XX w.

Tab. 1. Napięcia znamionowe i ich dopuszczalne ograniczenia [5]

System elektryfikacji	Napięcie najniższe trwałe $U_{\min1}$ [V]	Napięcie znamionowe U_n [V]	Napięcie najwyższe trwałe $U_{\max1}$ [V]	Napięcie najwyższe nietrwałe $U_{\max2}$ [V]
Prąd stały (wartości średnie)	400	600*	720	770**
	500	750	900	950
	1000	1500	1800	1950
	2000	3000	3600	3900

* Przyszłe systemy trakcyjne tramwajów i kolei lokalnych powinny odpowiadać napięciom znamionowym 750, 1500 lub 3000 V.

** W przypadku hamowania odzyskowego może być dopuszczone napięcie $U_{\max1} = 800 \text{ V}/U_{\max2} = 1000 \text{ V}$.


Rys. 1. Najwyższa wartość napięcia w zależności od czasu jego trwania [5] – patrz tab. 1

W normie [5] zilustrowano (rys. 1) przedział czasu występowania określonej wartości napięć powyżej napięcia znamionowego systemu, zdefiniowanej jako różnica potencjałów mierzona pomiędzy przewodem zasilającym (odbierakiem prądu) a powrotnym (szynami) w miejscu położenia pojazdu.

W tab. 1 dla znamionowego napięcia w systemie zasilania podano:

- $U_{\max1}$ – najwyższe trwałe napięcie, które może występować bez ograniczeń czasowych;
- $U_{\max2}$ – najwyższe nietrwałe napięcie, które może występować pod pantografem przez maks. 5 min;
- $U_{\min1}$ – najniższą wartość napięcia, która może występować bez ograniczeń czasowych;

- $U_{\min2}$ – najniższe nietrwałe napięcie (nie podano dla systemów DC – spadki poniżej $U_{\min1}$ mogą występować krótkotrwałe; w przypadku systemu AC podano, że najmniejsza wartość napięcia nie powinna występować dłużej niż 10 min).

Czas trwania różnych wartości napięcia powyżej wartości znamionowej podzielono na 5 stref: do 20 μs, do 20 ms, do 2 s, do 5 min i czas nieograniczony. Krótkotrwałe zjawiska napięciowe w systemie są związane z energią impulsu wydzielaną na relatywnie dużej impedancji. Napięcia na impedancjach występujących w sieci są związane ze źródłami energii elektrycznej, takimi jak podstacje trakcyjne czy tabor wyposażony w elektrodynamiczne hamowanie przetworników elektromechanicznych zainstalowanych na tramwajach.

W klasycznym taborze z rozruchem oporowym źródłem energii w systemie trakcyjnym jest wyłącznie podstacja, a wartość napięcia na pantografie względem szyn, na których znajduje się pojazd, zależy od napięcia biegu jałowego zespołów prostownikowych tej podstacji. Stany nieustalone, wynikające z przełączania odcinków na izolatorach sekcyjnych (zasilanych jednostronnie lub dwustronnie), generują przepięcia na indukcyjnościach przewodów – dotyczy to przede wszystkim sieci zasilających, w mniejszym stopniu – sieci powrotnych. Jeśli na obszarze zasilania znajduje się kilka pojazdów, pobór energii przez każdy z nich przyczynia się do obniżenia napięcia pod pantografem. W efekcie napięcie zbliża się do wartości $U_{\min1}$, a układ napędowy pojazdu

– zgodnie z założeniami projektowymi
– powinien w takim przypadku umożliwić jazdę z ograniczoną prędkością.

Zgodnie z regułami CENELEC w zakresie normalizacji po 10 latach znowelizowano zalecenia zawarte w [5]. W Polsce nowa norma ukazała się w 2006 r. [6]. W tab. 2 zaprezentowano wartości najniższych napięć nietrwałych $U_{\min 2}$ w systemach DC, które są równe najniższym napięciom trwałym dla danego napięcia znamionowego. Podano cztery wartości napięć znamionowych. Przy 600 V powtórzono zalecenie, by w nowych systemach trakcji szynowej przyjmować napięcia: 750, 1500 i 3000 V. Z porównania rys. 1 i 2 widać, że w znowelizowanym wy-

daniu pominięto strefy A i B dotyczące bardzo krótkich czasów trwania, strefa C została skrócona do 1 s, a wartość $U_{\max 3}$ obniżona do poziomu $U_{\max 2}$.

Z rys. 2 wynika, że czas trwania napięcia z przedziału $U_{\max 1} - U_{\max 2}$ nie powinien przekraczać 5 min. Natomiast w normie [6] wskazano, że napięcie z przedziału ($U_{\min 1} - U_{\min 2}$) może występować maksymalnie przez 2 min. Dodatkowo norma ta określa, że napięcie na szynie zbiorczej podstacji przy braku obciążenia powinno być mniejsze lub równe $U_{\max 1}$. W przypadku podstacji systemu prądu stałego (DC) dopuszcza się, aby napięcie bez obciążenia było mniejsze lub równe $U_{\max 2}$, o ile po pojawieniu się pojazdu napięcie

na jego pantografie będzie zgodne z wymaganiami (jak w tab. 1). W normalnych warunkach eksploatacji napięcie na pantografie pojazdu powinno się mieścić w zakresie: $U_{\min 1} \leq U \leq U_{\max 2}$. Napięcia z przedziału $U_{\max 1} - U_{\max 2}$ mogą występować jedynie w stanach przejściowych, takich jak:

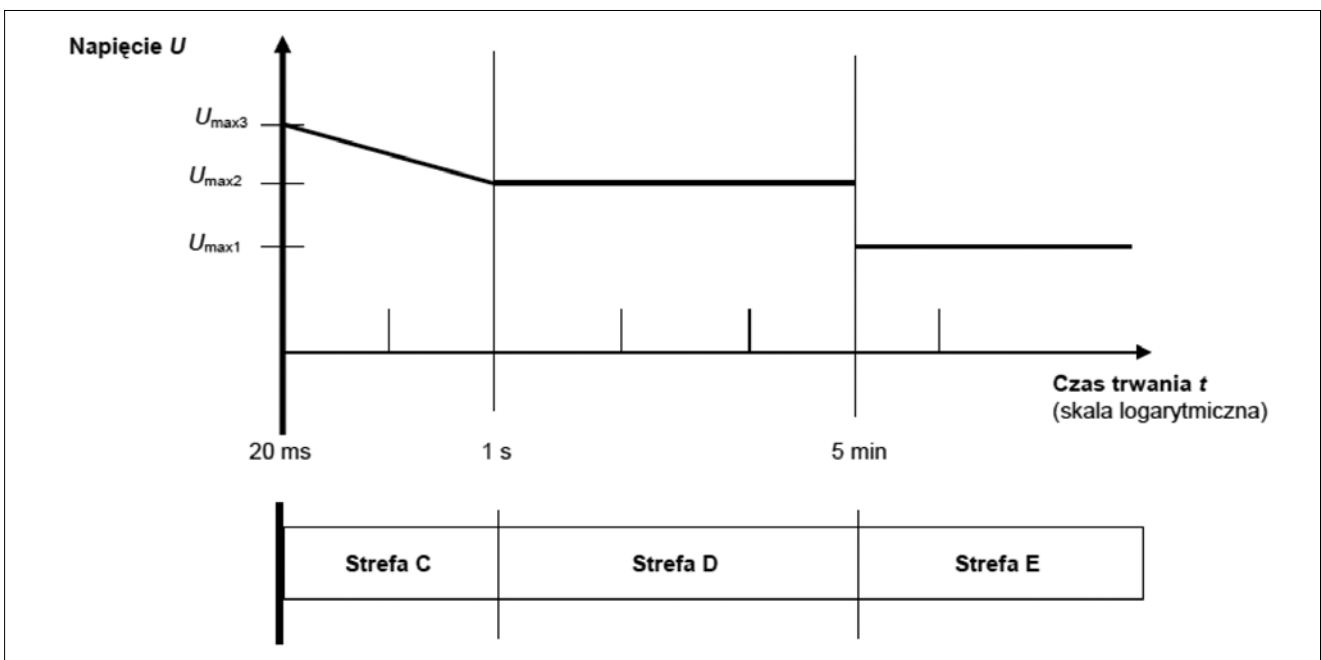
- hamowanie rekuperacyjne z oddawaniem energii do sieci,
- zmiana stanu systemów regulacji napięcia za pomocą mechanicznych przełączników zaczeów.

Najniższe dopuszczalne napięcie w warunkach anormalnych, oznaczone jako $U_{\min 2}$, stanowi graniczną wartość, przy której może być eksploatowany tabor szynowy. Zaleca się przy tym, aby nastawy

Tab. 2. Napięcia znamionowe i ich dopuszczalne ograniczenia w odniesieniu do wartości i czasu trwania [6]

System elektryfikacji	Najniższe napięcie nietrwałe $U_{\min 2}$ [V]	Najniższe napięcie trwałe $U_{\min 1}$ [V]	Napięcie znamionowe U_n [V]	Najwyższe napięcie trwałe $U_{\max 1}$ [V]	Najwyższe napięcie nietrwałe $U_{\max 2}$ [V]
Prąd stały (wartość średnia)	400	400	600	720	800
	500***	500	750	900	1000
	1000	1000	1500	1800	1950
	2000	2000	3000	3600	3900
Prąd przemienny (wartość skuteczna)	11 000	12 000	15 000	17 250	18 000
	17 500	19 000	25 000	27 500	29 000

*** Przyszłe systemy trakcyjne prądu stałego dla tramwajów i kolei lokalnych powinny być zgodne z systemami o napięciach znamionowych 750, 1500 lub 3000 V.



Rys. 2. Najwyższa wartość napięcia w zależności od czasu jego trwania [6] – patrz tab. 2. Legenda: Strefa C – przepięcie długotrwałe; zmienność stosunku $U/U_{\max 2}$ w funkcji czasu trwania określa zależność $U = U_{\max 2} \times t - k$, gdzie: t – czas w sekundach ($0,02 \text{ s} \leq t \leq 1 \text{ s}$), k – współczynnik; wykres tego równania we współrzędnych logarytmicznych jest liniowy, nachylenie określa współczynnik k ; Strefa D – najwyższe napięcie nietrwałe $U_{\max 2}$; Strefa E – najwyższe napięcie trwałe $U_{\max 1}$



Fot. 3. Odjazd składu tramwaju w Sosnowcu podczas badania lokalnej, jednostkowej konduktancji przejścia szyny–ziemia. Na zbliżeniu widoczny jest żółty pręt – elektroda stojąca w gruncie podczas rejestracji potencjału

wyzwalaczy przekaźników podnapięciowych w instalacjach stacjonarnych lub pokładowych taboru szynowego mieściły się w zakresie 85–95% wartości $U_{\min 2}$.

Dopiero w normie [6] przedstawiono metodykę pomiaru napięcia trakcyjnego. W dobie powszechnego stosowania przyrządów cyfrowych preferowana jest rejestracja napięcia z częstotliwością nie mniejszą niż 2 kHz, z uśrednianiem co sekundę. W normie określono również miejsca oraz czas rejestracji pomiarów.

Wymagania dotyczące systemów DC obowiązują od 2005 r., a w Polsce od roku 2006. Zaskakuje zatem fakt, że przy budowie od podstaw nowej sieci tramwajowej w Olsztynie w latach 2010–2014 przyjęto napięcie znamionowe 600 V. Na pytanie zadane podczas obrad Komisji Zasilania Izby Gospodarczej Komunikacji Miejskiej o powody tej decyzji wyjaśniono, że wynika to z tradycji.

Wraz ze zmianami ustrojowymi w Polsce rozpoczęła się dyskusja nad modernizacją taboru tramwajowego, która toczyła się na łamach nowo powstałego czasopisma *Technika Transportu Szynowego*.

W Europie Zachodniej zastąpiono rezystory rozruchowe silnikami prądu stałego z przekształtnikami DC/DC, a następnie układy falownikowe budowane na tyrystorach GTO do silników asynchronicznych zamieniono na tranzystory IGBT. Pierwsze zastosowania tranzystorów dotyczyły

elementów o napięciu 1300 V w sieciach trakcyjnych o napięciu 600 V. Dynamiczny rozwój elementów energoelektroniki mocy doprowadził do wprowadzenia tranzystorów przystosowanych do pracy przy napięciu 1700 V, co umożliwiło niezawodne działanie falowników w sieciach DC o napięciu znamionowym 750 V. Ze względu na niewielkie różnice cenowe między tranzystorami IGBT różnych klas napięciowych napędy w nowoczesnym taborze są obecnie projektowane i budowane z elementów na napięciu 1700 V. Równolegle na łamach europejskiej prasy technicznej omawiano rozwiązania do tramwajów niskopodłogowych wymagające specjalnie zaprojektowanych przetworników elektromechanicznych.

W Polsce ze względu na duży udział taboru klasycznego z silnikiem prądu stałego zdecydowano się na modernizację taboru 105N. Początkowo zastępowano oporniki rozruchowe przekształtnikami na tyrystorach GTO, a następnie na tranzystorach IGBT. Dopracowano trójfazowy silnik polskiej konstrukcji zabudowany w kadłubie silnika prądu stałego. Obecnie zaczynają dominować tramwaje z napędem asynchronicznym. To oznacza, że w przedsiębiorstwach tramwajowych należy zacząć zmieniać tradycje wywodzące się z Komisji Zasilania IGKM. Wraz z wycofaniem klasycznego taboru zanikają istotne ograniczenia dla podwyższenia napięcia trakcyjnego.

Zgodnie z [7] przed podjęciem decyzji o podniesieniu napięcia biegu jałowego zespołów prostownikowych należy przeanalizować urządzenia przytorowe zasilane z sieci trakcyjnej pod kątem dopuszczalnych zakresów napięć ich przetwornic DC/DC i ewentualnie DC/AC. Ze względu na powszechną rekuperację energii istnieje wysokie prawdopodobieństwo, że podniesienie napięcia będzie technicznie możliwe. W innym przypadku należy rozważyć, które rozwiązanie jest bardziej opłacalne: wymiana elementów półprzewodnikowych czy całego urządzenia. W rozbudowanych systemach tramwajowych można również zastosować podział sieci na obszary zasilania o różnych poziomach napięcia: z wyższym napięciem dla nowoczesnego taboru i niższym dla starszych pojazdów z klasycznymi silnikami prądu stałego. Jednak przy współdzieleniu tras przez pojazdy obu typów mogą się pojawić problemy eksploatacyjne.

Przykładem jest warszawskie metro, gdzie początkowo eksploatowano tabor klasyczny [8]. W 1995 r., przy skróconych składach, odnotowano wzrost liczby awarii elektrycznego wyposażenia wagonów. Przyczyną było zbyt wysokie napięcie (rzędu $U_{\max 2}$) na odbierakach prądu przy mniejszym niż projektowano obciążeniu podstacji trakcyjnych. Problem rozwiązano poprzez działania dwutorowe. Dzięki odczepom na uzwojeniach transformatorów prostownikowych

obniżono napięcie biegu jałowego i zastosowano aparaturę pokładową o wyższej odporności izolacyjnej. W 2001 r. na trasach z pasażerami wprowadzono pierwsze składy Alstoma z napędem falownikowym. W połowie pierwszej dekady XXI w. rozszerzono obszary zasilania, by zwiększyć efektywność coraz częściej stosowanych pojazdów z rekuperacją [9]. Zmiany te przyniosły oczekiwane korzyści, ale też nieoczekiwane skutki uboczne [10], w tym nadmierne zużycie nakładek stykowych na wale kułakowym (częściowo zautomatyzowanym oporniku rozruchowym).

Podniesienie napięcia trakcyjnego do wartości U_{max1} na zaciskach zespołów prostownikowych zmniejsza straty przesyłu energii do pojazdów, tak jak w sieciach rozdzielczych dodatnia tolerancja napięcia pozwala dystrybutorowi zminimalizować straty przesyłu. Dalsze podniesienie napięcia biegu jałowego tramwajowych zespołów prostownikowych do poziomu U_{max2} jeszcze bardziej ogranicza straty przesyłu, a gę-

stość ruchu tramwajowego w ciągu dnia pozwala spełnić wymagania normy dotyczące spadku napięcia do U_{max1} przy obciążeniu. Jednak cisza nocna trwa dłużej niż 5 min, co rodzi pytanie, jaki poziom napięcia należy wówczas utrzymać?

Na zużycie energii przez tabor wpływa wiele czynników, w tym:

- warunki atmosferyczne (np. temperatura powietrza zmienia rezystancję materiałów tworzących przewodzące części obwodów zasilania),
- prędkość i kierunek wiatru (oddziałują na opory ruchu i zużycie klimatyzacji),
- opady atmosferyczne (zwiększają opory ruchu),
- typ taboru oraz sposób realizacji przejazdów międzyprzystankowych (zależny również od liczby pasażerów).

Z uwagi na zmienność tych czynników oszczędności wynikające ze zmniejszonych strat przesyłowych mogą być trudne do uchwycenia w rozliczeniach miesięcznych. ■

Literatura

- [1] „Prostownik” [dostęp: 15.05.2025], Wikipedia: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Prostownik>.
- [2] „Tramwaje w Polsce” [dostęp: 15.05.2025], Wikipedia: https://pl.wikipedia.org/wiki/Tramwaje_w_Polsce.
- [3] Bolkowski S., *Stany niustalone w obwodach elektrycznych*, Warszawa: WNT, 1976.
- [4] PN-E-06123:1991 Napięcia zasilania trakcji elektrycznej (wycofana).
- [5] PN-EN 50163:1999 Zastosowania kolejowe – Napięcia zasilające systemów trakcyjnych (wycofana).
- [6] PN-EN 50163:2006 Zastosowania kolejowe – Napięcia zasilania systemów trakcyjnych.
- [7] Dąbrowski J., „Tabor a napięcie sieci trakcyjnej w polskich systemach tramwajowych”, w: *Biuletyn Komunikacji Miejskiej*, nr 161, 2021, s. 53–58.
- [8] „Informacje o taborze” [dostęp: 15.05.2025], *Metro Warszawskie*: <https://metro.waw.pl/metro-warszawskie/informacje-o-taborze/>.
- [9] Czucha J. i in., „Efektywność odzysku energii hamowania elektrodynamicznego w komunikacji miejskiej” w: *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 10, 2004, s. 1016–1019.
- [10] Ber P., Dąbrowski J., Magdalińska A., „Skutki wprowadzenia efektywniejszego układu zasilania z punktu widzenia rekuperacji energii na sieć powrotną metra warszawskiego” w: *XII Ogólnopolska Konferencja Naukowa Trakcji Elektrycznej i IV Szkoła Kompatybilności Elektromagnetycznej w Transporcie*, Zakopane, 2006, s. 9–16.

REKLAMA

SEMINARIUM | 22.04.2026



ZAPROJEKTUJ I WYKONAJ

OCHRONA PPOŻ KONSTRUKCJI STALOWYCH

SPRAWDŹ SZCZEGÓŁY
ZAREJESTRUJ SIĘ!
www.waklet.pl/seminarium/



22.04.2026
WARSZAWA
AIRPORT
HOTEL OKĘCIE

PATRONI WYDARZENIA

Inżynier
budownictwa



Przyszłość polskiego budownictwa – Międzynarodowe Targi Budownictwa i Architektury BUDMA 2026

Czy polskie budownictwo jest dziś w fazie przejściowego spowolnienia, czy raczej wchodzi w nową, trudniejszą rzeczywistość gospodarczo-rynkową? Targi BUDMA na kilka dni stały się przestrzenią rozmów o przyszłości polskiego budownictwa, znaczeniu innowacyjności i o realnych zagrożeniach dla branży.

Międzynarodowe Targi Budownictwa i Architektury BUDMA 2026 po raz kolejny potwierdziły swoją rangę jako jedno z najważniejszych wydarzeń branżowych w Europie Środkowo-Wschodniej. Tegoroczna edycja zgromadziła tysiące wystawców, ekspertów i przedstawicieli środowisk technicznych. Nie zabrakło również Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa.

Obecność izby miała charakter nie tylko promocyjny, ale przede wszystkim

Kacper Kordalski

merytoryczny. PIIB zaprezentowała swoją działalność w zakresie podnoszenia kwalifikacji zawodowych, wspierania inżynierów, dbałości o wysokie standardy etyczne i techniczne w budownictwie oraz promowania zawodu inżyniera wśród młodych ludzi.

– Wydaje mi się, że powinniśmy rozmawiać nie tylko o tym, co się dzieje nowego, o nowych technologiach, ale też

o tym, co stanie się za 5, 10 lat w naszej branży. I tu jako jeden z największych samorządów zawodowych, skupiający prawie 120 tys. czynnych inżynierów, widzimy słabnące zainteresowanie tym zawodem wśród młodych ludzi. Budownictwo to nie jest tylko plan i pozyskanie środków. Kto ten proces inwestycyjny musi jeszcze realizować – podkreślił podczas otwarcia targów Mariusz Dobrzeńcki, prezes Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa. ■



Fot. 1. Stoisko Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa



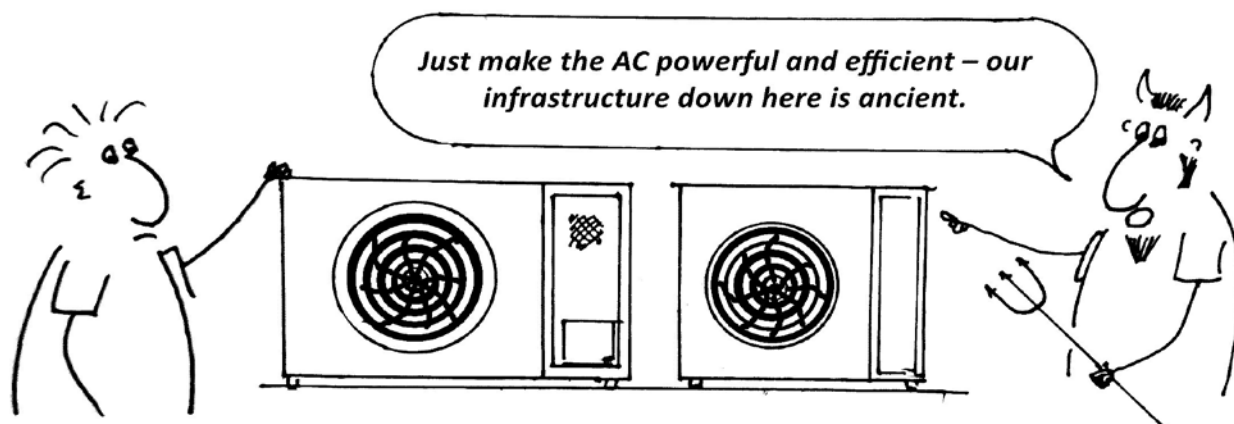
Fot. 2. Mariusz Dobrzeńcki, prezes PIIB, podczas otwarcia targów



Fot. 3. Konferencja Join Sweden. Polish-Swedish Business Summit



Fot. 4. Michał Jaros, sekretarz stanu w Ministerstwie Rozwoju i Technologii, oraz Mariusz Dobrzeńcki, prezes PIIB



Air Conditioning in a Single-Family Home

- Not that long ago, air conditioning in single-family homes was seen as more of a luxury. Today, it is no longer just an extra – it’s becoming a standard part of everyday home comfort.
- That’s a natural change. We’re dealing with longer periods of hot weather, and expectations around everyday comfort are higher than ever.
- We’re in the middle of construction and wondering whether this is the right time to plan the air conditioning system.
- It’s actually the best time. At this stage, it’s easy to plan installation routes, indoor and outdoor unit locations, power supply, and condensate drainage. Adding it later is possible, but it usually means higher costs and cutting into finished interiors.
- What solutions are most common in single-family homes these days?
- Split and multi-split systems are still the go-to choice, but more and more homeowners are opting for ducted air conditioning. It provides even air distribution throughout the home and looks cleaner, since the air outlets are discreet and almost invisible.
- Is ducted air conditioning an option for every house?
- Not always. It requires enough ceiling height and space to run the ducts, which is why it’s best to consider it early, ideally during the architectural design phase.
- I’m looking for more than just cooling on hot days.
- And that’s exactly how most people approach it now. Modern systems can also provide heating during shoulder seasons, help control humidity, and filter the air. That has a real impact not just on comfort, but also on indoor air quality and overall health – especially for allergy sufferers.
- How does that affect energy use?
- Today’s systems are much more efficient than older ones. Inverter-driven compressors, high efficiency ratings, and the ability to work alongside solar panels can significantly reduce operating costs.
- Can air conditioning work together with other systems in the house?
- Absolutely. It’s increasingly integrated with home automation, energy management systems, and mechanical ventilation. That way, the system runs only when it’s actually needed, not around the clock.
- What about noise? That’s one of my main concerns.
- With proper equipment selection and correct installation, noise really isn’t an issue. Indoor units are very quiet, especially in night mode. The key is planning their placement carefully from the start.
- Does air conditioning affect interior design? Our interior designer asked about ceiling layouts.
- Very much so. It’s worth coordinating supply vents, return grilles, and any suspended ceilings early on. Done right, the system stays visually “invisible”, and the interiors remain clean, cohesive, and functional.
- Does the AC system require complicated maintenance?
- Not at all. Day-to-day use is simple, but regular maintenance is essential. Cleaning filters, checking system tightness, and scheduled inspections keep everything running efficiently and help maintain good indoor air quality.
- So it makes sense to plan for air conditioning now, before moving on to finishes.
- Definitely. A well-designed system means long-term comfort, lower energy bills, and a cleaner overall look.
- In that case, we won’t put it off until later.
- That’s a good call. Today, air conditioning isn’t just about staying cool during heat waves – it’s simply part of a well-designed, comfortable home.



Klimatyzacja w domu jednorodzinnym

- Jeszcze niedawno klimatyzacja w domach jednorodzinnych była postrzegana jako luksus. Dziś nie jest już tylko dodatkiem – staje się standardowym elementem codziennego komfortu w domu.
- To naturalna zmiana. Mamy coraz dłuższe okresy wysokich temperatur, a ociekiwania dotyczące codziennego komfortu są dziś wyższe niż kiedykolwiek.
- Jesteśmy w trakcie budowy i zastanawiamy się, czy to dobry moment, aby zaplanować system klimatyzacji.
- To wręcz najlepszy moment. Na tym etapie można bez problemu zaplanować trasy instalacyjne, miejsca montażu jednostek wewnętrznych i zewnętrznych, zasilanie oraz odprowadzenie skroplin. Późniejszy montaż jest możliwy, ale zwykle oznacza większe koszty i ingerencję w wykończone już wnętrza.
- Jakie rozwiązania są dziś najczęściej stosowane w domach jednorodzinnych?
- Najpopularniejsze są systemy typu split i multisplit, ale coraz więcej inwestorów decyduje się na klimatyzację kanałową. Pozwala ona na równomierne rozprowadzenie powietrza w całym domu i lepszą estetykę, bo elementy nawiewne są dyskretne i praktycznie niewidoczne.
- A czy każdy dom nadaje się do klimatyzacji kanałowej?
- Nie zawsze. Wymaga ona odpowiedniej wysokości kondygnacji i miejsca na prowadzenie kanałów. Dlatego tak ważne jest uwzględnienie tego rozwiązania już na etapie projektu architektonicznego.
- Zależy mi na czymś więcej niż tylko chłodzenie w upalne dni.
- I bardzo dobrze. Nowoczesne klimatyzatory oferują również funkcję grzania w okresach przejściowych, osuszanie powietrza oraz zaawansowaną filtrację. Ma to znaczenie nie tylko dla komfortu, ale też dla zdrowia domowników, szczególnie alergików.
- A jak wygląda kwestia zużycia energii?
- Dzisiejsze urządzenia są znacznie bardziej energooszczędne niż starsze generacje.

Sprężarki inwerterowe, wysoka klasa energetyczna oraz możliwość współpracy z instalacją fotowoltaiczną pozwalają znacząco ograniczyć koszty eksploatacji.

- Czy klimatyzacja może współpracować z innymi instalacjami w domu?
- Oczywiście. Coraz częściej integruje się ją z automatyką domową, systemami zarządzania energią czy wentylacją mechaniczną. Dzięki temu urządzenia pracują tylko wtedy, gdy jest to faktycznie potrzebne.
- A co z hałasem? To jedna z moich głównych obaw.
- Przy odpowiednim doborze urządzeń i prawidłowym montażu hałas nie stanowi problemu. Jednostki wewnętrzne pracują bardzo cicho, zwłaszcza w trybach nocnych. Kluczowe jest jednak właściwe zaplanowanie ich lokalizacji.
- A czy klimatyzacja wpływa na projekt wnętrza? Architekt pytał mnie o to przy układzie sufitów.
- Jak najbardziej. Już na etapie projektu warto uzgodnić miejsca nawiewów, kratki

wywiewne czy ewentualne sufity podwieszane. Dzięki temu instalacja jest estetyczna i niewidzialna, a wnętrza zachowują spójność oraz funkcjonalność.

- Czy system klimatyzacji wymaga skomplikowanej obsługi?
- Obsługa jest prosta, ale regularny serwis pozostaje niezbędny. Czyszczenie filtrów, kontrola szczelności instalacji i okresowe przeglądy zapewniają sprawną pracę systemu oraz dobrą jakość powietrza w pomieszczeniach.
- Czyli najlepiej uwzględnić klimatyzację już teraz, zanim przejdziemy do wykończenia.
- Zdecydowanie. Dobrze zaprojektowany system to komfort, oszczędność energii i estetyka na lata.
- W takim razie nie odkładamy tego na później.
- To dobra decyzja. Dziś klimatyzacja to nie tylko chłodzenie w upalne dni, ale po prostu element dobrze zaprojektowanego, komfortowego domu.

Przygotowała Magdalena Marcinkowska

Słowniczek Vocabulary

- air conditioning (AC)** – klimatyzacja
- indoor/outdoor unit** – jednostka wewnętrzna/zewnętrzna
- ducted air conditioning** – klimatyzacja kanałowa
- air distribution** – rozprowadzenie powietrza
- air outlet/supply vent** – nawiew/kratka nawiewna
- return grille** – kratka wywiewna
- condensate drainage** – odprowadzenie skroplin
- inverter-driven compressor** – sprężarka inwerterowa
- energy efficiency rating** – klasa efektywności energetycznej
- operating costs** – koszty eksploatacji
- humidity control/dehumidification** – kontrola wilgotności/osuszanie powietrza
- air filtration** – filtracja powietrza
- indoor air quality** – jakość powietrza wewnętrznego
- home automation** – automatyka domowa
- energy management system** – system zarządzania energią

- noise level** – poziom hałasu
- night mode** – tryb nocny
- maintenance/servicing** – konserwacja/serwis

Użyteczne zwroty Useful phrases

- Is this the right time to...?** – Czy to dobry moment, żeby...?
- It usually means higher costs.** – Zwykle oznacza to wyższe koszty.
- That's one of my main concerns.** – To jedna z moich głównych obaw.
- That has a real impact on comfort and air quality.** – Ma to realny wpływ na komfort i jakość powietrza.
- It can significantly reduce operating costs.** – Może znacząco obniżyć koszty eksploatacji.
- Noise really isn't an issue.** – Hałas nie stanowi problemu.
- It's worth coordinating this at the design stage.** – Warto to uzgodnić już na etapie projektu.
- A well-designed system pays off long-term.** – Dobrze zaprojektowany system opłaca się w dłuższej perspektywie.
- We won't put it off until later.** – Nie będziemy odkładać tego na później.



Der Straßenbau

- Guten Tag liebe Zuhörer, guten Tag Herr Dekka! Der Straßenbau stellt einen der komplexesten und interdisziplinärsten Bereiche des Bauingenieurwesens dar. Er vereint Fragen aus der Bodenmechanik, der Festigkeitslehre, der Beton- und Asphalttechnologie, der Hydrologie, der Geodäsie sowie dem Umweltschutz.
- Guten Tag liebe Zuhörer, guten Tag Herr Redakteur! Ja, Sie haben Recht. Und eine Straße als Ingenieurbauwerk ist nicht nur ein für den Fahrzeugverkehr bestimmter Fahrstreifen, sondern ein komplexes Konstruktionssystem, dessen Dauerhaftigkeit, Funktionalität und Zuverlässigkeit von vielen Faktoren abhängen.
- Womit sollten wir den Investitionsprozess anfangen?
- Der wichtigste Schritt bildet die geometrische Trassierung. Der Straßeningenieur muss dabei die topografischen Gegebenheiten, die bestehende Bebauung, die Umweltbedingungen sowie den prognostizierten Autoverkehr berücksichtigen. Die Trassenführung soll ausreichende Sichtweite und Fahrkomfort gewährleisten und zugleich auf ein Minimum in die natürliche Umwelt eingreifen. Elemente wie die Radien horizontaler und vertikaler Kurven, Längs- und Querneigungen sowie die Breite der Fahrbahn und der Fahrstreifen sind in Normen und Richtlinien genau festgelegt.
- Und bevor die Bauarbeiten angefangen werden, muss der Untergrund entsprechend gefertigt werden.
- Jawohl. Der Baugrund bildet die Grundlage der gesamten Straßenkonstruktion. Am Anfang werden geotechnische Untersuchungen durchgeführt, die die Bestimmung der Bodenarten, des Grundwasserstandes sowie der Tragfähigkeit umfassen. Auf ihrer Grundlage wird die Entscheidung über die Bodenverbesserung, den Bodenaustausch oder den Einsatz spezieller konstruktiver Lösungen getroffen.
- Und was mit der von Ihnen erwähnten Straßendecke?
- Das ist das Element, das die Verkehrslasten unmittelbar auf den Untergrund überträgt. Es verteilt gleichmäßig die Spannungen, gewährleistet geeignete Gebrauchseigenschaften wie Ebenheit, Bodenhaftung und Widerstandsfähigkeit gegen Verformungen. Der Aufbau der Fahrbahndecke setzt sich aus mehreren Schichten wie der Deckschicht, der Binderschicht, der Tragschicht sowie der Frostschuttschicht zusammen.
- Welche Arten von Straßendecken lassen sich unterscheiden?
- Generell haben wir mit zwei grundlegenden Arten von Fahrbahndecken zu tun: flexible, meist Asphaltdecken, sowie starre Zementbetondecken aus. Asphaltstraßendecken zeichnen sich durch eine gute Elastizität und hohen Fahrkomfort aus. Sie sind jedoch anfällig für Spurrinnenbildung und Alterung des Bindemittels. Betonfahrbahnen hingegen weisen eine hohe Dauerhaftigkeit und Beständigkeit gegenüber hohen Temperaturen auf. Sie erfordern jedoch eine präzise Ausführung der Dilatationsspalte und sind in der Herstellung preiswert.
- Um die Straßenkonstruktion gegen zerstörerische Wassereffekte zu schützen, soll man an das entsprechende Entwässerungssystem denken
- Das stimmt. Die Ansammlung von Wasser kann zur Schwächung des Untergrunds führen, die Erosion verursachen und den Fahrbahnbelag beschädigen. Ein wirksames Entwässerungssystem umfasst sowohl die Oberflächenentwässerung als auch unterirdische Lösungen wie Gräben, Drägen oder die Regenwasserkanalisation.
- Wir dürfen auch über die Sicherheitssachen nicht vergessen.
- Solche Elemente wie Schutzplanken, Verkehrszeichen oder Beleuchtung können das Unfallrisiko und seine Folgen minimieren. Immer mehr kommen auch intelligente Lösungen wie Überwachungs- und Verkehrsmanagementsysteme zum Einsatz.
- Leider ist unsere Sendezeit um. Ich bedanke mich bei Ihnen für die Aufmerksamkeit und bei Ihnen, Herr Dekka, für die Ankunft! Auf Wiederhören!
- Auf Wiederhören!



Budownictwo drogowe

- Dzień dobry, drodzy słuchacze, dzień dobry, panie Deku! Budownictwo drogowe stanowi jedną z najbardziej złożonych i interdyscyplinarnych gałęzi inżynierii lądowej. Łączy w sobie kwestie z zakresu mechaniki gruntów, wytrzymałości materiałów, technologii betonu i asfaltu, hydrologii, geodezji, a także ochrony środowiska.
- Witam państwa, dzień dobry, panie redaktorze! Ma pan rację. A droga jako obiekt inżynierski nie jest jedynie pasem nawierzchni przeznaczonym do ruchu pojazdów, lecz również skomplikowanym układem konstrukcyjnym, którego trwałość, funkcjonalność i niezawodność zależą od wielu czynników.
- Od czego zatem powinniśmy zacząć proces inwestycyjny dotyczący budowy drogi?
- Najważniejszym etapem jest projektowanie geometryczne trasy. Inżynier drogowy musi uwzględnić uwarunkowania terenu, istniejącą zabudowę, warunki środowiskowe oraz prognozowany ruch pojazdów. Trasa drogi powinna zapewniać odpowiednią widoczność oraz komfort jazdy, a jednocześnie minimalizować ingerencję w środowisko naturalne. Elementy, takie jak promienie łuków poziomych i pionowych, spadki podłużne oraz poprzeczne, szerokość jezdni i pasów ruchu, są ściśle określone przez normy oraz wytyczne projektowe.
- Podstawą rozpoczęcia prac budowlanych jest z pewnością odpowiednie przygotowanie podłoża.
- Tak jest. Podłoże gruntowe stanowi bazę całej konstrukcji drogi. Przed rozpoczęciem projektowania niezbędne jest przeprowadzenie badań geotechnicznych, obejmujących rozpoznanie poziomu wód gruntowych, rodzaju gruntów oraz ich nośności. Na ich podstawie podejmuje się decyzje dotyczące wzmocnienia podłoża, wymiany gruntów lub zastosowania specjalnych rozwiązań konstrukcyjnych.
- A co ze wspomnianą przez pana nawierzchnią?
- To element, który bezpośrednio przenosi obciążenia od ruchu pojazdów na podłoże gruntowe. Jego zadaniem jest równomierne rozłożenie naprężeń oraz zapew-

- nienie odpowiednich warunków eksploatacyjnych, takich jak równość, przyczepność i odporność na deformacje. Konstrukcja nawierzchni składa się z kilku warstw, w tym ścieralnej, wiążącej, podbudowy oraz mrozoochronnej.
- Jakie rodzaje nawierzchni możemy wyróżnić?
- Generalnie mamy do czynienia z dwoma podstawowymi typami nawierzchni: podatne, najczęściej asfaltowe, oraz sztywne, wykonane z betonu cementowego. Nawierzchnie asfaltowe charakteryzują się dobrą elastycznością i komfortem jazdy, jednak są podatne na koleinowanie oraz starzenie lepizacza. Z kolei nawierzchnie betonowe cechują się dużą trwałością i odpornością na wysokie temperatury, lecz wymagają precyzyjnego wykonania dylatacji oraz są droższe w realizacji.
- Aby zabezpieczyć konstrukcję drogi przed niszczącym działaniem wody, na-

- leży pomyśleć o odpowiednim systemie odwodnienia.
- Zgadza się. Gromadząca się woda może prowadzić do osłabienia podłoża, erozji oraz uszkodzeń nawierzchni. Skuteczny system odwodnienia obejmuje zarówno odwodnienie powierzchniowe, jak i podziemne, m.in. rowy, drenaże czy kanalizację deszczową.
- Nie możemy również zapominać o kwestiach bezpieczeństwa.
- Tak. Elementy, takie jak bariery ochronne, oznakowanie i oświetlenie, mogą minimalizować ryzyko wypadków oraz ich skutki. Coraz częściej stosuje się również rozwiązania inteligentne, m.in. systemy monitoringu lub zarządzania ruchem.
- Niestety, nasz czas antenowy dobiegł końca. Dziękuję państwu za uwagę i panu, panie Deku, za przybycie. Do usłyszenia!
- Do usłyszenia!

Przygotowała **Agnieszka Czech**

Słowniczek Vokabeln

- Straßenbau m** – budownictwo drogowe
- Bodenmechanik f** – mechanika gruntów
- Festigkeitslehre f** – wytrzymałość materiałów
- Hydrologie f** – hydrologia
- Geodäsie f** – geodezja
- Umweltschutz m** – ochrona środowiska
- Ingenieurbauwerk n** – budowla inżynierska
- Fahrzeugverkehr m** – ruch pojazdów
- Fahrstreifen m** – pas nawierzchni
- Konstruktionssystem n** – układ konstrukcyjny
- Dauerhaftigkeit f** – trwałość
- Investitionsprozess m** – proces inwestycyjny
- Trassierung f** – projektowanie trasy
- Straßeningenieur m** – inżynier drogowy
- Gegebenheit f** – uwarunkowanie terenu
- Bebauung f** – zabudowa
- Umweltbedingung f** – warunek środowiskowy
- Sichtweite f** – widoczność
- Fahrkomfort m** – komfort jazdy
- eingreifen** – ingerować
- Radius m** – promień
- horizontal** – poziomy
- vertikal** – pionowy
- Kurve f** – łuk

- Längs- und Querneigung f** – spadek podłużny i poprzeczny
- Fahrbahn f** – jezdnia
- Fahrstreifen m** – pas ruchu
- Untergrund m** – podłoże
- Straßenkonstruktion f** – konstrukcja drogi
- geotechnisch** – geotechniczny
- Untersuchung f** – badanie
- Grundwasserstand m** – poziom wód gruntowych
- Bodenverstärkung f** – wzmocnienie podłoża
- Bodenaustausch m** – wymiana podłoża
- Straßendecke f** – nawierzchnia drogi
- Verkehrslast m** – obciążenie od ruchu pojazdów
- Ebenheit f** – równość
- Widerstandsfähigkeit f** – odporność na deformacje
- Deckschicht f** – warstwa ścieralna
- Binderschicht f** – warstwa wiążąca
- Frostschuttschicht f** – warstwa mrozoochronna
- Asphaltdecke f** – nawierzchnia asfaltowa
- Zementbetondecke f** – nawierzchnia z betonu cementowego
- Schutzplanke f** – bariera ochronna
- Verkehrszeichen n** – znak drogowy

Użyteczne zwroty Nützliche Ausdrücke

- auf ein Minimum n** – do minimum

W OŚWIĘCIMIU POWSTANIE PAWILON UNIKATOWEJ MYKWy

Pracownia Nizio Design International przygotowała koncepcję architektoniczną oraz projekt koncepcyjny aranżacji wystawy stałej nowego pawilonu ekspozycyjnego w Oświęcimiu. Obiekt powstanie z myślą o prezentacji unikatowej, drewnianej mykwy z XVIII w., odkrytej w 2023 r. podczas badań archeologicznych na bulwarach. Rytualna łaźnia, służąca duchowemu oczyszczeniu poprzez zanurzenie w tzw. żywej wodzie, była niegdyś jednym z fundamentalnych elementów religijnej codzienności. Budynek będzie miał powierzchnię ok. 600 m². Rozpoczęcie budowy zaplanowano na 2027 r.

Źródło: Nizio Design International



BUDOWA TŁOCZNI GAZU LWÓWEK

Budimex podpisał umowę z Operatorem Gazociągów Przesyłowych GAZ-SYSTEM S.A. na realizację inwestycji o kluczowym znaczeniu dla bezpieczeństwa energetycznego Polski. Kontrakt obejmuje budowę nowoczesnej Tłoczni Gazu Lwówek (woj. wielkopolskie) oraz rozbudowę i modernizację istniejącego węzła przesyłowego. Nowa infrastruktura umożliwi utrzymanie stabilnego ciśnienia w gazociągach, zapewniając ciągłość i bezpieczeństwo dostaw gazu do strategicznych sektorów krajowej gospodarki. Inwestycja o maksymalnej wartości 481,2 mln zł netto ma zostać zrealizowana w ciągu 23 miesięcy od podpisania umowy.

Źródło: Budimex SA

ZAJEZDNIA CHOCIANOWICE W ŁODZI PO PRZEBUDOWIE

Zajezdnia Chocianowice przy ul. Pabianickiej, najstarszy eksploatowany obiekt tego typu w Łodzi, obchodziła w styczniu 2026 r. swoje 125-lecie. W ramach jej przebudowy w halach przygotowano specjalistyczne stanowiska do obsługi taboru niskopodłogowego, w tym wagonów Moderus Gamma. Zaplecze techniczne wyposażono w nowoczesne kanały i tokarkę podtorową, podnośniki kolumnowe, platformy do prac na dachach pojazdów. Nowa infrastruktura, obejmująca także torowiska, rozjazdy i perony techniczne, pozwala na sprawniejszą diagnostykę oraz naprawy.

Źródło: Urząd Miasta Łodzi
Fot. Radosław Żydowicz/łodz.pl



UMOWA NA BUDOWĘ I ETAPU ZACHODNIEJ OBWODNICY SZCZECINA

Odcinek S6 Kołbaskowo-Dołuje w ciągu Zachodniej Obwodnicy Szczecina wybuduje firma PORR. Kontrakt o wartości 776,8 mln zł zakłada zakończenie inwestycji o długości 13,6 km w 2029 r. Dla odcinków obwodnicy Dołuje-Police i Police-Goleniów wpłynęły odwołania do KIO. Nowa trasa, po zrealizowaniu wszystkich trzech etapów, odciążą obecny przebieg dróg A6, S3 i S6 omijających Szczecin od południa oraz wschodu.

Źródło: GDDKiA

APARTAMENTOWIEC LIBERTY TOWER W WARSZAWIE W REALIZACJI

Przy ul. Grzybowskiej 54 w Warszawie rozpoczęła się budowa Liberty Tower. Budynek będzie miał 43 kondygnacje naziemne oraz 5 podziemnych i osiągnie wysokość 140 m. Zaplanowano w nim 587 apartamentów o metrażach od 26 do 124 m², lobby z obsługą concierge 24/7, prywatną strefę wellness & spa, strefę fitness, siłownię, salę kinową oraz salon cygarowy. Deweloperem jest Resi Capital (Grupa Cavatina). Projekt architektoniczny przygotowały Cavatina Group i biuro architektoniczne Epstein.

Źródło: Cavatina Group

**POWSTANIE OBWODNICA RADOMSKA**

Obwodnica Radomska w ciągu dróg krajowych nr 91 i 42 pozwoli wyprowadzić ruch tranzytowy z centrum miasta. Trasa będzie miała długość ok. 12 km, z czego 5,9 km przebiegać będzie w ciągu DK42, a 5,7 km w ciągu DK91. Powstanie droga jednojezdniowa z dwoma pasami ruchu o szerokości 3,5 m każdy oraz utwardzonymi poboczeniami o szerokości 0,75 m. Zostanie także wybudowany nowy most na Warcie. Wykonawcą drogi w systemie „projektuj i buduj” jest firma Budimex. Obwodnica zostanie otwarta w drugiej połowie 2029 r.

Źródło: GDDKiA
Fot. AA+W – stock.adobe.com

KONCEPCJA NOWEGO DWORCA POZNAŃ GŁÓWNY

Porozumienie w sprawie opracowania koncepcji budowy nowego Dworca Poznań Główny podpisali przedstawiciele PKP Polskich Linii Kolejowych oraz władze Poznania. Przebudowa stacji Poznań Główny, wraz z budową nowego dworca, będzie kluczowym elementem modernizacji Poznańskiego Węzła Kolejowego, dla której przygotowawana jest już dokumentacja projektowa. Opracowanie przewiduje budowę nowych torów i peronów w miejscu niewykorzystywanego od lat budynku dworca. Nad nimi planowany jest nowy budynek dworcowy wraz z przebudową ul. Dworcowej. Poznań Główny ma mieć 9 peronów: 8 dwukrawędziowych i 1 z jedną krawędzią.

Źródło: PKP PLK S.A.

**RYNEK BUDOWNICTWA MODUŁOWEGO W POLSCE**

Rok 2024 przyniósł chwilowe wyhamowanie rynku budownictwa modułowego w Polsce. Jego wartość spadła o 1,3% – do 4,4 mld zł, głównie z powodu osłabienia eksportu oraz spowolnienia w budownictwie mieszkaniowym i niemieszkaniowym. Eksperti PMR Market Experts by Hume's w najnowszym raporcie prognozują jednak odbicie w kolejnych latach. W 2025 r. rynek ma wzrosnąć do 4,6 mld zł, a do 2030 r. osiągnąć wartość 7,2 mld zł. Dynamikę wzrostu będą wspierać m.in. poprawiająca się dostępność finansowania kredytowego, rosnące zainteresowanie szybkimi i ekologicznymi metodami budowy oraz postępująca suburbanizacja.

Źródło: PMR Market Experts by Hume's
Fot. Irina Palcejewa – stock.adobe.com

Na podstawie materiałów prasowych opracowała **Magdalena Bednarczyk**



Budowa DW878 Wisłokostrady w Rzeszowie

Realizacja rozbudowy ciągu ulic tworzących odcinek DW878 – potocznie nazwanej Wisłokostradą – to istotna inwestycja komunikacyjna Rzeszowa. (...)

Mimo krótkiego łącznego przebiegu (ok. 2 km) odcinek cechuje wysoki stopień złożoności technicznej – wąski pas drogowy ograniczony od zachodu korytem rzeki Wisłok, liczne kolizje infrastruktury podziemnej/naziemnej oraz trzy istotne obiekty inżynierskie: most nad potokiem Młynówka, estakada nad linią kolejową nr 91 (Kraków–Medyka) oraz most Załęski nad rzeką Wisłok. Ponadto lokalnie wystąpiły osuwiska i grunty antropogeniczne zalegające w podłożu. Realizacja wymagała precyzyjnej koordynacji, etapowania i użycia specjalistycznego sprzętu. (...)

Monitoring osiadań prowadzono za pomocą reperów talarzowych od połowy grudnia 2024 r. do początku maja 2025 r. Największe zarejestrowane osiadanie wyniosło ok. 27 cm w „najgorszym” punkcie. (...)

Wąski pas drogowy ograniczony korytem rzeki Wisłok oraz bliskość torów kolejowych wymusiły precyzyjne etapowanie prac i planowanie operacji sprzętowych. (...)

Realizacja Wisłokostrady pokazuje, że nawet na krótkim, ograniczonym odcinku drogowym możliwe jest wykonanie zaawansowanej infrastruktury, o ile połączy się wiedzę techniczną, dobrą organizację i zaangażowanie wszystkich stron procesu budowlanego.

Więcej w artykule Bartłomieja Żelaznowskiego w „Biuletynie Informacyjnym” Podkarpackiej OIIB nr 4/2025.

Fot. autora



Bezpieczna instalacja fotowoltaiczna

Według danych Agencji Rynku Energii na koniec marca 2025 r. w Polsce było 1,54 mln instalacji prosumenckich (mikroinstalacji) o łącznej mocy 12 282,93 MW. (...)

Udział zdarzeń pożarowych w ogólnej liczbie mikroinstalacji PV pozostaje marginalny nawet przy błędnym założeniu, że wszystkie zgłoszenia z frazą „fotowoltaika” dotyczą faktycznego samozapłonu. Na ponad 1,5 mln działających instalacji prosumenckich w Polsce kilkaset incydentów rocznie to niespełna 0,05% ogółu. (...)

Warto podkreślić, że same panele fotowoltaiczne są trudno zapalne i nie przyczyniają się do rozprzestrzeniania ognia, gdyż głównie zbudowane są ze szkła, krzemu i aluminium. Materiałami palnymi w instalacji są: przewody, folie hermetyzujące i polimerowe, puszkki przyłączeniowe, złącza i diody.

Natomiast w przypadku statystyk pożarów instalacji PV w krajach europejskich również można wnioskować, że ryzyko ich jest niskie. I tak np. w Niemczech w 2013 r. na 1,3 mln instalacji fotowoltaicznych zgłoszono 430 pożarów, z czego 210 zostało wywołanych bezpośrednio przez PV, co stanowiło 0,016% wszystkich systemów. Holandia w 2018 r. uzyskała wskaźnik 0,014% (24 pożary na 170 tys. instalacji PV na budynkach mieszkalnych). Natomiast w Wielkiej Brytanii w latach 2010–2017 stwierdzono 58 incydentów pożarowych całkowitej liczby ok. 1 mln systemów fotowoltaicznych, co stanowi 0,0058%.

Więcej w artykule Piotra Maciejczyka w „Kwartalniku Budowlanym” Zachodniopomorskiej OIIB nr 4/2025.

Fot. © AdriFerrer - stock.adobe.com



Trzy słowa OROZ do osób pełniących samodzielne funkcje techniczne

Ostatnio zdarzają się pytania o ukaranie w ramach odpowiedzialności zawodowej projektantów, którzy niedbale wykonują swoje obowiązki w zakresie podzielonego na trzy części projektu budowlanego. I tu o ile dwie pierwsze części służące do uzyskania pozwolenia na budowę, czyli projekt zagospodarowania terenu i projekt architektoniczno-budowlany, są realizowane z całkowitym zrozumieniem oraz dbałością ze strony projektantów, i jedynie w „porywach” z nielicznymi brakami, to nie wiedzieć czemu, trzecia część projektu, czyli projekt techniczny, obarczona jest „zaawansowanymi atakami amnezji” z jednoczesnym brakiem zrozumienia potrzeby wykonania tej pracy nie tylko dla inwestora, ale przede wszystkim kierownika budowy.

Innym problemem dla projektanta, który może skończyć się postępowaniem zawodowym, jest bezkrytyczne podpisywanie nie swojej pracy, tj. nie swoich projektów, szczególnie kiedy projekt w rzeczywistości wykonuje osoba z uprawnieniami ograniczonymi lub w ogóle bez uprawnień. (...)

Inne najczęstsze przyczyny problemów członków LOIIB posiadających uprawnienia budowlane, pełniących samodzielną funkcję techniczną, i ich skutki, z perspektywy kadencji okręgowego rzecznika odpowiedzialności zawodowej – koordynatora, dotyczą kierownika budowy, rzadziej inspektorów nadzoru inwestorskiego, szczególnie podczas realizacji: inwestycji, remontu lub modernizacji obiektów budowlanych.

Więcej w artykule Anny Ostańskiej w „Lubelskim Inżynierze Budownictwa” nr 4/2025.

Fot. © Mutshino_Artwork – stock.adobe.com



Zobaczyć fizykę w praktyce

Z Bartoszem Pamułą, który zdał najlepiej egzamin na uprawnienia budowlane w specjalności inżynierskiej mostowej, rozmawia Maria Szylska.

Czy długo przygotowywał się Pan do egzaminu?

Kilka miesięcy. Korzystałem tylko z narzędzi, które dała nam izba. Nawiasem mówiąc, przygotowana aplikacja jest doskonała – spójna z egzaminem. Zacząłem od przygotowania testów, mniej więcej w marcu, przeszedłem przez cały zestaw pytań, który został nam dany do dyspozycji, potem rozwiązywałem próbne egzaminy, a w maju skupiłem się na odpowiedziach ustnych. Stwierdziłem, że jeśli w każdym z poprzednich etapów egzaminu mam 1–2% braków, to i tak warto przygotować się do kolejnego etapu. (...)

Teraz, gdy ma Pan zdobyte uprawnienia, nie marzy Pan o samodzielnym prowadzeniu inwestycji?

Wydaje mi się, że nie jestem gotowy na samodzielną pracę we własnej firmie. Czerpię bardzo dużo ze współpracy z innymi inżynierami, nasza siła tkwi w tym, że potrafimy kolektywnie nad czymś pracować. Jednemu człowiekowi może coś umknąć, a gdy jest grupa, która ze sobą współpracuje, to łatwiej wykryć błąd lub niedopatrzenie.

Więcej w wywiadzie Marii Szylskiej w „Newsletterze Opolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa” nr 1/2026.

Fot. autorki

Opracowała **Magdalena Bednarczyk**

W PRENUMERACIE TANIEJ!



WERSJA DRUKOWANA

Prenumerata roczna na terenie Polski w cenie **250 zł**
(12 numerów w cenie 10) + 66,0 zł koszt wysyłki z VAT

Prenumerata roczna studencka* na terenie Polski
w cenie **115 zł** + 66,0 zł koszt wysyłki z VAT

Każdy numer w cenie **25 zł** + 6,0 zł koszt wysyłki z VAT

E-WYDANIA

Subskrypcja 12-miesięczna w cenie **149 zł**
Aktualne wydania w cenie **14,90 zł**

ZAMÓW NA:

<https://inzynierbudownictwa.presspad.store>

* Warunkiem realizacji prenumeraty studenckiej jest przesłanie e-mailem
(biuro@wpiib.pl) kopii legitymacji studenckiej



WIELOPUNKTOWY I WIELOGAZOWY SYSTEM DETEKCJI CO/LPG... NO2... W GARAŻACH I PARKINGACH PODZIEMNYCH

35 LAT

1991-2026

PRO-SERVICE

DETEKTORY I SYSTEMY

MONITORINGU GAZÓW

STOSUJ TYLKO ORYGINALNE



WZÓR PRZEMYSŁOWY
RCD 002830497-001-004



REKLAMA

UWAGA:

WIELOPUNKTOWY I WIELOGAZOWY SYSTEM DETEKCJI CO/LPG... NO₂...

W GARAŻACH I PARKINGACH PODZIEMNYCH ORAZ WIELOGAZOWE, STACJONARNE

DETEKTORY GAZÓW I POŁĄCZENIE DWÓCH MODUŁÓW URZĄDZENIA

TO WYŁĄCZNE I CHRONIONE KNOW-HOW FIRMY PRO-SERVICE

www.alarmgas.com