

3/2026

marzec

ISSN 0137-3676

e-ISSN 2449-9900

tom 57 (3)

Cena: 18,50 zł  
(w tym VAT 8%)

**C O W**

# CIEPŁOWNICTWO OGRZEWNICTWO WENTYLACJA



POLSKIE ZRZESZENIE  
INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW  
SANITARNYCH

DISTRICT HEATING • HEATING • VENTILATION

Wydawane od 1969 roku



## Akredytowane Laboratorium Badawcze Veolia Energia Warszawa S.A.

ul. Siemieńskiego 4, 02-106 Warszawa

Kompleksowe badanie rur, złączy i kształtek preizolowanych  
Badanie mat (poduszek) kompensacyjnych i izolacji termicznych  
Kontrola jakości materiałów dostarczanych na budowę s.c.



Europejska jakość, szeroka  
oferta i konkurencyjne ceny



Rekomendacja Europejskiego  
Stowarzyszenia Ciepłowników



Bogate doświadczenie  
i doradztwo techniczne

### Zapytaj o szczegóły

 510 000 493, 602 764 822

 [vew.laboratorium@veolia.com](mailto:vew.laboratorium@veolia.com)

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

## BROEN BALLOMAX® DN 15 - 150 ZAWORY KULOWE NOWEJ GENERACJI

Ekologiczne, materiałowo zoptymalizowane zawory stworzone, aby zmienić przyszłość technologii zaworów.



**BROEN** *Designed to last*  
BALLOMAX®

Spotkacie nas na:  
XXXIII Sympozjum  
Naukowo-Technicznym  
"Wiosenne Spotkanie  
Ciepłowników"

28-30 kwietnia 2026  
Zakopane



- 50% mniejszy ślad węglowy,
- zoptymalizowana waga,
- 60% mniejsza ilość odpadów materiałowych,\*
- brak zużycia wody w procesie testowania szczelności.

DN 15 - 150: Pełen i zredukowany przelot  
DN 15 - 50: PN 25 | DN 40 - 150: PN 40, 25 & 16  
Końcówki do wspawania, z gwintem wewnętrznym, zewnętrznym  
i kołnierzowe

### Szanowni Państwo,

niniejszy numer rozpoczynamy od smutnej wiadomości. Środowisko inżynierów sanitarnych pożegnało **dr inż. Floriana Piechurskiego** – naukowca związanego z Politechniką Śląską, specjalistę w dziedzinie gospodarki wodno-kanalizacyjnej oraz wieloletniego działacza Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych. Przez lata pracy naukowej i społecznej angażował się w rozwój wiedzy technicznej, kształcenie specjalistów oraz działalność szkoleniową i stowarzyszeniową. Jego dorobek obejmuje liczne publikacje dotyczące m.in. systemów wodociągowych i kanalizacyjnych, technologii uzdatniania wody czy ograniczania strat wody w sieciach. W PZITS pełnił wiele funkcji pozostając aktywnym uczestnikiem życia branżowego i mentorem dla wielu młodszych inżynierów. Pozostanie na zawsze w naszej pamięci.

Tematyka bieżącego numeru koncentruje się w dużej mierze na zagadnieniach środowiska wewnętrznego w obiektach ochrony zdrowia – obszarze, w którym rozwiązania instalacyjne mają bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo pacjentów, personelu medycznego oraz niezawodność aparatury medycznej.

W artykule **Radosława Niedzielskiego** przedstawiono analizę uwarunkowań projektowych dotyczących temperatury w przestrzeniach hospitalizacji pediatrycznej. Autor zestawia wymagania polskich przepisów z wybranymi dokumentami międzynarodowymi, takimi jak ASHRAE 170 czy DIN 1946-4, wskazując różnice pomiędzy temperaturą obliczeniową stosowaną w projektowaniu instalacji a zakresem temperatur eksploatacyjnych wynikających z potrzeb klinicznych.

Kolejny artykuł, przygotowany przez **Iwonę Skoczko, Agnieszkę Malesińską i Michała Kubraka**, dotyczy zagadnienia nawilżania powietrza w obiektach ochrony zdrowia. Autorzy zwracają uwagę, że w praktyce projektowej uwaga skupia się najczęściej na parametrach powietrza, natomiast rzadziej analizuje się jakość wody zasilającej instalacje nawilżania. W pracy przedstawiono mechanizmy przenoszenia zanieczyszczeń z wody do powietrza, przegląd technologii nawilżania oraz wymagania jakościowe dla wody stosowanej w systemach parowych i adiabatycznych.

Problematykę jakości powietrza wewnętrznego podejmuje także **Amelia Staszowska** w artykule poświęconym oczyszczaczom powietrza. Autorka analizuje najczęściej powtarzane w przestrzeni medialnej mity dotyczące skuteczności tych urządzeń i omawia podstawowe technologie oczyszczania powietrza, w tym filtrację, jonizację czy rozwiązania hybrydowe. Szczególną uwagę zwraca na znaczenie parametru CADR oraz konieczność niezależnej weryfikacji deklarowanych przez producentów parametrów pracy urządzeń.

Z kolei **Sylwia Szczęśniak** przedstawia analizę uwarunkowań projektowania systemów HVAC w pracowniach diagnostyki obrazowej i medycyny nuklearnej. Autorka omawia zarówno aspekty technologiczne, jak i regulacyjne związane z funkcjonowaniem tych przestrzeni, wskazując na brak szczegółowych krajowych wytycznych technicznych dotyczących parametrów instalacyjnych.



W artykule zaprezentowano przegląd międzynarodowych standardów oraz podkreślono znaczenie integracji wiedzy z zakresu inżynierii środowiska, fizyki medycznej i wymagań prawnych.

W numerze znalazły się również teksty dotyczące innych obszarów praktyki inżynierskiej. **Grzegorz Sypek** omawia zasady projektowania instalacji wentylacji oddymiającej w garażu z windą samochodową w modernizowanym budynku zbytymym, przedstawiając zarówno wymagania przepisów techniczno-budowlanych, jak i metody weryfikacji skuteczności systemów oddymiania z wykorzystaniem symulacji CFD i prób z gorącym dymem.

W dziale prawnym **Andrzej Falkowski** analizuje zagadnienie dokumentacji projektowej w świetle obowiązujących przepisów Prawa budowlanego, odpowiadając na pytanie o możliwość odstąpienia od sporządzania projektu architektoniczno-budowlanego i projektu technicznego w przypadku obiektów liniowych, takich jak sieci uzbrojenia terenu.

Mamy nadzieję, że przedstawione w numerze artykuły – łączące perspektywę naukową, projektową i praktyczną – będą inspiracją do dalszych dyskusji i działań na rzecz rozwoju nowoczesnych, bezpiecznych i efektywnych systemów instalacyjnych w budownictwie.

Anna Bogdan

## Odwiedź nową stronę czasopisma ciepłownictwoogrzewnictwowentylacja.pl



### oraz nowe media społecznościowe:

[www.facebook.com/COW.PZITS](https://www.facebook.com/COW.PZITS)  
[www.linkedin.com/company/cow-ciepłownictwo-ogrzewnictwo-wentylacja](https://www.linkedin.com/company/cow-ciepłownictwo-ogrzewnictwo-wentylacja)

Zapraszamy na stronę internetową prowadzoną przez nowego wydawcę. Udostępniamy tam aktualne numery, materiały redakcyjne oraz bieżące informacje. Zachęcamy również do śledzenia naszych mediów społecznościowych.



### Spis treści

**Anna Bogdan** – Na pierwszy rzut oka..... 1

### Nauka i Technika

**Iwona Skoczko, Michał Kubrak, Agnieszka Malesińska** – Nawilżanie powietrza w szpitalach – jakość wody jako klucz do jakości powietrza / Air humidification in hospitals – water quality as the key to air quality ..... 3

**Sylwia Szczęśniak** – Uwarunkowania projektowania instalacji HVAC w pracowniach diagnostyki obrazowej i medycyny nuklearnej / Design conditions for hvac systems in diagnostic imaging and nuclear medicine facilities ..... 15

**Amelia Staszowska** – Mity o oczyszczaczach powietrza / Myths about air cleaners ..... 25

**Radosław Niedzielski** – Temperatura projektowa w przestrzeniach hospitalizacji pediatrycznej – uwarunkowania kliniczne i implikacje projektowe / Design temperature in paediatric hospitalization areas – clinical determinants and design implications ..... 30

### Partnerzy w technologii

**Grzegorz Sypek** – Oddymianie garażu z windą samochodową w modernizowanym budynku zabytkowym ..... 35

### Prawo

**Andrzej Falkowski** – Projekt budowlany w praktyce: kiedy można odstąpić od PAB i PT? ..... 40

### Głos Uczelni Technicznych

HumanIC – Człowiek w centrum projektowania środowiska szpitalnego..... 42

### In memoriam

Wspomnienie o dr inż. Florianie Piechurskim ..... 43

### PZITS w działaniu

TechMedis – platforma współpracy nauki, technologii i praktyki dla bezpiecznego środowiska w obiektach ochrony zdrowia ..... 44

Nadchodzące Wydarzenia..... 45

Informacje dla autorów znajdują się na stronie:  
[www.cieplownictwoogrzewnictwowentylacja.pl/wspolpraca-z-autorami](http://www.cieplownictwoogrzewnictwowentylacja.pl/wspolpraca-z-autorami)

**Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja, Miesięcznik Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych, Rok założenia: 1969**

Czasopismo recenzowane  
 Wersja pierwotna czasopisma: elektroniczna  
 ISSN 0137-3676, e-ISSN 2449-9900

### **KOLEGIUM REDAKCYJNE/Editorial Board**

#### **REDAKTOR NACZELNY/Editor in Chief**

dr hab. inż. Anna Bogdan, prof PW

#### **REDAKTORZY TEMATYCZNI/Subject Editors**

**Ciepłownictwo**  
 – dr hab. inż. Bożena Babiarz, prof. PRZ  
 – mgr inż. Ewa Kręcielewska  
 – mgr inż. Barbara Rubik  
 – prof. dr hab. inż. Robert Sekret

#### **Chłodnictwo i pompy ciepła**

– mgr inż. Paweł Lachman  
 – dr inż. Marian Rubik  
 – dr inż. Piotr Ziętek

#### **Jakość powietrza**

– dr hab. inż. Robert Cichowicz, prof. PŁ

#### **Wentylacja, klimatyzacja, ogrzewnictwo**

– dr hab. inż. Tomasz Cholewa, prof. PL  
 – dr hab. inż. Joanna Ferdyn-Grygierek  
 – dr inż. Andrzej Górka  
 – mgr inż. Wojciech Ratajczak  
 – dr inż. Sylwia Szczęśniak  
 – dr hab. inż. Ewa Zender-Świercz, prof. PŚk

### **WYDAWNICTWO POLSKIEGO ZRZESZENIA INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW SANITARNYCH**

ul. Czackiego 3/5, 00-043 Warszawa

tel: 22 826 28 94

e-mail: [wydawnictwo@pzits.pl](mailto:wydawnictwo@pzits.pl), [www.pzits.pl](http://www.pzits.pl)

#### **Szczegóły prenumeraty:**

[www.pzits.pl/prenumerata](http://www.pzits.pl/prenumerata)

#### **ADRES REDAKCJI**

ul. Czackiego 3/5 pokój 217

00-043 Warszawa

redakcja@cieplownictwoogrzewnictwowentylacja.pl

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

#### **SKŁAD I OPRACOWANIE GRAFICZNE**

Agnieszka Chojnacka

Polskie Zrzeszenie Inżynierów

i Techników Sanitarnych

#### **DRUK**

Zakład Poligrafii i Kolportażu Wydawnictwo SIGMA-NOT Sp. z o. o.

ul. Ks. J. Popiełuszki 19/21, 01-595 Warszawa

Miejsce i data wydania: Warszawa 03/2026

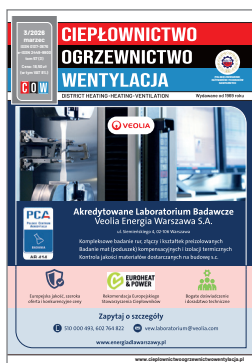
Nakład: 260 egzemplarzy

#### **INFORMACJE DODATKOWE**

Czasopismo znajduje się w wykazie czasopism naukowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Czasopismo jest indeksowane w: BazTech, Index Copernicus ICV 2024 = 75.74 oraz w Polskiej Bibliografii Naukowej (PBN), będącej częścią Zintegrowanego Systemu Informacji o Szkolnictwie Wyższym i Nauce POL-on. Artykuły są rejestrowane w bazie danych CrossRef. Każdy artykuł ma numer identyfikacyjny DOI.

Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść ogłoszeń.



## Nawilżanie powietrza w szpitalach – jakość wody jako klucz do jakości powietrza

Air humidification in hospitals – water quality as the key to air quality



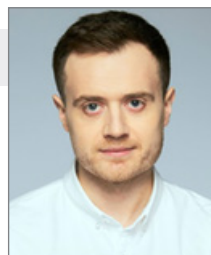
**Prof. dr hab. inż. Iwona Skoczko**

ORCID ID: [0000-0002-7397-4231](https://orcid.org/0000-0002-7397-4231)  
Wydział Budownictwa i Nauk  
o Środowisku  
Politechnika Białostocka  
PZITS O. Białystok  
[iwona.skoczko@pzits.pl](mailto:iwona.skoczko@pzits.pl)



**Dr hab. inż. Agnieszka Malesińska**

ORCID ID: [0000-0003-1554-2454](https://orcid.org/0000-0003-1554-2454)  
Wydział Inżynierii Środowiska  
Politechnika Warszawska  
PZITS O. Warszawa  
[agnieszka.malesinska@pzits.pl](mailto:agnieszka.malesinska@pzits.pl)



**Dr hab. inż. Michał Kubrak**

ORCID ID: [0000-0001-8097-3803](https://orcid.org/0000-0001-8097-3803)  
Wydział Inżynierii Środowiska  
Politechnika Warszawska  
PZITS O. Warszawa  
[michal.kubrak@pzits.pl](mailto:michal.kubrak@pzits.pl)

**Słowa kluczowe:** nawilżanie powietrza, HVAC, jakość wody, szpitale, aerozol biologiczny, uzdatnianie wody  
**Streszczenie**

Nawilżanie powietrza w obiektach ochrony zdrowia stanowi istotny element systemów HVAC, wpływający zarówno na komfort użytkowników, jak i na bezpieczeństwo mikrobiologiczne środowiska wewnętrznego. W praktyce projektowej i eksploatacyjnej zagadnienie to jest najczęściej analizowane z perspektywy parametrów powietrza (wilgotność względna, temperatura), natomiast rzadziej uwzględnia się jakość wody zasilającej instalacje nawilżania. Tymczasem w systemach generujących aerozol wodny skład fizykochemiczny i mikrobiologiczny wody może bezpośrednio oddziaływać na jakość powietrza w pomieszczeniach szpitalnych.

W artykule omówiono znaczenie wilgotności względnej w środowisku szpitalnym, przegląd technologii nawilżania oraz mechanizmy przeniesienia zanieczyszczeń wodnych do powietrza. Sformułowano wymagania jakościowe dla wody zasilającej systemy parowe i adiabatyczne oraz wskazano konsekwencje projektowe i eksploatacyjne niewłaściwego uzdatniania. Wykazano, że jakość wody powinna być traktowana jako krytyczny element bezpieczeństwa sanitarnego instalacji HVAC w obiektach ochrony zdrowia.

**Keywords:** air humidification, HVAC, water quality, hospitals, bioaerosol, water treatment

### Abstract

Air humidification in healthcare facilities constitutes an important component of HVAC systems, affecting both occupant comfort and the microbiological safety of the indoor environment. In design and operational practice, this issue is most often analysed from the perspective of air parameters (relative humidity, temperature), while the quality of the water supplying humidification systems is less frequently considered. However, in systems generating water aerosols, the physicochemical and microbiological composition of the water may directly influence indoor air quality in hospital spaces.

This article discusses the significance of relative humidity in the hospital environment, provides an overview of humidification technologies, and describes the mechanisms by which waterborne contaminants can be transferred into the air. Quality requirements for water supplying steam and adiabatic systems are defined, and the design and operational consequences of inadequate water treatment are identified. It is demonstrated that water quality should be regarded as a critical element of sanitary safety in HVAC installations within healthcare facilities.

## Wprowadzenie

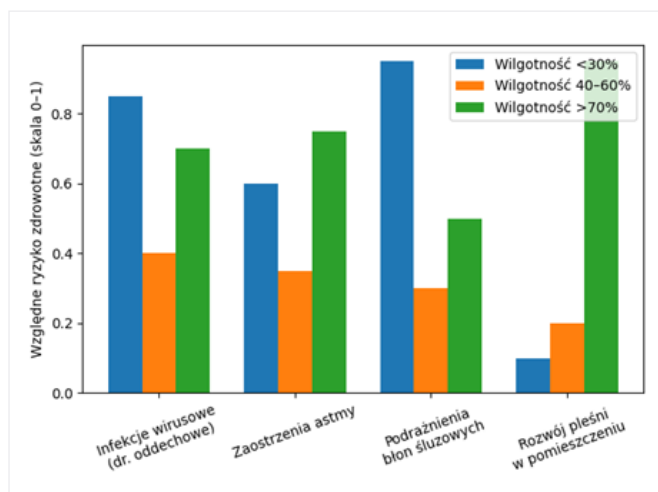
Systemy HVAC w obiektach ochrony zdrowia projektowane są w celu zapewnienia kontrolowanego środowiska powietrznego, ograniczającego transmisję patogenów oraz stabilizującego warunki mikroklimatyczne (Polski Komitet Normalizacyjny, 2016, 2019). W praktyce projek-

towej dominują zagadnienia filtracji powietrza, kontroli różnic ciśnień oraz liczby wymian powietrza na godzinę. Nawilżanie bywa traktowane jako funkcja komfortowa, szczególnie w sezonie grzewczym.

W systemach nawilżania woda zazwyczaj ulega dyspersji i wprowadzana jest do strumienia powietrza nawiewanego. Oznacza to, że jej skład chemiczny i mikrobiologicz-

ny wpływa bezpośrednio na jakość powietrza w pomieszczeniach. Ponieważ proces przeniesienia zanieczyszczeń z wody do powietrza ma charakter technologiczny, a nie przypadkowy, to w literaturze przedmiotu (Blachere i in., 2009; Noti i in., 2013; Pantelic i in., 2009) podkreśla się, że aerolizacja wody może prowadzić do transmisji drobnoustrojów środowiskowych, w tym bakterii oportunistycznych, w sprzyjających warunkach eksploatacyjnych (Sehulster i in., 2003; World Health Organization, 2010). Problem ten jest szczególnie istotny w obiektach, w których przebywają pacjenci o obniżonej odporności. W kontekście epidemiologicznym szczególne znaczenie ma fakt, że w instalacjach o niskim przepływie lub okresowej pracy mogą powstawać warunki sprzyjające rozwojowi biofilmu. Oderwane fragmenty biofilmu lub mikroorganizmy zawieszane w wodzie mogą zostać wprowadzone do powietrza wraz z aerozolem (Sehulster i in., 2003; World Health Organization, 2010).

Rysunek 1 przedstawia zależność pomiędzy poziomem wilgotności względnej powietrza a względnym ryzykiem wybranych zagrożeń zdrowotnych w środowisku wewnętrznym. Przy wilgotności poniżej 30% obserwuje się wyraźny wzrost względnego ryzyka infekcji wirusowych dróg oddechowych oraz podrażnień błon śluzowych. Zjawisko to wiąże się z wysuszeniem nabłonka oddechowego, upośledzeniem mechanizmów śluzowo-rzęskowych oraz zwiększoną stabilnością niektórych wirusów w aerozolu. W zakresie wilgotności 40–60% ryzyko większości analizowanych zagrożeń osiąga wartości minimalne. Zakres ten uznawany jest w literaturze za optymalny kompromis pomiędzy komfortem użytkowników, fizjologią człowieka a ograniczeniem transmisji patogenów drogą powietrzną. Przy wilgotności przekraczającej 70% obserwuje się ponowny wzrost ryzyka zdrowotnego, szczególnie w odniesieniu do zaostrzeń astmy oraz rozwoju pleśni w środowisku wewnętrznym. Wysoka zawartość pary wodnej w powietrzu sprzyja utrzymywaniu podwyższonej wilgotności powierzchniowej przegród budowlanych oraz materiałów wykończeniowych, co może prowadzić do kolonizacji mi-



**Rysunek 1.** Wpływ poziomu wilgotności względnej na względne ryzyko wybranych zagrożeń zdrowotnych. Źródło: opracowanie własne na podstawie (ASHRAE, 2023; Dietrich i in., 2022, 2023; Marr i in., 2019; Noti i in., 2013)

**Figure 1.** Influence of relative humidity level on the relative risk of selected health hazards. Source: author's own elaboration based on (ASHRAE, 2023; Dietrich i in., 2022, 2023; Marr i in., 2019; Noti i in., 2013)

kroorganizmów i wtórnej emisji alergenów oraz bioaerozolu.

Z punktu widzenia inżynierii sanitarnej oznacza to konieczność traktowania jakości wody jako parametru równorzędnego wobec filtracji powietrza. Woda w systemie nawilżania nie jest medium użytkowym – jest medium procesowym, którego właściwości determinują bezpieczeństwo instalacji.

## Znaczenie nawilżania powietrza w obiektach ochrony zdrowia

### Wymagania dotyczące wilgotności względnej

Utrzymanie kontrolowanego poziomu wilgotności względnej w pomieszczeniach szpitalnych stanowi istotny element zapewnienia stabilnych warunków mikroklimatycznych oraz ograniczenia ryzyka transmisji drobnoustrojów drogą powietrzną. W praktyce projektowej przyjmuje się, że optymalny zakres wilgotności dla większości pomieszczeń medycznych mieści się w przedziale 40–60%. Wartości te wynikają zarówno z analiz fizjologicznych, jak i z badań dotyczących przeżywalności mikroorganizmów w aerozolu (Charkowska i in., 2016). Zakresy zalecane dla wybranych typów pomieszczeń przedstawiono w Tabeli 1. Należy podkreślić, że wymagania te wynikają nie tylko z kryteriów komfortu cieplnego, lecz także z konieczności ograniczenia zjawisk elektrostatycznych, stabilizacji parametrów środowiskowych w trakcie zabiegów oraz zapewnienia odpowiednich warunków dla pracy aparatury medycznej i laboratoryjnej.

### Wilgotność względna a przeżywalność drobnoustrojów

W literaturze naukowej (Aganovic i in., 2022; Guarnieri i in., 2023) wykazano, że zależność pomiędzy wilgotnością względną a przeżywalnością drobnoustrojów w powietrzu ma charakter nieliniowy i jest uzależniona od rodzaju patogenu oraz warunków środowiskowych, w tym temperatury i promieniowania UV, przy czym w badaniach (Blachere i in., 2009; Pantelic i in., 2009) wskazano, że zarówno niska, jak i wysoka wilgotność mogą sprzyjać zwiększonej stabilności wybranych grup mikroorganizmów. Syntetyczne zestawienie zależności pomiędzy poziomem wilgotności a przeżywalnością wirusów i bakterii przedstawiono w Tabeli 2. Z danych tych wynika, że w warunkach niskiej wilgotności zwiększa się stabilność niektórych wirusów osłonkowych, natomiast przy wysokiej wilgotności wzrasta przeżywalność bakterii Gram-ujemnych oraz ryzyko tworzenia biofilmu. W zakresie pośrednim obserwuje się relatywnie najmniej sprzyjające warunki dla długotrwałej stabilności wielu patogenów. W systemach generujących aerozol wodny skład fizykochemiczny i mikrobiologiczny wody determinuje skład bioaerozolu wprowadzanego do pomieszczeń.

## Technologie nawilżania powietrza w obiektach ochrony zdrowia

W obiektach ochrony zdrowia stosuje się trzy podstawowe grupy technologii nawilżania powietrza: systemy parowe, ewaporacyjne, adiabatyczne oraz ultradźwiękowe. Wybór technologii determinuje nie tylko parametry energetyczne i regulacyjne, lecz przede wszystkim po-

**Tabela 1.** Zalecane zakresy wilgotności względnej w wybranych pomieszczeniach szpitalnych. Źródło: opracowanie własne na podstawie (ASHRAE, 2023; VDI, 2016; Aganovic i in., 2022; Noti i in., 2013)

**Table 1.** Recommended relative humidity ranges in selected hospital rooms. Source: author's own elaboration based on (ASHRAE, 2023; VDI, 2016; Aganovic i in., 2022; Noti i in., 2013)

Rodzaj pomieszczenia	Zalecana wilgotność względna, %	Uzasadnienie technologiczne i medyczne	Konsekwencje wilgotności poniżej zakresu	Konsekwencje wilgotności powyżej zakresu
Blok operacyjny	40–60	Stabilność mikroklimatu; ograniczenie ładunków elektrostatycznych; kontrola aerozolu	Wzrost elektrostatyczności; wysuszenie śluzówek personelu; większa podatność na infekcje	Ryzyko kondensacji; rozwój mikroorganizmów na przegrodach i elementach instalacji
Oddział intensywnej terapii	40–60	Ochrona dróg oddechowych pacjentów wentylowanych; stabilność parametrów środowiska	Wysuszenie dróg oddechowych; zaburzenia komfortu oddechowego	Zwiększone ryzyko kolonizacji instalacji; rozwój pleśni
Salę chorych	40–60	Komfort pacjentów; profilaktyka infekcji sezonowych	Podrażnienie błon śluzowych; wzrost transmisji wirusów	Pogorszenie jakości powietrza; możliwość rozwoju alergenów
Pracownie diagnostyczne	40–55	Stabilność aparatury; ograniczenie kondensacji	Wzrost elektrostatyczności; wpływ na dokładność pomiarów	Kondensacja na elementach aparatury; ryzyko błędów pomiarowych
Laboratoria medyczne	40–60	Stabilność procesów analitycznych; kontrola warunków środowiskowych	Zmiana właściwości próbek; zakłócenia procesów analitycznych	Rozwój mikroorganizmów środowiskowych; wpływ na wyniki badań
Pomieszczenia administracyjne	30–60	Zakres komfortowy; brak wymagań klinicznych	Spadek komfortu pracy; podrażnienia dróg oddechowych	Pogorszenie komfortu; możliwy rozwój pleśni przy braku wentylacji

**Tabela 2.** Wilgotność względna powietrza a przeżywalność drobnoustrojów. Źródło: opracowanie własne na podstawie (Aganovic i in., 2022; Blachere i in., 2009; Guarnieri i in., 2023; Pantelic i in., 2009)

**Table 2.** Relative air humidity and microorganism survival. Source: author's own elaboration based on (Aganovic et al., 2022; Blachere et al., 2009; Guarnieri et al., 2023; Pantelic et al., 2009)

Zakres wilgotności względnej, %	Charakterystyka przeżywalności wirusów	Charakterystyka przeżywalności bakterii	Wpływ na środowisko wewnętrzne	Konsekwencje przebywania poza zakresem 40–60%
< 30	Zwiększona stabilność części wirusów osłonkowych w aerozolu	Obniżona przeżywalność bakterii Gram-ujemnych; efekt wysuszenia komórek	Wysuszenie błon śluzowych; wzrost unoszenia cząstek	Wzrost podatności na infekcje wirusowe; podrażnienia dróg oddechowych; zwiększona elektrostatyczność
30–40	Umiarkowana przeżywalność; zależna od temperatury	Umiarkowana stabilność środowiskowa	Ograniczone efekty środowiskowe	Początek pogorszenia komfortu; możliwa większa stabilność aerozolu
40–60	Obniżona stabilność większości wirusów oddechowych	Zakres ograniczający rozwój wielu bakterii środowiskowych	Zakres optymalny fizjologicznie	Zakres referencyjny – minimalizacja ryzyka biologicznego
60–70	Wzrost stabilności wybranych wirusów	Zwiększona przeżywalność bakterii Gram-ujemnych	Ryzyko lokalnej kondensacji	Wzrost ryzyka kolonizacji powierzchni; większa aktywność alergenów
> 70	Zmienna; możliwa dłuższa depozycja na powierzchniach	Warunki sprzyjające namnażaniu i tworzeniu biofilmu	Rozwój pleśni i roztoczy; wtórna emisja alergenów	Podwyższone ryzyko chorób

ziom bezpieczeństwa mikrobiologicznego instalacji oraz wymagania w zakresie jakości wody zasilającej. Zgodnie z wytycznymi projektowymi dla obiektów medycznych systemy HVAC powinny być analizowane w kontekście ograniczania transmisji patogenów oraz minimalizacji ryzyka wtórnej kontaminacji środowiska powietrznego (ASHRAE, 2020; Polski Komitet Normalizacyjny, 2016).

### Nawilżanie parowe

W systemach parowych woda poddawana jest przemianie fazowej w wyniku doprowadzenia energii cieplnej, a do strumienia powietrza wprowadzana jest para wodna.

Z sanitarnego punktu widzenia istotne jest to, że podczas przemiany fazowej drobnoustroje obecne w wodzie ulegają dezaktywacji, a składniki mineralne pozostają w komorze parownika. W efekcie do powietrza wprowadzana jest para praktycznie wolna od cząstek stałych i mikroorganizmów (ASHRAE, 2020; Polski Komitet Normalizacyjny, 2016). Literatura branżowa wskazuje, że nawilżanie parowe charakteryzuje się najniższym ryzykiem emisji bioaerozolu spośród omawianych technologii, co czyni je rozwiązaniem preferowanym w blokach operacyjnych oraz pomieszczeniach o wysokim reżimie higienicznym (ASHRAE 2023, Polski Komitet Naukowy, 2016). Ograni-

zeniem pozostaje jednak wysokie zużycie energii oraz konieczność okresowego usuwania osadów mineralnych. Wysoka przewodność i twardość wody prowadzą do odkładania kamienia, co obniża sprawność urządzeń i zwiększa koszty eksploatacyjne. Nie jest natomiast wymagane uzyskanie wody o parametrach wody ultra czystej, jak w przypadku systemów rozpylających.

### Nawilżanie adiabatyczne

Systemy adiabatyczne obejmują rozwiązania rozpylające wodę w postaci drobnych kropli (wysokociśnieniowe dysze mgłowe), przez które przepływa strumień powietrza. W przeciwieństwie do systemów parowych woda nie ulega całkowitej przemianie fazowej przed wprowadzeniem do kanału wentylacyjnego. Do powietrza może zostać wprowadzony aerozol zawierający zarówno składniki mineralne, jak i mikroorganizmy obecne w wodzie. Badania dotyczące środowiskowych źródeł bioaerozolu wskazują, że aerolizacja wody stanowi potencjalny mechanizm transmisji bakterii oportunistycznych w warunkach sprzyjających rozwojowi biofilmu (Blachere i in., 2009; Pantelic i in., 2009). W systemach adiabatycznych ryzyko to jest bezpośrednio zależne od jakości wody oraz eksploatacji. Długie okresy stagnacji, brak cyrkulacji oraz niewystarczająca dezynfekcja sprzyjają powstawaniu biofilmu w przewodach i zbiornikach. Wytyczne dotyczące higieny instalacji wodnych w obiektach medycznych podkreślają konieczność ograniczania objętości stagnującej wody oraz zapewnienia możliwości okresowej dezynfekcji instalacji (Sehulster i in., 2003). W praktyce oznacza to konieczność stosowania wody demineralizowanej lub ultra czystej. W przeciwnym razie może dochodzić do emisji osadów mineralnych oraz wtórnego pogorszenia jakości powietrza. Zaletą systemów adiabatycznych jest niskie zużycie energii w porównaniu z nawilżaniem parowym, gdyż proces odparowania wykorzystuje ciepło zawarte w strumieniu powietrza.

### Nawilżanie ultradźwiękowe

Nawilżacze ultradźwiękowe wykorzystują przetworniki generujące drgania o wysokiej częstotliwości, które powodują rozbicie warstwy wody na bardzo drobne krople o średnicy rzędu kilku mikrometrów. Wytworzona mgła wodna wprowadzana jest bezpośrednio do strumienia powietrza. Ze względu na bardzo małą średnicę kropli aerozol może być transportowany na znaczne odległości w instalacji wentylacyjnej. Oznacza to, że skład chemiczny i mikrobiologiczny wody jest niemal w całości przenoszony do powietrza. W przypadku niedostatecznej demineralizacji może dochodzić do emisji cząstek soli i krzemionki, co obserwowane jest jako osad na powierzchniach oraz elementach aparatury medycznej. Literatura wskazuje, że w systemach ultradźwiękowych wymagana jest bardzo niska przewodność wody oraz ścisła kontrola mikrobiologiczna, aby ograniczyć ryzyko emisji bioaerozolu (ASHRAE, 2023; Polski Komitet Normalizacyjny, 2016). Energetycznie systemy ultradźwiękowe są korzystniejsze od parowych, jednak wymagają zaawansowanego uzdatniania wody oraz częstych przeglądów serwisowych. W obiektach o wysokim reżimie sanitarnym ich zastosowanie jest ograniczone i wymaga indywidualnej analizy ryzyka.

### Nawilżanie ewaporacyjne (naturalne)

Nawilżanie ewaporacyjne polega na przepływie powietrza przez zwilżone medium (matę celulozową lub syntetyczną), po którym woda spływa grawitacyjnie. Odparowanie zachodzi na powierzchni materiału kontaktowego, bez generowania aerozolu. Proces ma charakter adiabatyczny i powoduje jednocześnie obniżenie temperatury powietrza (efekt chłodzenia wyparnego). System ewaporacyjny różni się od rozpylających tym, że nie wprowadza do strumienia powietrza wolnych kropli, lecz wykorzystuje zjawisko parowania powierzchniowego. Ryzyko emisji cząstek mineralnych jest mniejsze niż w systemach ultradźwiękowych, jednak medium nawilżające stanowi potencjalne miejsce rozwoju biofilmu, szczególnie przy niekontrolowanej jakości wody, wysokiej temperaturze i niedostatecznym płukaniu. Zaletą technologii jest niższe zużycie energii w porównaniu z nawilżaniem parowym oraz brak konieczności pracy przy bardzo wysokim ciśnieniu. Ograniczeniem jest wrażliwość na jakość wody oraz ryzyko mikrobiologiczne w medium kontaktowym.

### Porównanie technologii w kontekście obiektów ochrony zdrowia

Zestawienie porównawcze technologii przedstawiono w Tabeli 3. Analiza wykazuje, że systemy parowe zapewniają najwyższy poziom bezpieczeństwa mikrobiologicznego kosztem wyższego zużycia energii. Systemy adiabatyczne i ultradźwiękowe są bardziej efektywne energetycznie, lecz ich bezpieczna eksploatacja w warunkach szpitalnych wymaga wody o parametrach znacznie przekraczających jakość wody wodociągowej oraz wdrożenia procedur higienicznych i monitoringu. W świetle wytycznych dotyczących kontroli zakażeń w placówkach ochrony zdrowia (Sehulster i in., 2003) systemy generujące aerozol wodny powinny być traktowane jako potencjalne źródło ryzyka biologicznego, jeżeli nie zapewni się odpowiedniej jakości wody i nadzoru eksploatacyjnego.

### Wymagania jakościowe wody dla systemów nawilżania w obiektach ochrony zdrowia

Bezpieczeństwo mikrobiologiczne i stabilność eksploatacyjna systemów nawilżania w obiektach ochrony zdrowia są bezpośrednio uzależnione od jakości wody zasilającej. W odróżnieniu od klasycznych instalacji wodociągowych, w których woda pełni funkcję medium użytkowego, w systemach HVAC stanowi ona medium procesowe, poddawane aerolizacji lub przemianie fazowej. Oznacza to, że jej właściwości fizykochemiczne i mikrobiologiczne determinują zarówno jakość powietrza nawiewanego, jak i trwałość urządzeń. Wytyczne międzynarodowe oraz literatura branżowa podkreślają, że w systemach generujących aerozol wodny jakość wody powinna być wyższa niż jakość wody wodociągowej, a parametry powinny być stabilne w czasie (ASHRAE, 2023; Dietrich i in., 2022; Polski Komitet Naukowy, 2016; W. Yao i in., 2020).

### Parametry fizykochemiczne

Wymagania fizykochemiczne dla wody stosowanej w systemach nawilżania powinny być formułowane w odniesieniu do mechanizmu wprowadzania wilgoci do po-

**Tabela 3.** Porównanie technologii nawilżania powietrza w obiektach ochrony zdrowia. Źródło: opracowanie własne na podstawie (Aganovic i in., 2022; Balthazar & Ismail, 2018; Guarnieri i in., 2023; W. Yao i in., 2020; Y. Yao, 2016)

**Table 3.** Comparison of air humidification technologies in healthcare facilities. Source: author's own elaboration based on (Aganovic et al., 2022; Balthazar & Ismail, 2018; Guarnieri et al., 2023; W. Yao et al., 2020; Y. Yao, 2016)

Kryterium oceny	Nawilżanie parowe	Nawilżanie adiabatyczne wysokociśnieniowe	Nawilżanie ultradźwiękowe	Nawilżanie ewaporacyjne (kontaktowe)
Mechanizm działania	Odparowanie wody w generatorze pary (przemiana fazowa)	Rozpylanie wody pod wysokim ciśnieniem i jej odparowanie w strumieniu powietrza	Generowanie mgły wodnej przy użyciu przetworników ultradźwiękowych	Parowanie z powierzchni zwilżonego medium (mata, wkład celulozowy)
Forma wprowadzanej wilgoci	Para wodna	Aerozol drobnokropelkowy (10–30 µm)	Bardzo drobny aerozol (1–5 µm)	Parowanie powierzchniowe (bez wolnych kropli przy prawidłowej pracy)
Zużycie energii	Wysokie (energia przemiany fazowej)	Niskie	Niskie do umiarkowanego	Bardzo niskie
Wpływ na temperaturę powietrza	Brak istotnego efektu chłodzenia	Obniżenie temperatury (efekt adiabatyczny)	Minimalny	Wyraźny efekt chłodzenia wyparnego
Wymagana jakość wody	Zmiękczone, kontrolowana przewodność	Demineralizowana (RO), niskie TDS i SiO <sub>2</sub>	Bardzo niska mineralizacja (RO/DI)	Kontrolowana mineralizacja; zalecane RO w obiektach medycznych
Ryzyko emisji cząstek mineralnych	Niskie	Wysokie przy braku RO	Wysokie przy niedostatecznej demineralizacji	Umiarkowane; możliwe osadzanie w medium
Ryzyko mikrobiologiczne	Niskie (dezynfekcja termiczna)	Umiarkowane–wysokie przy stagnacji	Umiarkowane; zależne od jakości wody	Umiarkowane–wysokie w medium kontaktowym
Wrażliwość na stagnację wody	Niska w części parowej	Wysoka	Wysoka	Wysoka w obiegu zwilżającym
Wymagania serwisowe	Odkamienianie, kontrola elektrod	Kontrola dysz, płukanie, dezynfekcja	Częste czyszczenie komory	Regularna wymiana lub dezynfekcja wkładów
Zastosowanie w strefach wysokiego reżimu sanitarnego	Zalecane (bloki operacyjne)	Wymaga analizy ryzyka i pełnego uzdatniania wody	Ograniczone	Ograniczone; wymaga ścisłej kontroli higieny medium

wietrza oraz do wrażliwości instalacji na osady, korozję i emisję cząstek. W systemach parowych dominują zagrożenia odkładania kamienia i stabilności pracy generatorów, natomiast w systemach adiabatycznych i ultradźwiękowych krytyczne znaczenie ma ograniczenie mineralizacji i zawiesin, ponieważ skład wody (w tym sole i krzemiany) może być przenoszony do powietrza w postaci aerozolu i osadów powierzchniowych.

Podstawowym parametrem charakteryzującym mineralizację jest przewodność elektryczna, która koreluje z zawartością jonów rozpuszczonych. Stanowi ona wskaźnik operacyjny do ciągłego nadzoru jakości wody procesowej oraz do oceny skuteczności uzdatniania. Parametr ten należy rozpatrywać łącznie z całkowitym zasoleniem (TDS) oraz składem jonowym, gdyż dwa roztwory o zbliżonej przewodności mogą wykazywać odmienną skłonność do wytrącania osadów i odmienną agresywność. W systemach aerozolowych dąży się do możliwie niskiej przewodności i niskiego TDS, aby ograniczyć emisję cząstek mineralnych oraz depozycję osadów na powierzchniach i w kanałach.

Podwyższona barwa zwykle wskazuje obecność substancji humusowych i związków organicznych, które mogą stanowić pożywkę dla mikroorganizmów oraz pogarszać skuteczność dezynfekcji UV. Z kolei nawet niewielka mętność w systemach rozpylających zwiększa ryzyko zatykania dysz, niestabilności rozpylania, lokalnego zwilżania powierzchni oraz inicjacji biofilmu na elementach mokrych. Zatem woda do nawilżania aerozolowego powinna

cechować się bardzo niską mętnością, a układ uzdatniania powinien obejmować efektywną filtrację mechaniczną.

Dla oceny skłonności do wytrącania osadów kluczowe są jony wapnia i magnezu (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>) determinujące twardość oraz parametry alkaliczności związane z obecnością wodorowęglanów, węglanów i dwutlenku węgla w równowadze węglanowej. Wysoka twardość i alkaliczność sprzyjają wytrącaniu węglanu wapnia, co w generatorach pary prowadzi do osadzania kamienia, a w systemach adiabatycznych i ultradźwiękowych do szybkiego niszczenia urządzeń rozpylania i wzrostu emisji cząstek. Równowaga węglanowa zależy nie tylko od stężeń Ca<sup>2+</sup> i alkaliczności, lecz również od pH, temperatury i stężenia CO<sub>2</sub> rozpuszczonego. Z tego powodu w analizie wody procesowej należy uwzględnić łącznie pH, zasadowość oraz zawartość CO<sub>2</sub>.

Istotne znaczenie mają również żelazo i mangan (Fe, Mn), które nawet przy relatywnie niskich stężeniach mogą powodować odkładanie osadów tlenkowych/hydroksylowych, przebarwienia oraz zatykanie elementów precyzyjnych. Dodatkowo produkty utleniania Fe i Mn tworzą powierzchnie sprzyjające adhezji mikroorganizmów i rozwojowi biofilmu. W praktyce oznacza to konieczność zastosowania odżelaziania/odmanganiania oraz skutecznej filtracji końcowej.

W kontekście korozji instalacji oraz kompatybilności materiałowej krytyczne są jony chlorkowe i siarczanowe (Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Chlorki zwiększają ryzyko korozji wżerowej i szczelinowej stali nierdzewnych oraz przyspieszają ko-

**Tabela 4.** Zalecane parametry fizykochemiczne wody dla systemów nawilżania w obiektach ochrony zdrowia. Źródło: opracowanie własne na podstawie (Dietrich i in., 2022, 2023; W. Yao i in., 2020; Yildirim & Solmuş, 2014)

**Table 4.** Recommended physicochemical parameters of water for humidification systems in healthcare facilities. Source: author's own elaboration based on (Dietrich et al., 2022, 2023; W. Yao et al., 2020; Yildirim & Solmuş, 2014)

Parametr	Jednostka	Nawilżanie parowe	Nawilżanie adiabatyczne	Nawilżanie ultradźwiękowe	Znaczenie technologiczne
Przewodność	μS/cm	100–800 (kontrolowana)	< 50	< 20	Zawartość soli i osadów
TDS (zasolenie ogólne)	mg/L	< 500	< 30	< 15	Określa depozycję mineralną
Twardość ogólna	°mg CaCO <sub>3</sub> /L	< 5	< 0,1	< 0,05	Cechuje wodę w zakresie kamienienia i zatykania dysz
Wapń (Ca <sup>2+</sup> )	mg/L	< 50	< 5	< 2	Składnik kamienia kotłowego
Magnez (Mg <sup>2+</sup> )	mg/L	< 30	< 2	< 1	Składnik kamienia kotłowego
Żelazo (Fe)	mg/L	< 0,1	< 0,05	< 0,02	Osady tlenkowe; inicjacja biofilmu
Mangan (Mn)	mg/L	< 0,05	< 0,02	< 0,01	Osady tlenkowe; zatykanie dysz
Chlorki (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	< 100	< 50	< 25	Ryzyko korozji wżerowej
Siarczany (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	< 100	< 50	< 25	Korozja ogólna; osady
Azot amonowy (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/L	< 0,5	< 0,2	< 0,1	Wskaźnik zanieczyszczenia biologicznego
Krzemionka (SiO <sub>2</sub> )	mg/L	< 10	< 1	< 0,5	Emisja cząstek mineralnych
Alkaliczność	mval/L	50–150	< 30	< 20	Równowaga węglanowa
pH	–	6,5–8,5	6,5–8,0	6,5–7,5	Stabilność chemiczna i korozyjna
CO <sub>2</sub> rozpuszczony	mg/L	kontrolowany	niski	niski	Agresywność wody
Mętność	NTU	< 1	< 0,2	< 0,1	Zatykanie dysz, brak stabilności aerozolu
Barwa	mg Pt/L	< 15	< 5	< 2	Wskaźnik pośredni materii organicznej
Temperatura wody	°C	5–25	< 20 (stabilna)	< 20 (stabilna)	Wpływ na namnażanie mikroorganizmów

rozję stopów miedzi w niekorzystnych warunkach elektrochemicznych, natomiast siarczany mogą intensyfikować korozję ogólną i tworzenie osadów w zależności od warunków redoks i obecności kationów. W przypadku systemów nawilżania, w których występują strefy okresowego zwilżania i wysychania, agresywność chlorkowa jest szczególnie istotna, ponieważ cykliczne zagęszczanie roztworu na powierzchniach może lokalnie zwiększać stężenia jonów i przyspieszać degradację materiałów.

Warto uwzględnić także jon amonowy (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), który może wskazywać na zanieczyszczenia pochodzenia biologicznego lub procesy zachodzące w sieci i instalacji. Amon może sprzyjać rozwojowi mikroorganizmów w określonych warunkach oraz wpływać na przebieg dezynfekcji i stabilność chemiczną wody. W obiektach ochrony zdrowia, gdzie dąży się do minimalizacji ładunku biologicznego wody procesowej, obecność NH<sub>4</sub><sup>+</sup> powinna być traktowana jako sygnał diagnostyczny wymagający weryfikacji źródła i ryzyka wtórnej kontaminacji.

W systemach ultradźwiękowych i adiabatycznych szczególne znaczenie mają formy krzemianowe (SiO<sub>2</sub> lub SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>). Mogą być przenoszone do powietrza jako bardzo drobna frakcja i osadzać się na powierzchniach. Zjawisko to jest krytyczne w środowisku szpitalnym ze względu na wymagania czystości powierzchni i wrażliwość aparatury. Krzemiany są również istotne z punktu widzenia eksploatacji uzdatniania, gdyż ich usuwanie bywa mniej efektywne w standardowych procesach zmiękczenia, a w pewnych

warunkach może ograniczać skuteczność membran oraz wpływać na powstawanie osadów.

Uzupełniająco, poza CO<sub>2</sub>, w analizie wody procesowej warto uwzględnić gazy rozpuszczone i parametry redoks, ponieważ wpływają one na korozyjność i stabilność chemiczną. Dwutlenek węgla obniża pH i zwiększa agresywność korozyjną wody, szczególnie w układach o niskiej alkaliczności, natomiast warunki utleniająco-redukujące determinują przemiany Fe i Mn oraz tendencje do powstawania osadów. W instalacjach nawilżania znaczenie mają również warunki kontaktu wody z powietrzem, ponieważ odgazowanie i zmiana równowagi węglanowej mogą prowadzić do wtórnych zmian pH i wytrącania osadów.

Istotnym parametrem eksploatacyjnym jest temperatura wody (w punkcie zasilania oraz w całym obiegu). Temperatura determinuje zarówno równowagę chemiczną (w tym równowagę węglanową, rozpuszczalność CO<sub>2</sub> oraz tendencje do wytrącania węglanów), jak i dynamikę procesów biologicznych oraz ryzyko wtórnej kontaminacji instalacji. Wzrost temperatury wody sprzyja odgazowaniu CO<sub>2</sub>, zmianie pH i przesunięciu równowagi węglanowej, co może inicjować wytrącanie osadów w strefach mieszania oraz na elementach o lokalnych spadkach ciśnienia i temperatury. Jednocześnie zakres temperatur około 20–45°C jest szczególnie niekorzystny z punktu widzenia bezpieczeństwa mikrobiologicznego, ponieważ sprzyja wzrostowi wielu bakterii środowiskowych i intensyfikacji tworzenia biofilmu w przypadku stagnacji lub niskich

przepływów. Z tego względu woda procesowa do nawilżania, zwłaszcza w systemach aerozolowych, powinna być utrzymywana w możliwie stabilnym reżimie temperaturowym, a projekt powinien minimalizować odcinki przewodów i zbiorniki, w których dochodzi do niekontrolowanego dogrzewania wody przez otoczenie techniczne (np. maszynownie, przestrzenie stropowe). Projekt instalacji oraz zbiorników magazynujących wodę powinien uwzględniać krótki czas zatrzymania wody i temperaturę nie przekraczającą 15°C, przy jednoczesnym zapewnieniu możliwości higienicznego płukania i okresowej dezynfekcji. Zalecane parametry przedstawiono w Tabeli 4.

### **Parametry mikrobiologiczne wody procesowej**

W odróżnieniu od instalacji wody pitnej, gdzie kryterium bezpieczeństwa odnosi się do spożycia, w systemach HVAC istotne jest ryzyko inhalacyjne oraz możliwość kolonizacji instalacji przez mikroorganizmy środowiskowe. Z tego względu wymagania mikrobiologiczne dla wody do nawilżania powinny być bardziej rygorystyczne niż minimalne wymagania dla wody wodociągowej.

#### **Ogólna liczba mikroorganizmów**

Podstawowym parametrem oceny czystości mikrobiologicznej jest ogólna liczba bakterii heterotroficznych (HPC – Heterotrophic Plate Count), oznaczana w jednostkach CFU/mL. Woda wodociągowa może zawierać niewielką liczbę drobnoustrojów nieszkodliwych w warunkach spożycia, jednak w systemach aerozolowych nawet niska koncentracja bakterii może stanowić punkt wyjścia do kolonizacji instalacji. W praktyce inżynierskiej przyjmuje się, że woda zasilająca systemy adiabatyczne i ultradźwiękowe powinna wykazywać bardzo niską ogólną liczbę drobnoustrojów, typowo poniżej 10–100 CFU/mL, przy czym w obiektach o podwyższonym reżimie sanitarnym dąży się do poziomów możliwie bliskich granicy wykrywalności metod rutynowych. Kluczowe jest nie tylko spełnienie wymogu jednorazowego, lecz utrzymanie stabilności mikrobiologicznej w czasie.

#### **Bakterie oportunistyczne**

Szczególne znaczenie mają bakterie oportunistyczne zdolne do kolonizacji instalacji wodnych i tworzenia biofilmu. Do najistotniejszych należą bakterie z rodzaju Legionella, Pseudomonas oraz niektóre bakterie atypowe z grupy Mycobacterium. W obiektach ochrony zdrowia, gdzie przebywają pacjenci o obniżonej odporności, obecność tych drobnoustrojów w wodzie procesowej stanowi istotne ryzyko epidemiologiczne. W systemach nawilżania, zwłaszcza adiabatycznych, warunki sprzyjające namnażaniu obejmują: temperaturę w zakresie 18–45°C, obecność związków organicznych oraz powierzchnie umożliwiające adhezję mikroorganizmów. Z tej przyczyny projekt instalacji powinien minimalizować stagnację wody, zapewniać możliwość okresowej dezynfekcji oraz ograniczać objętość zbiorników retencyjnych. W praktyce eksploatacyjnej zaleca się okresowe badania w kierunku Legionella spp. oraz kontrolę parametrów pośrednich wskazujących na potencjalny rozwój biofilmu.

#### **Biofilm jako czynnik ryzyka**

Kluczowym zagrożeniem mikrobiologicznym w systemach nawilżania jest powstawanie biofilmu na powierzchniach przewodów, zbiorników i dysz. Biofilm stanowi złożoną strukturę mikroorganizmów osadzonych w macie-

rzy polimerowej, która chroni bakterie przed działaniem środków dezynfekcyjnych i czynników środowiskowych. Nawet w przypadku wody o niskiej liczbie drobnoustrojów biofilm może być źródłem okresowego uwalniania komórek do wody, a następnie do aerozolu. Zapobieganie biofilmowi obejmuje utrzymanie niskiego poziomu materii organicznej w wodzie, ograniczenie mętności, stabilizację temperatury poniżej zakresu intensywnego wzrostu bakterii oraz zapewnienie odpowiednich prędkości przepływu w instalacji.

#### **Parametry wskaźnikowe i monitoring operacyjny**

Oprócz klasycznych oznaczeń mikrobiologicznych coraz częściej stosuje się szybkie metody oceny czystości biologicznej, takie jak pomiar całkowitej zawartości ATP w wodzie. Parametr ten pozwala na bieżącą ocenę aktywności biologicznej i może być wykorzystywany jako narzędzie wczesnego ostrzegania przed rozwojem biofilmu. W instalacjach wysokiego ryzyka zaleca się łączenie okresowych badań laboratoryjnych z monitoringiem operacyjnym parametrów takich jak temperatura, przewodność i stagnacja, które pośrednio wpływają na dynamikę wzrostu mikroorganizmów. Ważnym elementem kontroli mikrobiologicznej jest również ocena skuteczności zastosowanych metod dezynfekcji, takich jak promieniowanie UV czy okresowe płukanie instalacji. Należy podkreślić, że dezynfekcja punktowa nie zastępuje prawidłowego projektu hydraulicznego i utrzymania właściwych parametrów fizykochemicznych wody.

#### **Wymagania w zależności od technologii nawilżania**

W systemach parowych ryzyko mikrobiologiczne jest ograniczone dzięki działaniu wysokiej temperatury w komorze generacji pary, co prowadzi do dezaktywacji. W tych instalacjach zagrożenie dotyczy głównie części zasilającej przed generatorem pary. W systemach adiabatycznych i ultradźwiękowych wymagania mikrobiologiczne są istotnie bardziej rygorystyczne, ponieważ woda wprowadzana jest bezpośrednio do strumienia powietrza. W tych przypadkach niezbędne jest zapewnienie wody o bardzo niskiej liczbie drobnoustrojów, stabilnej temperaturze oraz ograniczonej zawartości związków pożywkowych (C,N,S) sprzyjających wzrostowi bakterii.

#### **Parametry hydrauliczne instalacji wody do nawilżania**

Parametry hydrauliczne instalacji zasilającej systemy nawilżania mają kluczowe znaczenie zarówno dla stabilności procesu technologicznego, jak i dla ograniczenia ryzyka mikrobiologicznego. W odróżnieniu od instalacji wodociągowych, gdzie dominującym kryterium jest zapewnienie strumienia użytkowego, w systemach nawilżania niezbędne jest równoczesne uwzględnienie czasu przebywania wody w instalacji, prędkości przepływu, stabilności ciśnienia roboczego oraz – w przypadku technologii aerozolowych – charakterystyki rozpylania i warunków odparowania.

Przepływ objętościowy wody powinien być dostosowany do nominalnej wydajności nawilżacza, przy jednoczesnym zapewnieniu regularnej wymiany całej objętości wody w przewodach i zbiornikach. Szczególne znaczenie ma czas zatrzymania wody w instalacji (HRT). W instalacjach szpitalnych zaleca się, aby pełna wymiana objętości wody następowała w czasie nie dłuższym niż 24 godziny, natomiast w strefach o podwyższonym reżimie sanitarnym, ta-

**Tabela 5.** Zalecane parametry hydrauliczne instalacji wody do systemów nawilżania w obiektach ochrony zdrowia. Źródło: opracowanie własne na podstawie (ASHRAE, 2023; VDI 2016; Bayvel & Orzechowski, 1993; Lefebvre & McDonell, 2017)

**Table 5.** Recommended hydraulic parameters of water installations for humidification systems in healthcare facilities. Source: author's own elaboration based on (ASHRAE, 2023; VDI 2016; Bayvel & Orzechowski, 1993; Lefebvre & McDonell, 2017)

Parametr	Jednostka	Nawilżanie parowe	Nawilżanie adiabaticzne (HP)	Nawilżanie ultradźwiękowe	Znaczenie sanitarno-technologiczne
Przepływ objętościowy	m <sup>3</sup> /h	Zgodny z wydajnością generatora	Zgodny z wydajnością sekcji	Zgodny z wydajnością urządzenia	Zapewnienie stabilnej pracy systemu
Wymiana objętości wody (HRT)	h	≤ 24	≤ 12 (strefy wysokiego ryzyka)	≤ 12	Ograniczenie stagnacji
Objętość stagnująca	% zużycia dobowego	< 5	< 3	< 3	Minimalizacja rozwoju biofilmu
Prędkość przepływu w przewodach	m/s	0,3–1,0	0,5–1,0	0,5–1,0	Ograniczenie sedymentacji i kolonizacji
Minimalna prędkość przepływu	m/s	≥ 0,3	≥ 0,5	≥ 0,5	Ograniczenie stagnacji hydraulicznej
Maksymalna prędkość dopuszczalna	m/s	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5	Ograniczenie erozji materiałów
Ciśnienie zasilania	bar	2–6	50–100 (typowo 70–80)	1–3	Stabilność rozpylania
Tolerancja wahań ciśnienia	%	±10	±5	±10	Jednorodność pracy urządzeń
Prędkość wyrzutu z dyszy	m/s	–	80–120	–	Charakterystyka rozpylania
Średnica kropli (SMD)	µm	–	10–30 (zalecane ≤ 20)	1–5	Pełne odparowanie, ograniczenie zwilżania
Długość odcinka odparowania	m	–	≥ 1,5–2,5	≥ 1,0	Zapobieganie kondensacji
Temperatura wody	°C	5–25	5–20	5–20	Ograniczenie namnażania mikroorganizmów
Maksymalny czas postoju bez płukania	h	48	48 (zalecane < 24)	48 (zalecane < 24)	Kontrola higieny instalacji

kich jak oddziały intensywnej terapii czy bloki operacyjne, czas ten nie powinien przekraczać 8–12 godzin. Dłuższy czas przebywania wody, zwłaszcza w temperaturze 20–45°C, sprzyja namnażaniu mikroorganizmów środowiskowych oraz tworzeniu biofilmu. Z tego względu instalacja powinna być projektowana w sposób ograniczający objętość retencyjne (zbiorniki buforowe i przewody o przewymiarowanych średnicach), eliminujący martwe odcinki oraz umożliwiające automatyczne płukanie w przypadku przerwy w pracy systemu.

Objętość wody zalegającej w instalacji powinna być ograniczona do minimum i nie powinna przekraczać 3% dobowego zużycia wody przez system, natomiast w małych instalacjach lokalnych pojemność zbiorników roboczych nie powinna przekraczać 5–10 litrów. W praktyce projektowej częstym błędem jest przewymiarowanie średnic przewodów oraz stosowanie nadmiernie dużych zbiorników buforowych, co prowadzi do obniżenia prędkości przepływu poniżej 0,3 m/s oraz wydłużenia HRT powyżej 24 godzin, tworząc warunki sprzyjające rozwojowi biofilmu.

Prędkość przepływu wody w przewodach zasilających ma bezpośredni wpływ na odkładanie osadów i kolonizację mikrobiologiczną. W celu ograniczenia sedymentacji i tworzenia warstwy przyściennej sprzyjającej rozwojowi biofilmu zaleca się utrzymywanie prędkości przepływu w zakresie 0,5–1,0 m/s. Minimalna prędkość nie powinna być niższa niż 0,3 m/s, ponieważ wartości poniżej 0,2 m/s

sprzyjają stagnacji hydraulicznej oraz gromadzeniu się cząstek. Z drugiej strony prędkości przekraczające 1,5 m/s mogą prowadzić do erozyjnego zużycia materiałów instalacyjnych i elementów armatury, zwłaszcza w rejonach zwężeń, kolan i trójników.

Ciśnienie robocze w instalacji zależy od zastosowanej technologii nawilżania i powinno być utrzymywane w sposób stabilny, bez istotnych pulsacji. W systemach parowych typowe ciśnienie zasilania wody mieści się w zakresie 2–6 bar i powinno pozostawać stabilne, aby zapewnić prawidłową pracę generatora pary. W systemach adiabaticznych wysokociśnieniowych ciśnienie przed dyszami rozpylającymi wynosi zazwyczaj 50–100 bar, przy czym w obiektach medycznych najczęściej stosuje się zakres 70–80 bar. Spadek ciśnienia poniżej wartości projektowej powoduje wzrost średnicy kropli i zwiększa ryzyko niepełnego odparowania w kanale wentylacyjnym. W systemach ultradźwiękowych ciśnienie zasilania jest znacznie niższe i zwykle mieści się w przedziale 1–3 bar, jednak kluczowa pozostaje stabilność dopływu wody oraz brak wahań mogących zaburzać pracę urządzenia.

W systemach aerozolowych istotnym parametrem projektowym jest również długość odcinka odparowania. Dla średnicy kropli rzędu 15–25 µm i prędkości powietrza 2–3 m/s odcinek ten powinien wynosić co najmniej 1,5–2,5 m. Skracanie odcinka odparowania (np. z powodu ograniczeń przestrzennych) prowadzi do niepełnego odparowania aerozolu i lokalnego zwilżania kanałów, co

stanowi bezpośredni czynnik inicjujący rozwój biofilmu i wtórną emisję zanieczyszczeń biologicznych.

Parametry hydrauliczne powinny być analizowane łącznie z temperaturą wody, która w instalacjach nawilżania powinna być utrzymywana możliwie nisko (typowo 5–18°C) i nie powinna długotrwale przebywać w przedziale sprzyjającym wzrostowi mikroorganizmów. Odpowiednia izolacja przewodów, ograniczenie objętości zbiorników oraz zapewnienie wymuszonego przepływu stanowią podstawowe elementy projektowe minimalizujące ryzyko sanitarne. Zalecane wartości parametrów hydraulicznych dla wybranych technologii zestawiono w Tabeli 5.

## Technologie uzdatniania wody dla systemów nawilżania powietrza w obiektach ochrony zdrowia

Woda przeznaczona do systemów nawilżania aerozolu powinna spełniać wymagania wykraczające poza standardy wody pitnej. Kryterium oceny stanowi nie tylko bezpieczeństwo konsumpcyjne, lecz zdolność wody do generowania aerozolu bez emisji cząstek mineralnych, bez tworzenia osadów i bez wspierania wzrostu mikroorganizmów. Z tego względu dobór technologii uzdatniania musi być oparty na analizie mineralizacji ogólnej, zawartości krzemionki, alkaliczności, zawiesin, potencjału korozyjnego oraz wskaźników biologicznych.

### Filtracja mechaniczna i separacja zawiesin

Pierwszym etapem uzdatniania powinna być separacja cząstek stałych i koloidalnych. Zawiesiny (TSS), cząstki tlenków żelaza i manganu, produkty korozji oraz frakcje organiczne zwiększają mętność wody i stanowią substrat adhezyjny dla biofilmu. Filtracja wgłębna lub powierzchniowa pozwala na redukcję mętności do poziomu poniżej 0,5 NTU, co jest istotne zarówno dla ochrony membran, jak i dla skuteczności dezynfekcji promieniowaniem UV. Należy podkreślić, że cząstki koloidalne o średnicy poniżej 1 µm mogą przechodzić przez standardowe filtry mechaniczne, dlatego w wodach o podwyższonej zawartości krzemionki koloidalnej konieczne jest rozważenie procesów koagulacji lub ultrafiltracji.

### Procesy adsorpcyjne

Adsorpcja na węglu aktywnym stosowana jest głównie w celu usunięcia chloru wolnego, chloramin oraz części rozpuszczonych związków organicznych. Redukcja chloru jest istotna w kontekście ochrony membran oraz ograniczenia reakcji utleniania materiałów instalacyjnych. Jednocześnie usunięcie chloru powoduje spadek tzw. resztkowego efektu dezynfekcyjnego, co wymaga wprowadzenia alternatywnej metody kontroli mikrobiologicznej. Adsorpcja nie wpływa istotnie na przewodność ani zawartość jonów mineralnych, dlatego powinna być traktowana jako proces uzupełniający.

Procesy wymiany jonowej

Wymiana jonowa opiera się na równowagowym mechanizmie zastępowania jonów rozpuszczonych jonami związanymi z żywicą. W przypadku zmiękczenia usuwane są jony  $Ca^{2+}$  i  $Mg^{2+}$ , które odpowiadają za wytrącanie węglanu wapnia w procesach odparowania. Skuteczność

usuwania twardości przekracza 99%, jednak całkowite zasolenie (TDS) pozostaje na poziomie zbliżonym do wody surowej, ponieważ jony wapnia i magnezu zastępowane są jonami sodu. W kontekście systemów rozpylających oznacza to, że przewodność elektryczna wody, często rzędu 500–800 µS/cm dla wód wodociągowych, nie ulega istotnemu obniżeniu. W rezultacie przy odparowaniu kropli do powietrza emitowane są drobne cząstki soli sodowych oraz krzemionki, co może prowadzić do osadzania się pyłu mineralnego w pomieszczeniach o podwyższonej klasie czystości. W układach mieszanych, obejmujących zarówno wymianę kationów oraz anionów, możliwe jest głębsze obniżenie zasolenia. Proces ten prowadzi do powstawania wody o przewodności poniżej 1–5 µS/cm, jednak wymaga precyzyjnego sterowania regeneracją i kontroli wycieku jonów.

### Procesy separacji membranowej

Separacja membranowa wykorzystuje gradient ciśnienia do wymuszenia transportu cząsteczek wody przez półprzepuszczalną membranę, przy jednoczesnym zatrzymaniu większości jonów oraz cząsteczek organicznych. Mechanizm ten pozwala na redukcję TDS o 95–99%, obniżenie przewodności z poziomu kilkuset µS/cm do wartości rzędu 10–30 µS/cm oraz znaczną redukcję krzemionki rozpuszczonej. W kontekście systemów wysokociśnieniowych i ultradźwiękowych redukcja krzemionki poniżej 0,5–1 mg/L jest warunkiem ograniczenia emisji drobnych cząstek  $SiO_2$  do powietrza. Należy jednak uwzględnić zjawisko koncentracji solnej w strumieniu retentatu oraz możliwość wtórnego wzrostu mikroorganizmów w zbiornikach magazynowych. Woda o bardzo niskiej mineralizacji, przy temperaturze powyżej 20°C i czasie przebywania przekraczającym 24 godziny, może stanowić środowisko podatne na kolonizację biologiczną mimo niskiej zawartości substancji odżywczych.

### Dezynfekcja fizyczna

Skutecznym procesem jest dezynfekcja promieniowaniem UV o długości fali około 254 nm, która prowadzi do inaktywacji mikroorganizmów poprzez uszkodzenie ich materiału genetycznego. Efektywność procesu zależy od dawki promieniowania, mętności i przejrzystości wody i braku osłony cząstek zawieszonych. W wodach o mętności poniżej 0,5 NTU skuteczność redukcji bakterii może przekraczać 3–4 log jednostek. Proces ten nie usuwa jednak endotoksyn ani nie eliminuje biofilmu rozwiniętego w instalacji.

### Metody hybrydowe i integracja wielostopniowa w uzdatnianiu wody dla systemów nawilżania

W warunkach obiektów ochrony zdrowia uzyskanie stabilnej jakości wody procesowej rzadko jest możliwe przy zastosowaniu pojedynczego procesu jednostkowego. Zmienność składu wody surowej, sezonowe wahania temperatury oraz wymogi bardzo niskiej mineralizacji i wysokiej stabilności mikrobiologicznej powodują, że najskuteczniejsze jest projektowanie układów hybrydowych, łączących kilka mechanizmów separacji w spójny ciąg technologiczny. Takie podejście znajduje potwierdzenie w wytycznych higienicznych dotyczących systemów HVAC w obiektach medycznych, gdzie zaleca się analizę całego

łańcucha przygotowania wody, a nie wyłącznie parametrów końcowych (VDI, 2008, 2016; Polski Komitet Normalizacyjny, 2016; Minister Zdrowia, 2022).

Metoda hybrydowa w kontekście nawilżania powietrza oznacza sekwencyjne połączenie procesów o odmiennym mechanizmie działania: filtracji mechanicznej, procesów jonowymiennych, separacji membranowej, adsorpcji oraz dezynfekcji fizycznej. Każdy z etapów odpowiada za redukcję określonej grupy zanieczyszczeń i jednocześnie chroni kolejne ogniwo technologiczne przed przeciążeniem. Typowy układ hybrydowy rozpoczyna się od filtracji mechanicznej, której zadaniem jest obniżenie mętności oraz ochrona elementów wrażliwych na zanieczyszczenia cząstkowe. Następnie stosowana jest redukcja twardości, co minimalizuje ryzyko wytrącania węglanów wapnia i magnezu w dalszych etapach procesu. Kolejnym ogniwem jest proces efektywnej demineralizacji, prowadzący do obniżenia przewodności i całkowitego zasolenia. W końcowej fazie wprowadza się dezynfekcję fizyczną, której zadaniem jest ograniczenie liczby drobnoustrojów w wodzie doprowadzanej bezpośrednio do sekcji nawilżania.

W układach przeznaczonych do systemów wysokociśnieniowych oraz ultradźwiękowych szczególnie znaczenie ma kontrola krzemionki rozpuszczonej oraz frakcji koloidalnej. Połączenie separacji membranowej z etapem adsorpcyjnym i końcową dezynfekcją UV pozwala na uzyskanie wody o przewodności rzędu 10–20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , zawartości  $\text{SiO}_2$  poniżej 0,5–1 mg/L oraz stabilności mikrobiologicznej ograniczającej HPC do poziomów <10–50 CFU/mL. Jednak nawet przy takiej jakości wody kluczowe pozostaje ograniczenie czasu przebywania w instalacji oraz utrzymanie temperatury poniżej 20°C.

Metoda hybrydowa nie polega jedynie na sumowaniu kolejnych urządzeń, lecz na świadomym doborze procesów w celu osiągnięcia równowagi między redukcją mineralizacji, stabilnością mikrobiologiczną a minimalizacją stagnacji hydraulicznej. Należy uwzględnić, że nadmierna rozbudowa układu technologicznego zwiększa objętość retencyjną i czas przebywania wody, co może paradoksalnie zwiększać ryzyko biologiczne. Z tego względu projekt hybrydowy powinien minimalizować pojemności buforowe, unikać martwych stref przepływu oraz zapewniać możliwość okresowego płukania i dezynfekcji całego ciągu. Istotnym elementem tej metody jest integracja procesu uzdatniania z systemem monitoringu online. Pomiar przewodności, temperatury, przepływu oraz – w rozwiązaniach zaawansowanych – wskaźników aktywności biologicznej (np. ATP) umożliwia wczesne wykrycie odchył procesowych. Brak takiej integracji powoduje, że nawet poprawnie zaprojektowany układ technologiczny może ulec degradacji jakościowej w wyniku rozregulowania parametrów pracy.

W obiektach o najwyższym reżimie sanitarnym uzasadnione jest stosowanie konfiguracji wielostopniowych, w których redukcja mineralizacji sprzężona jest z kontrolą mikrobiologiczną na poziomie wody doprowadzanej bezpośrednio do sekcji nawilżania. Takie podejście pozwala ograniczyć emisję cząstek mineralnych do powietrza, zminimalizować osadzanie kamienia i jednocześnie zmniejszyć ryzyko powstawania biofilmu w instalacji. Zintegrowane metody hybrydowe stanowią obecnie najbar-

dziej racjonalne rozwiązanie technologiczne w systemach nawilżania stosowanych w szpitalach, gdzie wymagania energetyczne, sanitarne i eksploatacyjne muszą być rozpatrywane równocześnie, a nie rozdzielnie.

## Determinanty bezpieczeństwa technologicznego systemów nawilżania w szpitalach

W praktyce projektowej i eksploatacyjnej systemów nawilżania w obiektach ochrony zdrowia powtarzają się określone schematy błędów, wynikające przede wszystkim z niedoszacowania znaczenia jakości wody oraz parametrów hydraulicznych instalacji. Najczęstszym błędem koncepcyjnym jest traktowanie nawilżania jako funkcji pomocniczej systemu wentylacyjnego, podporządkowanej wyłącznie utrzymaniu zadanej wilgotności względnej. Tymczasem, zgodnie z art. 5 ust. 1 ustawy – Prawo budowlane, obiekt budowlany powinien być projektowany i użytkowany w sposób zapewniający m.in. bezpieczeństwo użytkownika oraz odpowiednie warunki higieniczne i zdrowotne. Oznacza to, że instalacje techniczne wpływające na jakość powietrza w pomieszczeniach szpitalnych nie mogą być analizowane wyłącznie przez pryzmat komfortu, lecz również w kontekście ryzyka sanitarnego.

Brak integracji sekcji nawilżania z systemem uzdatniania wody oraz pominięcie analizy ryzyka mikrobiologicznego na etapie projektu pozostaje niezgodne z zasadą projektowania instalacji w obiektach ochrony zdrowia w sposób zapewniający bezpieczeństwo zdrowotne użytkowników. W obiektach leczniczych dodatkowo zastosowanie znajduje ustawa o działalności leczniczej, nakładająca obowiązek zapewnienia bezpiecznych warunków udzielania świadczeń zdrowotnych, co obejmuje także jakość środowiska wewnętrznego.

Często spotykanym problemem jest przyjmowanie jakości wody wodociągowej jako wystarczającej dla systemów aerozolowych, ewentualnie uzupełnionej jedynie o zmiękczenie jonowymiennie. Zmiękczenie usuwa wapń i magnez, lecz nie redukuje całkowitego zasolenia ani krzemionki, co w systemach adiabatycznych i ultradźwiękowych prowadzi do emisji cząstek mineralnych oraz odkładania osadów w kanałach wentylacyjnych i pomieszczeniach. W konsekwencji może dochodzić do pogorszenia jakości powietrza mimo formalnego spełnienia wymagań wilgotnościowych. Spełnienie parametrów komfortowych nie jest bowiem równoznaczne z zapewnieniem bezpieczeństwa sanitarnego instalacji.

W warstwie hydraulicznej typowym błędem jest przewymiarowanie średnic przewodów oraz stosowanie nadmiernie dużych zbiorników buforowych. Prowadzi to do obniżenia średniej prędkości przepływu poniżej 0,3 m/s oraz wydłużenia czasu przebywania wody w instalacji powyżej 24 godzin, co sprzyja powstawaniu biofilmu. Z punktu widzenia obowiązku utrzymania obiektu w należytym stanie technicznym i higienicznym, wynikającego z przepisów Prawa budowlanego, parametry te powinny być analizowane już na etapie projektu oraz kontrolowane w trakcie eksploatacji.

W wielu realizacjach nie uwzględnia się sezonowej zmienności obciążenia wilgotnościowego, przez co w okresach przejściowych system pracuje z minimalną

wydajnością, a woda pozostaje w stagnacji nawet przez 48–72 godziny. Tego rodzaju warunki eksploatacyjne mogą pozostawać w sprzeczności z zasadą minimalizacji ryzyka zdrowotnego w obiektach ochrony zdrowia.

Kolejnym niedoszacowanym aspektem projektowym jest długość odcinka odparowania w systemach wysokociśnieniowych. Przy średnicy kropli 15–25 µm i prędkości powietrza 2–3 m/s długość ta powinna wynosić co najmniej 1,5–2,5 m. Skrócenie tego odcinka, wynikające z ograniczeń przestrzennych, prowadzi do niepełnego odparowania aerozolu i lokalnego zwilżania kanałów, co zwiększa ryzyko wtórnego rozwoju biofilmu i degradacji higienicznej instalacji wentylacyjnej.

W warstwie eksploatacyjnej najczęstszym problemem pozostaje brak ciągłego monitoringu jakości wody. Parametry takie jak przewodność, temperatura, czas przebywania wody czy ogólna liczba mikroorganizmów są często kontrolowane sporadycznie, bez analizy trendów w czasie. Tymczasem zapewnienie bezpiecznych warunków użytkowania obiektu, wymagane przez przepisy prawa, wymaga działań prewencyjnych oraz systematycznego nadzoru technicznego.

Bariery systemowe mają również charakter organizacyjny i ekonomiczny. W procesie inwestycyjnym dominującym kryterium bywa koszt początkowy i efektywność energetyczna, natomiast aspekty sanitarne traktowane są jako drugorzędne. W wielu obiektach brak jest jednoznacznego przypisania odpowiedzialności za system nawilżania, mimo że zgodnie z zasadami utrzymania obiektu budowlanego odpowiedzialność za jego stan techniczny i bezpieczeństwo spoczywa na właścicielu lub zarządcy. Brak spójnej procedury nadzoru powoduje, że instalacja funkcjonuje bez jasno określonego reżimu higienicznego.

## Podsumowanie i wnioski

Przedstawiona analiza potwierdza, że systemy nawilżania powietrza w obiektach ochrony zdrowia nie mogą być traktowane jako element komfortu cieplnego. Stanowią one instalacje procesowe, których działanie bezpośrednio wpływa na bezpieczeństwo mikrobiologiczne środowiska wewnętrznego. W szczególności w systemach generujących aerozol wodny skład fizykochemiczny i mikrobiologiczny wody jest czynnikiem determinującym jakość nawiewanego powietrza.

1. Zakres wilgotności względnej 40–60% pozostaje uzasadniony z punktu widzenia fizjologii i ograniczania transmisji patogenów. Systemy parowe zapewniają najwyższy poziom bezpieczeństwa mikrobiologicznego, natomiast systemy adiabatyczne, ultradźwiękowe i ewaporacyjne wymagają wody o niskiej mineralizacji oraz ścisłej kontroli parametrów eksploatacyjnych.
2. Zmiękczenie wody bez redukcji TDS i SiO<sub>2</sub> należy uznać za rozwiązanie niewystarczające. W systemach wysokociśnieniowych i ultradźwiękowych jakość wody powinna odpowiadać wodzie demineralizowanej, o niskiej przewodności, ograniczonej zawartości SiO<sub>2</sub> oraz bardzo niskiej liczbie drobnoustrojów.
3. Ograniczenie stagnacji, utrzymanie odpowiednich prędkości przepływu oraz kontrola czasu przebywania wody w instalacji są kluczowe dla zapobiegania tworzeniu biofilmu. Przewymiarowanie przewodów, nad-

mierna objętość zbiorników buforowych oraz brak

4. Układy hybrydowe, łączące filtrację, demineralizację oraz dezynfekcję, stanowią racjonalne rozwiązanie dla obiektów o wysokim reżimie sanitarnym. Skuteczność takiego układu zależy jednak od ograniczenia objętości retencyjnych oraz wdrożenia monitoringu online parametrów operacyjnych.
5. System nawilżania w szpitalu powinien być klasyfikowany jako instalacja krytyczna, wymagająca analizy ryzyka, jednoznacznego przypisania odpowiedzialności eksploatacyjnej oraz okresowej weryfikacji skuteczności technologicznej. Bez takiego podejścia istnieje ryzyko, że instalacja spełniająca wymagania wilgotnościowe stanie się źródłem wtórnego zanieczyszczenia biologicznego.

Podsumowując, bezpieczeństwo technologiczne systemów nawilżania wynika z równowagi pomiędzy trzema obszarami: jakością wody, parametrami hydraulicznymi instalacji oraz kontrolą parametrów powietrza. Tylko podejście zintegrowane, oparte na wiedzy procesowej i nadzorze eksploatacyjnym, pozwala traktować nawilżanie jako element wspierający bezpieczeństwo sanitarno-epidemiologiczne obiektów ochrony zdrowia.

## Bibliografia

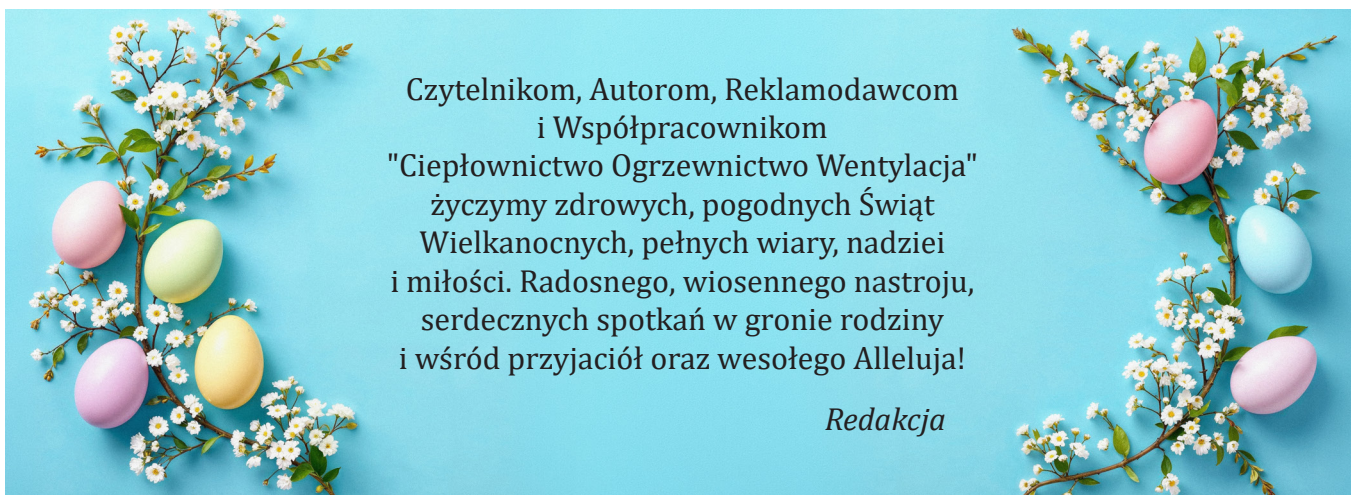
- ASHRAE (2023) *ASHRAE handbook. HVAC Applications* (SI edition). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
- Aganovic, A., Bi, Y., Cao, G., Kurnitski, J., & Wargocki, P. (2022). Modeling the impact of indoor relative humidity on the infection risk of five respiratory airborne viruses. *Scientific Reports*, 12(1), 11481. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15703-8>
- ASHRAE (2020) *ASHRAE Positions on Infectious Aerosols*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Balthazar, P., & Ismail, M. A. (2018). *Ultrasonic Humidifier Applications in HVAC system. Evolutions in Mechanical Engineering*.
- Bayvel, L. P., & Orzechowski, Z. (1993). *Liquid atomization*. Taylor & Francis.
- Blachere, F. M., Lindsley, W. G., Pearce, T. A., Anderson, S. E., Fisher, M., Khakoo, R., Meade, B. J., Lander, O., Davis, S., Thewlis, R. E., Celik, I., Chen, B. T., & Beezhold, D. H. (2009). Measurement of Airborne Influenza Virus in a Hospital Emergency Department. *Clinical Infectious Diseases*, 48(4), 438–440. <https://doi.org/10.1086/596478>
- Charkowska, A., Różycki, A., Lenarski, R., & Sobierajska, A. (2016). Projekt wytycznych projektowania, wykonania, odbiorów i eksploatacji systemów wentylacji i klimatyzacji obiektów służby zdrowia – cz. 2. *Rynek Instalacyjny*, 9, 52–57.
- Dietrich, A. M., Yao, W., & Gallagher, D. L. (2022). Exposure at the indoor water–air interface: Fill water constituents and the consequent air emissions from ultrasonic humidifiers: A systematic review. *Indoor Air*, 32(11). <https://doi.org/10.1111/ina.13129>
- Dietrich, A. M., Yao, W., Gohlke, J. M., & Gallagher, D. L. (2023). Environmental risks from consumer products: Acceptable drinking water quality can produce unacceptable indoor air quality with ultra-

- sonic humidifier use. *Science of The Total Environment*, 856, 158787. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158787>
- Guarnieri, G., Olivieri, B., Senna, G., & Vianello, A. (2023). Relative Humidity and Its Impact on the Immune System and Infections. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(11), 9456. <https://doi.org/10.3390/ijms24119456>
- Lefebvre, A. H., & McDonell, V. G. (2017). Atomization and Sprays (2. wyd.). *CRC Press*. <https://doi.org/10.1201/9781315120911>
- Marr, L. C., Tang, J. W., Van Mullekom, J., & Lakdawala, S. S. (2019). Mechanistic insights into the effect of humidity on airborne influenza virus survival, transmission and incidence. *Journal of The Royal Society Interface*, 16(150), 20180298. <https://doi.org/10.1098/rsif.2018.0298>
- Minister Zdrowia. (2022). Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 26 marca 2019 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać pomieszczenia i urządzenia podmiotu wykonującego działalność leczniczą. <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20190000595>
- Noti, J. D., Blachere, F. M., McMillen, C. M., Lindsley, W. G., Kashon, M. L., Slaughter, D. R., & Beezhold, D. H. (2013). High Humidity Leads to Loss of Infectious Influenza Virus from Simulated Coughs. *PLoS ONE*, 8(2), e57485. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057485>
- Pantelic, J., Sze-To, G. N., Tham, K. W., Chao, C. Y. H., & Khoo, Y. C. M. (2009). Personalized ventilation as a control measure for airborne transmissible disease spread. *Journal of The Royal Society Interface*, 6(suppl\_6). <https://doi.org/10.1098/rsif.2009.0311.focus>
- Polski Komitet Normalizacyjny (2019) PN-EN 16798-1 *Charakterystyka energetyczna budynków*.
- Polski Komitet Normalizacyjny (2016) PN-EN ISO 14644 *Pomieszczenia czyste i powiązane środowiska kontrolowane*.
- Sehulster, L., Chinn, R. Y. W., CDC, & HICPAC. (2003). Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). *MMWR. Recommendations and Reports: Morbidity and Mortality Weekly Report. Recommendations and Reports*, 52(RR-10), 1–42.
- VDI (2008) DIN 1946-4 Wentylacja i klimatyzacja w budynkach ochrony zdrowia.
- VDI (2016) VDI 6022 *Wentylacja i klimatyzacja, technika budynków i urządzeń – Wymagania higieniczne dla urządzeń i instalacji klimatyzacyjnych*.
- World Health Organization (2010). Who guidelines for indoor air quality: Selected pollutants. WHO.
- Yao, W., Dal Porto, R., Gallagher, D. L., & Dietrich, A. M. (2020). Human exposure to particles at the air-water interface: Influence of water quality on indoor air quality from use of ultrasonic humidifiers. *Environment International*, 143, 105902. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105902>
- Yao, Y. (2016). Research and applications of ultrasound in HVAC field: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 52–68. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.222>
- Yıldırım, C., & Solmuş, İ. (2014). A parametric study on a humidification–dehumidification (HDH) desalination unit powered by solar air and water heaters. *Energy Conversion and Management*, 86, 568–575. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.06.016>

Publikacja dofinansowana ze środków budżetu państwa w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki/Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Nauka dla Społeczeństwa II” nr projektu NdS-II/SN/0008/2024/01, kwota dofinansowania 775 500,00 zł, całkowita wartość projektu 775 500,00 zł.

Zastrzeżenie: Oświadczenia, opinie i dane przedstawione w publikacjach są wyłączną odpowiedzialnością ich autorów i nie odzwierciedlają stanowiska redakcji *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek szkody dotyczące osób lub mienia wynikające z idei, metod, zaleceń lub produktów omawianych w treści publikacji. *Artykuł udostępniony na licencji Creative Commons CC BY 4.0*.

Disclaimer: The statements, opinions, and data presented in the publications are the sole responsibility of their authors and do not necessarily reflect the views of the editorial board of *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. The editorial board assumes no responsibility or liability for any injury to persons or damage to property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content of the publications. *The article is distributed under the Creative Commons CC BY 4.0 license*.



Czytelnikom, Autorom, Reklamodawcom  
i Współpracownikom  
"Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja"  
życzymy zdrowych, pogodnych Świąt  
Wielkanocnych, pełnych wiary, nadziei  
i miłości. Radosnego, wiosennego nastroju,  
serdecznych spotkań w gronie rodziny  
i wśród przyjaciół oraz wesołego Alleluja!

Redakcja



## Uwarunkowania projektowania instalacji HVAC w pracowniach diagnostyki obrazowej i medycyny nuklearnej

Design conditions for hvac systems in diagnostic imaging and nuclear medicine facilities



Dr inż. Sylwia Szczęśniak

ORCID ID: [0000-0003-4358-0263](https://orcid.org/0000-0003-4358-0263)

Wydział Inżynierii Środowiska  
Politechnika Wrocławska  
PZITS O. Dolnośląski  
[sylwia.szczesniak@pwr.edu.pl](mailto:sylwia.szczesniak@pwr.edu.pl)

**Słowa kluczowe:** wentylacja i klimatyzacja, diagnostyka obrazowa, medycyna nuklearna, wyrzut helu, pomieszczenia MRI  
**Streszczenie**

Celem artykułu jest analiza złożonych uwarunkowań projektowania instalacji HVAC w pracowniach diagnostyki obrazowej i medycyny nuklearnej. Artykuł przedstawia analizę aktualnego stanu prawnego i technicznego w Polsce, w tym przepisów Prawa atomowego oraz rozporządzeń Ministra Zdrowia. Ze względu na brak szczegółowych krajowych wytycznych technicznych dla systemów ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji (HVAC) w tych obszarach, przeprowadzono analizę porównawczą międzynarodowych standardów: niemieckiego (DIN 1946-4), amerykańskiego (ASHRAE 170), szwajcarskiego (SWKI VA105-01) oraz francuskiego (NF S90-351), a także polskich wytycznych branżowych. Analiza wykazała, że polskie regulacje definiują bezpieczeństwo radiologiczne, ale nie określają konkretnych parametrów technicznych dla HVAC, takich jak krotność wymian powietrza czy klasy filtracji. Wskazano, że pomieszczenie diagnostyczne jest integralnym elementem technologicznym aparatury, a systemy HVAC są kluczowe dla jej niezawodności. Projektowanie tych przestrzeni wymaga zintegrowanego podejścia łączącego wiedzę inżynierską z fizyką procesów medycznych oraz wymaganiami ustawowymi. Ze względu na luki w krajowych przepisach, niezbędne jest opieranie się na standardach międzynarodowych i wytycznych producentów sprzętu.

**Keywords:** HVAC, diagnostic imaging facilities, nuclear medicine, quench, MRI examination rooms

### Abstract

The aim of this paper is to analyse the complex determinants involved in the design of HVAC systems for diagnostic imaging and nuclear medicine facilities. The paper presents an assessment of the current legal and technical framework in Poland, including the provisions of the Atomic Law and the relevant regulations of the Minister of Health. Due to the absence of detailed national technical guidelines for heating, ventilation and air-conditioning (HVAC) systems in these areas, a comparative analysis of international standards was undertaken, including the German standard (DIN 1946-4), the American standard (ASHRAE 170), the Swiss guideline (SWKI VA105-01), and the French standard (NF S90-351), as well as relevant Polish industry guidelines. The analysis demonstrated that Polish regulations define radiological safety requirements but do not specify explicit technical HVAC parameters, such as air change rates or filtration classes. It is emphasised that the diagnostic room constitutes an integral technological component of the medical equipment, and that HVAC systems are critical to its operational reliability. The design of such spaces requires an integrated approach combining engineering expertise with an understanding of medical process physics and statutory requirements. Considering the gaps in national regulations, reliance on international standards and equipment manufacturers' guidelines is essential.

## Wstęp

Dążąc do poznania tego, co niewidoczne, człowiek nauczył się „zaglądać pod skórę” nie używając skalpela. Wszystko zaczęło się 8 listopada 1895 r., kiedy Wilhelm Conrad Röntgen odkrył promieniowanie X, wykonując pierwsze zdjęcie dłoni swojej żony. W 1901 r. otrzymał za to pierwszą Nagrodę Nobla z fizyki. Rok później Henri Becquerel odkrył promieniotwórczość uranu, a Maria Skłodowska-Curie wraz z Piotrem Curie rozwinęła badania nad tym zjawiskiem (Nobel 1903), a następnie odkryła polon i rad (Nobel 1911). Jej prace stworzyły podstawy

terapii izotopowych i obrazowania z użyciem radioizotopów. Podczas I Wojny Światowej mobilne jednostki do badań radiologicznych (*Röntgen* RTG) tzw.: małe Curie umożliwiały szybkie wykorzystanie diagnostyki w praktyce klinicznej. Przez dekady RTG dawało obraz płaski. Przełom nastąpił w 1972 r. wraz z tomografią komputerową Hounsfielda i Cormacka (Nobel 1979), która umożliwiła rekonstrukcję przekrojów warstwowych. W latach 80. zeszłego wieku do praktyki klinicznej wszedł rezonans magnetyczny (Lauterbur, Mansfield – Nobel 2003), pozwalający na obrazowanie bez promieniowania jonizującego, ale z wysokim kontrastem tkanek miękkich. Było to możli-

we dzięki analizie sygnału protonów wodoru w silnym polu magnetycznym. Obecnie standardem staje się obrazowanie hybrydowe, np. Pozytonowa Tomografia Emisyjna (*Positron Emission Tomography* PET) / Tomografia Komputerowa (*Computed Tomography* CT), łączące dane anatomiczne CT z informacją funkcjonalną PET. Radioznaczniki (najczęściej  $^{18}\text{F}$ -FDG) umożliwiają ocenę metabolizmu tkanek i wczesne wykrycie zmian nowotworowych. Rozwój diagnostyki obrazowej to równocześnie ewolucja wymagań architektonicznych i instalacyjnych. RTG i CT podporządkowały projektowanie zasadom ochrony przed promieniowaniem jonizującym, ale niemałe znaczenie ma tutaj także kwestia asymilacji ogromnych zysków ciepła wytwarzanych w czasie pracy urządzeń czy konieczność wykorzystaniem ciekłego helu do chłodzenia nadprzewodzącego magnesu wykorzystywanego w rezonansie magnetycznym (*Magnetic Resonance Imaging* MRI). Medycyna nuklearna wymusiła kontrolę emisji radiofarmaceu-

tyków i ewentualnych skażeń powstających w wyniku ich działania. Wprowadzenie MRI wymusiło rygor elektromagnetyczny w tym strefowanie pola magnetycznego. Systemy hybrydowe, takie jak PET/CT, kumulują te wymagania, czyniąc przestrzeń diagnostyczną jedną z najbardziej złożonych środowisk technicznych w szpitalu. Syntezę podstawowych wymagań architektoniczno-instalacyjnych dla poszczególnych technologii przedstawia Tabela 1.

Analiza rozwoju diagnostyki obrazowej prowadzi do jednoznacznego wniosku: pomieszczenie medyczne nie jest tłem dla aparatury, lecz jej integralnym elementem technologicznym. Każda metoda obrazowania generuje własne wymagania środowiskowe, które bezpośrednio determinują rozwiązania instalacyjne. W tym kontekście systemy ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji (z ang. Heating, Ventilation, Air Conditioning, w skr. HVAC) stają się kluczowym narzędziem zapewnianym bezpieczeństwo, stabilność pracy urządzeń oraz wysoką jakość dia-

**Tabela 1.** Synteza podstawowych wymagań architektonicznych i instalacyjnych. Źródło: opracowanie własne  
**Table 1.** Synthesis of Fundamental Architectural and Building Services Requirements. Source: authors' own study

Technologia	Dominujące zjawisko fizyczne	Główne ryzyko	Kluczowe rozwiązania architektoniczno-instalacyjne
RTG / CT	Promieniowanie jonizujące (X)	Ekspozycja personelu i osób postronnych	Osłony ołowiane, beton barytowy, drzwi i szkło ołowiowe
Medycyna nuklearna (PET, terapia izotopowa)	Emisja z radiofarmaceutyków	Skażenie i promieniowanie wtórne	Śluzy, wentylacja kontrolowana, powierzchnie dekontaminowalne, zbiorniki retencyjne
MRI	Silne pole magnetyczne i fale RF	Zakłócenia elektromagnetyczne, efekt pocisku	Klatka Faradaya, kontrola stref bezpieczeństwa, organizacja dostępu
PET/CT	Połączenie emisji izotopowej i promieniowania X	Skumulowane ryzyka radiologiczne	Integracja osłon stałych z rygiem medycyny nuklearnej

**Tabela 2.** Wykaz rodzaju oraz liczby zarejestrowanych urządzeń (stan na rok 2024). Źródło: opracowanie własne na podstawie (Ministerstwo Zdrowia, 2026)

**Table 2.** List of the Type and Number of Registered Devices (as of 2024). Source: authors' own study based on (Ministerstwo Zdrowia, 2026)

Nazwa	Liczba sztuk	Opis
Technologie wykorzystujące promieniowanie rentgenowskie (X)		
RTG	7594	Podstawowa technika obrazowania wykorzystująca przenikliwość promieni X do wizualizacji struktury kostnej i klatki piersiowej
Tomograf Komputerowy	996	Urządzenie wykonujące serię zdjęć RTG pod różnymi kątami, co pozwala na cyfrową rekonstrukcję przekrojów 3D narządów wewnętrznych.
Mammograf	572	Specjalistyczny aparat rentgenowski o niskiej dawce promieniowania, zoptymalizowany pod kątem badania tkanek miękkich piersi
Agiograf	470	System do wizualizacji naczyń krwionośnych przy użyciu kontrastu, kluczowy w kardiologii inwazyjnej i radiologii zabiegowej
Medycyna nuklearna i radioterapia (Izotopy i akceleratorzy)		
Akcelerator linowy	164	Urządzenie generujące wiązki wysokoenergetycznego promieniowania do precyzyjnego niszczenia komórek nowotworowych (teleradioterapia)
Brachyterapia	59	Metoda leczenia polegająca na umieszczeniu źródła promieniotwórczego bezpośrednio wewnątrz guza lub w jego bliskim sąsiedztwie
PET/CT	40	Pozytonowa Tomografia Emisyjna; wykorzystuje radioaktywny znacznik do obrazowania procesów metabolicznych, głównie w celu wykrywania zmian nowotworowych
Gammakamera	152	Urządzenie rejestrujące promieniowanie gamma emitowane przez izotopy podane pacjentowi, służące do oceny funkcji narządów (scyntygrafia/SPECT)
Technologie niejonizujące (Pole magnetyczne i ultradźwięki)		
USG	16792	Diagnostyka wykorzystująca fale ultradźwiękowe odbijające się od tkanek; najpowszechniejsza metoda obrazowania w czasie rzeczywistym
Rezonans magnetyczny	640	Obrazowanie oparte na oddziaływaniu silnego pola magnetycznego na jądra wodoru; idealne do badania tkanek miękkich bez użycia promieniowania X

gnostyczną. Projektowanie pomieszczeń medycyny i diagnostyki obrazowej powinno koncentrować się na trzech filarach: bezpieczeństwie ludzi, kontroli emisji i zgodności środowiskowej systemów oraz niezawodności aparatury. Oznacza to precyzyjne kształtowanie kierunku przepływu powietrza i gradientów ciśnień w strefach ryzyka skażeń, skuteczną filtrację i kontrolowany wyrzut powietrza poza obrys budynku, a także utrzymanie stabilnych parametrów temperaturowo-wilgotnościowych warunkujących prawidłową pracę urządzeń i jakość diagnostyczną obrazu.

Współczesna diagnostyka wymaga zatem nie tylko poprawnych obliczeń instalacyjnych, lecz także głębokiego zrozumienia fizyki procesu medycznego. Wiedza ta powinna być wspólna dla projektantów, wykonawców oraz personelu eksploatującego obiekt. Tylko świadome, zintegrowane podejście gwarantuje bezpieczeństwo pacjenta, ochronę personelu i środowiska oraz pełne wykorzystanie potencjału zaawansowanych technologii obrazowania.

Projektowanie tych przestrzeni odbywa się w oparciu o wytyczne normowe – o ile istnieją, standardy branżowe oraz dokumenty projektowe opracowywane przez organizacje techniczne i instytucje ochrony zdrowia. Standardy te powinny obejmować zarówno układ funkcjonalny pra-

cowni, jak i wymagania dotyczące ochrony radiologicznej a także konkretne i klarowne wytyczne dla systemów HVAC (szczególnie w odniesieniu do bezpieczeństwa personelu i pacjenta, ale także do powietrza otaczającego) oraz dla zarządzania zyskami ciepła.

## Stan techniczny i prawny w Polsce

Współczesne zaplecze aparaturowe polskiej medycyny nuklearnej i diagnostyki obrazowej to rozbudowany zbiór urządzeń diagnostycznych i terapeutycznych, działających w oparciu o różne zjawiska fizyczne – od promieniowania jonizującego, przez zjawiska elektromagnetyczne, po procesy związane z radioizotopami. Z danych rejestru Map Potrzeb Zdrowotnych (BASiW) (Ministerstwo Zdrowia, 2026) wynika, że obecnie w Polsce funkcjonuje ponad 28 tysięcy specjalistycznych urządzeń tego typu. Aktualny wykaz rodzajów oraz liczby zarejestrowanych urządzeń diagnostyki obrazowej i medycyny nuklearnej (stan na 2024 r.) przedstawiono w Tabeli 2.

Prognozy i analizy rozwoju bazy sprzętowej w Polsce do 2030 roku wskazują na wyraźną zmianę paradygmatu: od ilościowej rozbudowy w stronę jakościowej konsolidacji i hybrydyzacji (Ministerstwo Zdrowia, 2020). Najbardziejziej

**Tabela 3.** Wykaz aktów prawnych dotyczących diagnostyki obrazowej i medycyny nuklearnej. Źródło: opracowanie własne  
**Table 3.** List of Legal Acts Concerning Diagnostic Imaging and Nuclear Medicine. Source: authors' own study

Nazwa aktu	Nr Dz.U.	Zakres
USTAWA z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe	Dz.U. 2001 nr 3 poz. 18 (tekst jednolity: Dz.U. 2024 poz. 1277)	Podstawowy akt ochrony radiologicznej i bezpieczeństwa jądowego; określa zasady legalnego stosowania promieniowania jonizującego w medycynie i obowiązki kierownika jednostki ochrony zdrowia (Sejm RP, 2024)
Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie nadzoru i kontroli przestrzegania warunków ochrony radiologicznej	Dz.U. 2007 nr 1 poz. 11	Reguluje kontrolę spełniania przepisów ochrony radiologicznej przez placówki (Rada Ministrów, 2007)
Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie minimalnych wymagań dla jednostek ochrony zdrowia prowadzących działalność związaną z diagnostyką obrazową, radiologią i medycyną nuklearną	Dz.U. 2021 poz. 1725	Określa minimalne wymagania lokalowe, organizacyjne i techniczne dla pracowni radiologicznych, CT, PET itp. (Ministerstwo Zdrowia, 2021)
Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie nadawania uprawnień inspektora ochrony radiologicznej	Dz.U. 2021 poz. 1908	Regulacja nadzoru ochrony radiologicznej w jednostkach ochrony zdrowia (Rada Ministrów, 2021)
Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie informacji zawartych w Krajowej Bazie Urządzeń Radiologicznych	Dz.U. 2021 poz. 1959	Obowiązek rejestracji urządzeń radiologicznych i informacji o ich eksploatacji (Rada Ministrów, 2021)
Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie terenów kontrolowanych i nadzorowanych	Dz.U. 2022 poz. 722	Wymagania dotyczące terenów, na których prowadzona jest działalność z promieniowaniem jonizującym (Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2022)
Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie szkoleń w dziedzinie ochrony radiologicznej pacjenta	Dz.U. 2022 poz. 851	Określa formy i zakres szkoleń personelu w ochronie radiologicznej (Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2022)
Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie diagnostycznych poziomów referencyjnych	Dz.U. 2022 poz. 2626	Normy referencyjne dla dawek i parametrów badań obrazowych (Ministerstwo Zdrowia, 2022)
Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie testów eksploatacyjnych urządzeń radiologicznych i urządzeń pomocniczych	Dz.U. 2022 poz. 2759	Wymogi testów odbiorczych i walidacyjnych sprzętu radiologicznego (Ministerstwo Zdrowia, 2022)
Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej	Dz.U. 2023 poz. 195	Szczegółowe warunki stosowania promieniowania w diagnostyce i terapii medycznej, ochrona pacjenta i personelu (Ministerstwo Zdrowia, 2023)
Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie szczególnej ochrony niektórych kategorii osób w związku z ekspozycją medyczną	Dz.U. 2023 poz. 576	Dodatkowe zasady ochrony osób szczególnie wrażliwych (np. kobiety w ciąży) przy ekspozycji medycznej (Ministerstwo Zdrowia, 2023)
Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie formy i szczegółowego zakresu wzorcowych medycznych procedur radiologicznych	Dz.U. 2024 poz. 267	Szczegółowe procedury radiologiczne dla standardowych ekspozycji medycznych (Ministerstwo Zdrowia, 2024)

dynamiczny trend rozwojowy obserwowany jest w obszarze PET/CT, co wynika z priorytetów Krajowej Sieci Onkologicznej (Ministerstwo Zdrowia, 2020), rosnącego zapotrzebowania na diagnostykę metaboliczną oraz konieczności niwelowania „białych plam” w dostępności tej technologii. Podobna dynamika dotyczy medycyny nuklearnej, gdzie systemy hybrydowe łączące pojedynczą fotonową tomografię emisyjną (Single Photon Emission Computed Tomography SPECT) z tomografią komputerową (SPECT/CT) stopniowo zastępują klasyczne gammakamery, poprawiając jakość obrazu i możliwości diagnostyczne. Równoległy rozwój sieci kardiologicznej zwiększa zapotrzebowanie na angiografię, co przekłada się na rosnące inwestycje w zaawansowane sale hybrydowe łączące rygor sali operacyjnej z wymaganiami ochrony radiologicznej (Ministerstwo Zdrowia, 2026).

Projektowanie pomieszczeń medycyny i diagnostyki obrazowej powinno zatem opierać się na trzech filarach: bezpieczeństwie ludzi, kontroli emisji i zgodności środowiskowej systemów oraz niezawodności aparatury. W praktyce oznacza to: (1) precyzyjne kształtowanie kierunku przepływu powietrza; (2) utrzymanie odpowiedniego gradientu ciśnień w strefach ryzyka skażeń; (3) konieczność zapewnienia skutecznej filtracji; (4) kontrolowany wyrzut powietrza poza obrys budynku; (5) utrzymanie stabilnych parametrów temperaturowo-wilgotnościowych warunkujących prawidłową pracę urządzeń i jakość diagnostyczną obrazu oraz bezpieczeństwo i komfort pacjenta i personelu.

W Polsce istnieją formalne wytyczne i przepisy dotyczące projektowania oraz eksploatacji pomieszczeń medycyny i diagnostyki obrazowej, szczególnie w kontekście ochrony radiologicznej i bezpieczeństwa ich użytkowników. Jak jednak zostanie wykazane, nie dają one konstruktywnych i jasnych wytycznych szczególnie w odniesieniu do systemów HVAC. W Tabeli 3 przedstawiono skondensowaną listę najważniejszych aktów prawnych i norm obo-

wiązujących w Polsce w kontekście projektowania i eksploatacji pomieszczeń medycyny nuklearnej i diagnostyki obrazowej (w szczególności z uwzględnieniem ochrony radiologicznej oraz wymagań organizacyjno-technicznych). Natomiast w Tabeli 4 zestawiono zakres regulacji, wymagania projektowe oraz eksploatacyjne w odniesieniu do systemów HVAC wynikające z obowiązujących w Polsce aktów prawnych.

Zestawienie w Tabeli 4 pokazuje, że regulacje prawne nie odnoszą się wyłącznie do samego promieniowania, lecz pośrednio definiują ogólne wymagania środowiskowe pomieszczeń. Dla projektanta HVAC oznacza to konieczność: kształtowania kontrolowanych kierunków przepływu powietrza, projektowania stref o zróżnicowanych ciśnieniach, stosowania wysokoskutecznej filtracji (w tym HEPA w określonych zastosowaniach), zapewnienia stabilnych parametrów mikroklimatu i ciągłości chłodzenia aparatury, integracji systemów wentylacyjnych z funkcjonalnym podziałem stref kontrolowanych. Dla użytkownika i personelu technicznego oznacza to z kolei obowiązek ciągłego monitorowania parametrów pracy instalacji, ponieważ zgodność prawna i bezpieczeństwo radiologiczne są wprost powiązane z prawidłowym działaniem systemów HVAC.

Nie ma jednak w Polsce norm czy aktów prawnych, które wprost i kompleksowo regulowałyby konkretne wytyczne i wymagania dla systemów HVAC obsługujących pracownie diagnostyki obrazowej i medycyny nuklearnej. W obowiązujących w Polsce aktach prawnych dotyczących diagnostyki obrazowej – takich jak Ustawa – Prawo atomowe (Sejm RP, 2024) oraz rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego i minimalnych wymagań dla jednostek ochrony zdrowia (Ministerstwo Zdrowia, 2023) – nie znajdziemy bezpośrednio konkretnych wytycznych i parametrów wymaganych dla systemów HVAC. Regulacje te definiują obowiązek zapewnienia bezpieczeństwa ra-

**Tabela 4.** Zakres regulacji, wymagania projektowe oraz eksploatacyjne w odniesieniu do systemów HVAC wynikające z obowiązujących aktów prawnych. Źródło: opracowanie własne

**Table 4.** Scope of Regulations, Design Requirements, and Operational Requirements for HVAC Systems Arising from Applicable Legal Acts. Source: authors' own study

Akt prawny / regulacja	Zakres regulacji	Konsekwencje dla projektowania HVAC	Konsekwencje dla eksploatacji
Dz.U. 2021 poz. 1725 (Ministerstwo Zdrowia, 2021)	Wymogi lokalowe i techniczne dla pracowni RTG, CT, PET, medycyny nuklearnej	Dobór systemów nawiewno-wywiewnych adekwatnych do funkcji pomieszczenia (podciśnienie, separacja stref)	Utrzymanie parametrów zgodnych z przeznaczeniem pomieszczenia
Dz.U. 2022 poz. 722 (Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2022)	Definicja i organizacja stref zagrożenia radiologicznego	Projektowanie stref wentylacyjnych z kontrolą przepływów między obszarami	Monitoring różnic ciśnień i szczelności stref
Dz.U. 2022 poz. 2759 (Ministerstwo Zdrowia, 2022)	Zapewnienie jakości diagnostycznej aparatury	Zaprojektowanie stabilnych warunków temperaturowo-wilgotnościowych i systemów chłodzenia	Utrzymanie stałości parametrów środowiskowych wpływających na jakość obrazu
Dz.U. 2023 poz. 195 (Ministerstwo Zdrowia, 2023)	Ochrona pacjenta i personelu	Projektowanie kontrolowanych kierunków przepływu powietrza, utrzymanie wymaganych gradientów ciśnień	Okresowa weryfikacja skuteczności wentylacji i filtracji
Dz.U. 2024 poz. 267 (Ministerstwo Zdrowia, 2024)	Standardy wykonywania badań	Uwzględnienie w projekcie wymagań aseptycznych w procedurach zabiegowych (np. przepływ laminarny)	Kontrola czystości powietrza i skuteczności filtrów
Dz.U. 2024 poz. 1277 (Sejm RP, 2024)	System ochrony radiologicznej, odpowiedzialność kierownika jednostki	Konieczność projektowania systemów ograniczających rozprzestrzenianie skażeń i emisji promieniotwórczych	Stały nadzór nad parametrami wentylacji w strefach kontrolowanych

diologicznego, kontroli skażeń, organizacji stref kontrolowanych i nadzorowanych oraz odpowiedzialności kierownika jednostki, jednak nie określają konkretnych parametrów technicznych, takich jak krotność wymian powietrza, klasy skuteczności filtracji czy wymaganych poziomów nad lub podciśnienia. W praktyce oznacza to konieczność przełożenia wymagań funkcjonalnych i organizacyjnych na rozwiązania projektowe w oparciu o normy techniczne i standardy środowiskowe. W procesie projektowania stosuje się m.in. PN-EN 16798 (Polski Komitet Normalizacyjny, 2019), określającą parametry środowiska wewnętrznego (temperaturę, wilgotność, jakość powietrza), oraz PN-EN ISO 14644 (Polski Komitet Normalizacyjny, 2016)

w odniesieniu do pomieszczeń o określonym rygorze czystości, gdzie wymagane jest kontrolowanie klasy czystości powietrza. Kluczowe znaczenie mają również wytyczne producentów urządzeń (MRI, CT, PET), które często jako jedyne precyzyjnie definiują dopuszczalne zakresy temperatury, wilgotności względnej powietrza otaczającego oraz wymagania chłodnicze i rezerwy mocy. Uzupełnieniem mogą być wytyczne branżowe i dobre praktyki – w tym zalecenia Głównego Inspektoratu Sanitarnego (GIS) i Państwowej Agencji Atomistyki (PAA) dotyczące medycyny nuklearnej, rekomendacje towarzystw naukowych o ile istnieją oraz dokumentacja technologiczna aparatury, często najbardziej restrykcyjna. Najbliżej bezpo-

**Tabela 5.** Wymagania techniczne dla systemów HVAC dla pomieszczeń diagnostyki obrazowej przyjmowanych jako pomieszczenia standardu medycznego. Źródło: opracowanie własne na podstawie (Charkowska, Różycki, Sobierajska i Lenarski, 2018; DIN, 2018; ASHRAE, 2021; SWKI VA105-01, 2015; AFNOR, 2013)

**Table 5.** Technical requirements for HVAC systems in imaging diagnostic rooms classified as medical-standard facilities. Source: authors' own study based on (Charkowska, Różycki, Sobierajska i Lenarski, 2018; DIN, 2018; ASHRAE, 2021; SWKI VA105-01, 2015; AFNOR, 2013)

Nazwa pomieszczenia	Wytyczne PL (2018)	DIN 1946-4 (2018)	ASHRAE 170 (2021)	SWKI VA105-01 (2015)	NF S90-351 (2013)
Radiologia (RTG, Mammografia)	T: 19–23°C, RH: 30–65%, ACH: min. 4 (zewn.) P: neutralne	T: 22–26°C, RH: 30–65%, ACH: min. 40 m <sup>3</sup> /h/os, P: neutralne.	T: 22–26°C, RH: max. 60%, ACH: min. 6 (całk.), P: neutralne	T: 22–28°C, RH: 30–50%, ACH: wg zysków ciepła, P: neutralne	T: 19–26°C, RH: nd ACH: min. 10 (całk.), P: 15 ± 5 Pa.
Tomografia komputerowa (CT)	T: 19–23°C, RH: nd ACH: min. 4 (zewn.) Wymagane odprowadzenie wysokich zysków ciepła.	T: 22–26°C, RH: nd ACH: min. 40 m <sup>3</sup> /h/os Klasa II	T: 22–26°C, RH: max. 60%, ACH: min. 6 Kluczowe chłodzenie aparatury.	T: 22–28°C, RH: nd ACH: indyw. wg technologii (wysokie obciążenie cieplne).	T: 19–26°C, RH: nd ACH: min. 10. Risk 2
Rezonans magnetyczny (MRI)	T: 19–23°C. RH: nd Wymagana rura wyrzutowa helu i awaryjne chłodzenie	T: 22–26°C. RH: nd Wymagane spełnienie zaleceń producenta magnezu	T: 22–26°C, RH: max. 60%, ACH: min. 6. Chłodzenie magnezu jest priorytetem	T: 20–28°C. RH: nd Konieczna ścisła kontrola temperatury dla pracy magnezu	T: 19–26°C. RH: nd Wymagania komfortu i ochrony Risk 2
Sonografia (USG)	T: 19–23°C, RH: nd ACH: min. 4 (zewn.). Standard gabinetu	T: 22–26°C. RH: nd ACH: nd Standardowa wentylacja komfortu Klasa II	T: 22–26°C, RH: nd ACH: min. 6 (całk.). Class 1	T: 20–26°C, RH: nd ACH: 1–2 (zewn.). LK 2d.	T: 19–26°C, RH: nd ACH: min. 10. Risk 2
Diagnostyka fizjologiczna (EKG, EEG)	T: 19–23°C, RH: nd ACH: min. 4 (zewn.). Priorytet: brak przeciągów	T: 22–26°C, RH: nd ACH: min. 40 m <sup>3</sup> /h/os Klasa II	T: 22–26°C, RH: nd ACH: min. 6. Class 1	T: 22–26°C, RH: nd ACH: 2–3. LK 2d	T: 19–26°C, RH: nd ACH: min. 10. Risk 2
Medycyna nuklearna (nieinwazyjna)	T: 19–23°C RH: nd ACH: nd Zalecane lekkie podciśnienie ze względów bezpieczeństwa.	T: 22–26°C RH: nd ACH: nd Wymagania ochrony radiologicznej (filtry).	T: 21–24°C RH: nd ACH: min. 6 Wymagane podciśnienie i wyrzut 100%.	T: 20–28°C. RH: nd ACH: nd Wymagane podciśnienie (--) i filtracja wylotowa	T: 19–26°C RH: nd ACH: nd Radiofarmacja wymaga Risk 2 i kaskady ciśnień.
Gabinety lekarskie / Konsultacyjne	T: min. 20°C RH: nd ACH: min. 2 (zewn.). Wentylacja komfortu.	T: 22–26°C RH: nd ACH: nd Dopuszczalna wentylacja okienna.	T: 21–24°C RH: nd ACH: min. 4 (całk.). Najniższy rygor Class 1.	T: 20–26°C RH: nd ACH: nd Często wystarcza wentylacja grawitacyjna/okienna	T: 19–26°C RH: nd ACH: nd Risk 1 (nie objęty normą) lub Risk 2.
Endoskopia (nieinwazyjna)	T: 19–23°C RH: nd ACH: min. 5 (zewn.). Wymagana filtracja E11	T: 22–26°C RH: nd ACH: nd Wymagany wywiew dla usuwania zapachów i oparów.	T: 20–23°C RH: 20–60%, ACH: min. 6 Wymagane podciśnienie	T: 20–26°C RH: nd ACH: min. 6. Często LK 2b przy ryzyku aerozoli.	T: 19–26°C RH: nd ACH: nd Risk 1 lub 2 zależnie od inwazyjności

średnich oczekiwań wobec HVAC znajduje się medycyna nuklearna. To tutaj pojawiają się konkretne wymagania funkcjonalne, takie jak konieczność utrzymania podciśnienia w gorących laboratoriach „hot lab”, separacja stref czystych i skażonych, kontrola kierunku przepływu powietrza czy filtracja powietrza wywiewanego. Nadal jednak są to wymagania opisowe i funkcjonalne – rozporządzenia nie wskazują wprost konkretnych wartości technicznych. System regulacyjny w Polsce działa więc w sposób pośredni: prawo definiuje bezpieczeństwo i odpowiedzialność, normy określają parametry techniczne, producent aparatury wskazuje warunki środowiskowe, a projektant HVAC integruje te wymagania w spójne rozwiązanie instalacyjne. Projektowanie systemów wentylacyjnych w diagnostyce obrazowej wymaga zatem jednoczesnej znajomości przepisów radiologicznych, norm środowiskowych, specyfiki technologii medycznej oraz ścisłej współpracy z fizykiem medycznym i z zespołami technologicznym i bezpieczeństwa. Z uwagi na brak krajowych norm i aktów praw-

nych precyzujących wymagania w praktyce projektowej uzupełnieniem przepisów są Wytyczne PL (Charkowska, Różycki, Sobierajska i Lenarski, 2018), które uzyskały rekomendację Ministerstwa Zdrowia do stosowania jako materiał pomocniczy przy projektowaniu i modernizacji infrastruktury podmiotów leczniczych.

## Wymagania dla branży HVAC

Z uwagi na brak jasnych i precyzyjnych wytycznych dotyczących wymagań dla pomieszczeń diagnostyki obrazowej i medycyny nuklearnej w kontekście obsługujących ich instalacji HVAC, w dalszej części artykułu przeanalizowane zostaną wytyczne zawarte w normach: niemieckiej DIN 1946-4 (Deutsches Institut für Normung, 2018), amerykańskiej ASHRAE 170 (ASHRAE, 2021), szwajcarskiej SWKI VA105-01 (SWKI VA105-01, 2015) oraz francuskiej NF S90-351 (Association Française de Normalisation, 2013) oraz w Wytycznych PL (Charkowska, Różycki, Sobierajska

**Tabela 6.** Porównanie wymagań dla instalacji HVAC dla pomieszczeń medycyny nuklearnej. Źródło: opracowanie własne na podstawie (Charkowska, Różycki, Sobierajska i Lenarski, 2018; DIN, 2018; ASHRAE, 2021; SWKI VA105-01, 2015; AFNOR, 2013)  
**Table 6.** Comparison of HVAC Requirements for Nuclear Medicine Rooms. Source: authors' own study based on (Charkowska, Różycki, Sobierajska i Lenarski, 2018; DIN, 2018; ASHRAE, 2021; SWKI VA105-01, 2015; AFNOR, 2013)

Nazwa pomieszczenia	Wytyczne PL (2018)	ASHRAE 170 (2021)	DIN 1946-4 (2018)	SWKI VA105-01 (2015)	NF S90-351 (2013)
Diagnostyka (PET, SPECT, Gamma Kamera)	T: 19–23°C RH: nd ACH: min. 4 (zewn.), P: neutralne (zalecane lekkie podciśnienie) Klasa S4	T: 22–26°C, RH: nd ACH: min. 6 (całk.), P: neutralne (NR). Dopuszczalna recyrkulacja Class 1 Imaging	T: 22–26°C RH: nd ACH: min. 40 m <sup>3</sup> /h/os, P: neutralne. Możliwe filtry pyłowe Klasa II	T: 22–26°C RH: 30–50% ACH: nd P: +/- (neutralne). Filtracja nawiewu min. F9. LK 2d	T: 19–26°C RH: nd ACH: min. 10 (całk.), P: 15 ± 5 Pa ISO 8. Risk 2
Laboratorium gorące (Hot Lab) / Radiofarmacja	T: 19–23°C, RH: nd ACH: nd P: ujemne. Wywiew przez węgiel aktywny i wyrzut 100%. Klasa S4/S2	T: 21–24°C RH: nd ACH: min. 6, P: ujemne, Recyrkulacja: NIE (wyrzut 100%) Nuclear Medicine Hot Lab	T: nd RH: nd ACH: nd P: ujemne. Oddzielny system wyciągowy, filtracja wyciągu przy przekroczeniu limitów. Klasa II	T: 20–28°C RH: nd ACH: min. 5 (wyciąg), P: ujemne (– –). Recyrkulacja: NIE. LK 2c	T: 19–26°C RH: nd ACH: min. 10, P: ujemne (ochrona otoczenia). Risk 2 (Radio farmacie)
Sale terapii izotopowej (pobyt pacjentów)	T: 19–23°C RH: nd ACH: min. 10, P: ujemne (min. –10 Pa) względem służby Klasa S2	T: nd RH: nd ACH: min. 6, P: ujemne, Recyrkulacja: NIE (wyrzut 100%) Nuclear Medicine Treatment	T: nd RH: nd ACH: nd P: ujemne. Filtracja wyciągu HEPA (H13) zależnie od aktywności Klasa II	T: 22–26°C RH: nd ACH: min. 10, P: ujemne (– –). Ścisła kontrola kaskady ciśnień LK 2c	T: 19–26°C RH: nd ACH: min. 10, P: ujemne (kaskada ciśnień względem służby) Risk 2
Skarbiec (Strong Room) / Magazyn odpadów	T: nd RH: nd ACH: nd P: ujemne. Osobny wyciąg pochodniowy, filtracja węglowa. Klasa S4	T: nd RH: nd ACH: min. 10, P: ujemne, Recyrkulacja: NIE (wyrzut 100%). Regulated waste holding	T: nd RH: nd ACH: nd Wyciąg przez oddzielny system kanałów; monitoring aktywności Isotope departments	T: 18°C, RH: nd ACH: nd P: ujemne (– –). Oddzielna wentylacja i filtry węglowe LK 2c	T: nd RH: nd ACH: nd Wymagania jak dla radiofarmacji w zakresie szczelności. Risk 2
Pomieszczenia dekontaminacji	T: nd RH: nd ACH: nd P: ujemne Wymagane tace ociekowe i monitoring ścieków. Klasa S4/S2	T: 21–24°C, RH: nd ACH: min. 6, P: ujemne Recyrkulacja: NIE. Decontamination room	T: 21–24°C, RH: nd ACH: min. 6, P: ujemne Systemy „Safe Change” dla filtrów wyciągowych. Klasa II	T: 24°C, RH: nd ACH: nd P: ujemne Filtracja wyciągu w standardzie medycznym LK 2c	T: nd RH: nd ACH: nd Szczelność i łatwość zmywania powierzchni (stal nierdzewna). Risk 2

i Lenarski, 2018).

W Tabeli 5 przedstawiono wymagania techniczne dla systemów HVAC dla pomieszczeń diagnostyki obrazowej przyjmowanych jako pomieszczenia standardu medycznego, opracowane na podstawie wskazań ww. instytucji.

Szczegółowa analiza norm wykazuje ponadto, że recyrkulacja powietrza jest dopuszczalna we wszystkich tych pomieszczeniach (z wykluczeniem wybranych pomieszczeń medycyny nuklearnej), pod warunkiem stosowania filtracji klasy F9 (lub MERV 14) dla powietrza recyrkulowanego i zapewnienia minimalnego strumienia powietrza zewnętrznego. Standardem filtracji dla powietrza zewnętrznego, dla tej grupy pomieszczeń, jest filtracja dwustopniowa F7 + F9 (lub MERV 8 + 14). Klasyfikację filtrów podawanych w omawianych normach i wytycznych względem obowiązującej normy PN-EN ISO 16890 (Polski Komitet Normalizacyjny, 2017) można znaleźć w bazie wiedzy dotyczącej obiektów służby zdrowia projektu Tech-Medis (Szczęśniak, 2026). W pomieszczeniach CT i MRI strumień powietrza wentylującego oraz krotność wymian powietrza w pomieszczeniu (ACH) musi być każdorazowo przeliczony, na podstawie bilansu cieplnego jawnego emitowanego z działającej aparatury oraz pozostałych wewnętrznych i zewnętrznych źródeł ciepła, co często skutkuje wartościami znacznie wyższymi niż minima higieniczne. Duże wartości strumieni powietrza wymaganych do usunięcia nadmiaru ciepła pociągają za sobą rozważanie możliwości zastosowania recyrkulacji poprzez montaż indywidualnych jednostek pomieszczeniach (wentylokonwektory, moduły recyrkulacyjne). Kluczową cechą grupy pomieszczeń z Tabeli 5 jest reżim podciśnieniowy oraz specyficzne wymagania dotyczące wyrzutu powietrza i filtracji węglowej, mające na celu ochronę przed skażeniem promieniotwórczym.

W Tabeli 6 przedstawiono wymagania techniczne dla systemów HVAC dla pomieszczeń medycyny nuklearnej, opracowane na podstawie analizowanych norm i wytycznych.

Kluczową cechą tej grupy jest reżim podciśnieniowy oraz specyficzne wymagania dotyczące wyrzutu powietrza i filtracji węglowej, mające na celu ochronę przed skażeniem promieniotwórczym.

Porównanie wytycznych dla pomieszczeń medycyny nuklearnej potwierdza ich spójność w kluczowych obszarach. Dla laboratoriów gorących (Hot-Lab), skarbów i magazynów odpadów wymagane jest całkowite usuwanie powietrza bezpośrednio na zewnątrz budynku i bezwzględny zakaz stosowania recyrkulacji. W strefach o wysokiej aktywności (Hot Lab, terapia) wymagane są filtry HEPA H13 oraz filtry węglowe, montowane w obudowach typu Safe Change. Kaskada ciśnień musi zapewniać spadek ciśnienia w kierunku stref najbardziej „aktywnych” (np. +10 Pa → 0 Pa → -10 Pa), a systemy wentylacji i monitoringu podlegają zasilaniu awaryjnemu (UPS/agregat) z krótkim czasem przełączenia.

W kontekście pomieszczeń zawartych w Tabeli 6. ze względu na wysokie zyski ciepła, podobnie jak dla wybranych pomieszczeń diagnostyki obrazowej, kluczowe jest rozstrzygnięcie kwestii recyrkulacji. Warto zwrócić uwagę, że analizowane normy i wytyczne jednoznacznie różnicują wymagania w tym zakresie w zależności od funkcji pomieszczenia. W Hot Labach i strefach przygotowania radiofarmaceutyków recyrkulacja jest niedopuszczalna (ASHRAE 170 – wywiew całego powietrza na zewnątrz budynku; Wytyczne PL – oddzielny przewód do wyrzutni dachowej; SWKI VA105-01 – brak recyrkulacji, podciśnienie i filtracja wywiewu). W salach terapii izotopowej obowiązuje konieczność całkowitego usuwania powietrza na zewnątrz obiektu; NF S90-351 dopuszcza recyrkulację jedynie w niższych klasach ryzyka, przy czym w zagrożeniach radiologicznych zaleca filtrację HEPA i bezpośredni wywiew powietrza na zewnątrz obiektu. W diagnostyce nieinwazyjnej (PET, SPECT, gammakamera) zgodnie z wytycznymi ASHRAE 170 w pomieszczeniach klasy Class 1 Imaging dopuszcza się recyrkulację, szczególnie przy stosowaniu gotowych, niskoaktywnych dawek, co umożliwia

**Tabela 7.** Dopuszczalny poziom hałasu (ciśnienia akustycznego) [dB(A)] dla wybranych pomieszczeń. Źródło: opracowanie własne na podstawie (Charkowska, Różycki, Sobierajska i Lenarski, 2018; DIN, 2018; ASHRAE, 2021; SWKI VA105-01, 2015; AFNOR, 2013; PKN, 2018)

**Table 7.** Permissible Noise Level (Sound Pressure Level) [dB(A)] for Selected Rooms. Source: authors' own study based on (Charkowska, Różycki, Sobierajska i Lenarski, 2018; DIN, 2018; ASHRAE, 2021; SWKI VA105-01, 2015; AFNOR, 2013; PKN, 2018)

Nazwa pomieszczenia	Wytyczne PL	SWKI VA105-01	NF S90-351	DIN 1946-4/ASHRAE 170
Radiologia (RTG, Mammografia)	35	40/35	≤ 45	40–45
Tomografia komputerowa (CT)	35	50	≤ 45	wg specyficznych wymagań użytkownika
Rezonans magnetyczny (MRI)	35	50	≤ 45	wg specyficznych wymagań użytkownika
Sonografia (USG)	35	40/35	≤ 45	40–45
Diagnostyka fizjologiczna (EKG, EEG)	35	40/35	≤ 45	40–45
Medycyna nuklearna (skanery)	35	40/35	≤ 45	40–45
Laboratorium gorące (Hot Lab)	35	45	≤ 45	40–45
Gabinety lekarskie/Konsultacyjne	35	40	≤ 45	40
Endoskopia (diagnostyczna)	35	40/35	≤ 45	40–45
Salę terapii izotopowej (pobyt)	30	35/30	≤ 40	35–40

pokrycie zysków ciepła od aparatury oraz ograniczenie energii niezbędnej do utrzymania systemu w ruchu.

Wspólne stanowisko norm (ASHRAE, DIN, Wytyczne PL) wyklucza powietrze wtórne w Hot Labach, magazynach odpadów i skarbach izotopowych – system HVAC może pracować tam tylko na powietrzu zewnętrznym z wywiewem powietrza, często poprzedzonym filtracją węglową, realizowanym poprzez wyrzutnię dachową.

Kluczowym aspektem projektowania, a potem odbioru i eksploatacji są także wymagania akustyczne określone dla instalacji. W Tabeli 7 zestawiono wymagania akustyczne dla wybranych pomieszczeń diagnostyki obrazowej i medycyny nuklearnej dla analizowanych norm i wytycznych, przy czym dla określenia wartości dopuszczalnych dla hałasu ustalonego przeanalizowano normę (Polski Komitet Normalizacyjny, 2018), która choć nie jest przywoływana w Rozporządzeniu o Warunkach Technicznych (Minister Rozwoju i Technologii, 2022), zgodnie z zapisem w Polskim Komitecie Normalizacyjnym zaktualizowała normę (Polski Komitet Normalizacyjny, 2015).

Analiza powyższych danych wskazuje na wyjątkowy reżim wymagań akustycznych obowiązujących w Polsce a określonych dla pomieszczeń służby zdrowia, który jest nieporównywalnie wyższy od wymagań obowiązujących w Niemczech, Stanach Zjednoczonych, Szwajcarii czy Francji. Ograniczenie ciśnienia akustycznego w przypadku instalacji i systemów HVAC o 5dB(A) a tym bardziej o 10 dB(A) wymaga ogromnych nakładów finansowych, ograniczania do minimum prędkości transportu powietrza w kanałach, co grozi uzyskiwaniem dużych gabarytów i przepływem laminarnym. Warto podkreślić, że wielokrotnie nie jest to możliwe do uzyskania w warunkach normalnej pracy, a przecież poziom ciśnienia akustycznego, wynikający z działania sprzętu medycznego, nawet w czasie podtrzymania bardzo często jest od 30 dB(A).

## Bezpieczeństwo w medycynie nuklearnej i diagnostyce obrazowej

Bezpieczeństwo instalacyjne w pomieszczeniach diagnostyki obrazowej (w szczególności MRI) oraz medycyny nuklearnej koncentruje się na kontroli zjawisk awaryjnych, niezawodności wentylacji i zasilaniu rezerwowym.

W pracowni MRI może wystąpić zjawisko nazywane: quench, czyli nagła utrata nadprzewodnictwa magnesu głównego, skutkująca gwałtownym wyrzutem helu. Magnez wykorzystuje cewki nadprzewodzące chłodzone ciekłym helem do ok. 4 K (-269°C), co umożliwia przepływ bardzo dużych prądów bez strat rezystancyjnych. W przypadku quenchu dochodzi do intensywnego odparowania helu co wiąże się z koniecznością jego bezpiecznego odprowadzenia na zewnątrz. Analizowane normy i wytyczne wymagają instalacji dedykowanej rury wyrzutowej (quenching pipe) wyprowadzonej bezpośrednio na zewnątrz budynku (wg wytycznych PL i DIN 1946-4) oraz jej odwodnienia. Wymagany jest także system awaryjnego chłodzenia. Nieszczelność instalacji może prowadzić do spadku stężenia tlenu, powstania mgły kriogenicznej i wzrostu ciśnienia w pomieszczeniu, dlatego system wyrzutu helu podlega rygorystycznym wymaganiom projektowym i odbiorowym.

W pozostałych pomieszczeniach diagnostyki obrazowej (CT, PET/CT, SPECT, angiografia) zasadniczym zagadnieniem jest zapewnienie stabilnych warunków temperaturowo-wilgotnościowych, skuteczne odprowadzenie wysokich zysków ciepła od aparatury oraz niezawodność zasilania i chłodzenia. Wymaga się utrzymania ciągłości pracy systemów HVAC oraz ich powiązania z zasilaniem rezerwowym, adekwatnie do klasy pomieszczenia.

W diagnostyce inwazyjnej i medycynie nuklearnej kluczowa jest wysoka niezawodność wentylacji. Stosuje się

**Tabela 8.** Zestawienie wymagań dot. systemów awaryjnych i wyrzutu helu. Źródło: opracowanie własne na podstawie on (Charkowska, Różycki, Sobierajska i Lenarski, 2018; DIN, 2018; ASHRAE, 2021; SWKI VA105-01, 2015; AFNOR, 2013)

**Table 8.** Summary of Requirements for Emergency Systems and Helium Venting. Source: authors' own study based on (Charkowska, Różycki, Sobierajska i Lenarski, 2018; DIN, 2018; ASHRAE, 2021; SWKI VA105-01, 2015; AFNOR, 2013)

Norma / Wytyczne	Wyrzut helu (MRI Quenching)	Wentylacja awaryjna i redundancja	Bezpieczeństwo w medycynie nuklearnej
Wytyczne PL (2018)	Wymagana rura wyrzutowa helu wprowadzona na zewnątrz. Konieczny awaryjny system chłodzenia (np. wodą wodociągową).	Dla sal inwazyjnych (S1) zalecane urządzenia redundantne (podwójne wentylatory) z automatycznym przełączaniem.	Zakaz recyrkulacji (wyrzut 100%) dla obszarów skażonych. Zalecana filtracja węglowa i systemy Safe Change.
ASHRAE 170 (2021)	Standard określa wymogi dla chłodzenia magnezu (Class 1), lecz szczegóły rury wyrzutowej zależą od technologii.	Automatyka musi sygnalizować stany alarmowe bezpośrednio personelowi medycznemu.	Bezwzględny wyrzut 100% powietrza bezpośrednio na zewnątrz (All Air Exhausted Directly to Outdoors) dla Hot Lab.
DIN 1946-4 / DIN 13080 (2018)	Wymagana rura wyrzutowa helu (quenching pipe) z koniecznym odwodnieniem, aby zapobiec skroplinom.	Obowiązkowa symulacja stanów awaryjnych podczas odbiorów technicznych (szczególnie dla Klasy I).	Monitoring aktywności promieniotwórczej w kanałach wywiewnych. Systemy filtracji wyciągowej dla izotopów.
SWKI VA105-01 (2015)	Kontrola temperatury i zysków ciepła kluczowa dla stabilności magnezu MRI.	Wymagane zasilanie awaryjne (Notstromversorgung) zgodne z normą SN 411 000 (określone czasy przełączenia).	Koncepcja 2c (podciśnienie). Wymagane filtry z węglem aktywnym na wyrzucie dla Hot Lab i składowisk odpadów.
NF S90-351 (2013)	Klasyfikacja Risk 2 nakłada wymogi stabilności parametrów dla MRI.	Kluczowy parametr bezpieczeństwa to kinetyka usuwania cząstek (CP) – zdolność do regeneracji po awarii/zanieczyszczeniu.	Zapewnienie kaskady ciśnień (gradient ujemny) w celu ochrony otoczenia przed radionuklidami gazowymi.

tutaj rozwiązania redundantne (np. podwójne wentylatory) z automatyką uruchamiającą rezerwę w przypadku awarii. Systemy HVAC oraz automatyka muszą być połączone do zasilania awaryjnego (UPS/agregat), a czas przełączenia zgodny z wymaganiami dla danej klasy. Niedopuszczalne jest odwrócenie kierunku przepływu powietrza, a w medycynie nuklearnej konieczne jest trwałe utrzymanie podciśnienia.

W obszarach nuklearnych obowiązuje 100% wyrzut powietrza z Hot Labów i skarbów izotopowych, bez recyrkulacji, często z filtracją węglową. Systemy wentylacyjne integruje się z monitoringiem aktywności promieniotwórczej, generującym alarm w przypadku skażenia.

Zestawienie wymagań dotyczących wyrzutu helu, wentylacji awaryjnej i systemów bezpieczeństwa w pomieszczeniach diagnostyki obrazowej i medycyny nuklearnej przedstawiono w Tabeli 8.

W zakresie quenchingu MRI wszystkie dokumenty jednoznacznie wymagają fizycznego wyprowadzenia helu na zewnątrz budynku, przy czym DIN 13080 dodatkowo akcentuje aspekt techniczny odwodnienia rury wyrzutowej. W odniesieniu do redundancji systemów oraz pracy w stacjach awaryjnych polskie wytyczne i DIN 1946-4 kładą szczególny nacisk na to, aby awaria wentylatora nawiewnego lub wywiewnego nie powodowała niekontrolowanej zmiany kierunku przepływu powietrza, co ma kluczowe znaczenie na salach operacyjnych i w laboratoriach izotopowych.

Warto tutaj także podkreślić, że podczas odbiorów technicznych, szczególnie dla klasy S1/Ia, wymagane jest przeprowadzenie symulacji stanów awaryjnych (np. zanik zasilania, awaria wentylatora) w celu weryfikacji bezpiecznego działania systemu. Wszystkie stany awaryjne muszą być sygnalizowane alarmem optycznym i akustycznym bezpośrednio w sali diagnostycznej lub zabiegowej, tak aby personel mógł niezwłocznie podjąć działania.

#### Podsumowanie

Pracownie diagnostyki obrazowej i medycyny nuklearnej to współczesne, bogato wyposażone pomieszczenia medyczne wykorzystywane do realizacji precyzyjnych procedur diagnostycznych i terapeutycznych, których bezpieczeństwo oraz skuteczność są nierozdzielnie związane z utrzymaniem rygorystycznych parametrów środowiskowych przez zaawansowane systemy wentylacji i klimatyzacji. W Polsce występuje luka regulacyjna: przepisy, w tym Prawo atomowe, określają ogólne zasady bezpieczeństwa radiologicznego, lecz nie definiują szczegółowych parametrów HVAC, takich jak krotność wymian powietrza czy klasy filtracji. Projektanci muszą więc opierać się na normach międzynarodowych oraz wytycznych w tym producentów urządzeń. Skuteczne projektowanie tych przestrzeni wymaga zatem zintegrowanego podejścia, łączącego wiedzę inżynierską z głębokim zrozumieniem fizyki procesów medycznych.

Instalacje HVAC pełnią funkcję systemu bezpieczeństwa, kontrolując kierunki przepływu powietrza i gradienty ciśnień w strefach ryzyka. Wymagania technologiczne różnią się w zależności od funkcji pomieszczenia: MRI wymaga rury quench i stabilnych warunków termicznych; CT i MRI generują wysokie zyski ciepła, co wymusza duże strumienie powietrza; w medycynie nuklearnej obowiązuje natomiast konieczność usuwania w całości

powietrza wywiewanego z pomieszczeń oraz dodatkowa filtracja węglowa i HEPA oraz stałe podciśnienie. Kolejnym wyzwaniem są restrykcyjne wymagania akustyczne oraz konieczność zapewnienia redundancji i zasilania awaryjnego. Rygorystyczne wymagania dotyczące zapewnienia bezpieczeństwa w połączeniu z brakiem prawnie uwarunkowanych konkretnych wskazań i wytycznych może prowadzić do niezamierzonych błędów projektowych, wykonawczych i eksploatacyjnych, których skutki mogą wpłynąć na zdrowie pacjenta, lekarza, terapeuty lub diagnosty oraz na prawidłową pracę urządzeń.

## Bibliografia

- ASHRAE. (2021). ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2021: Ventilation of Health Care Facilities. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*.
- AFNOR. (2013). NF S90-351:2013-04: Health care establishments – Controlled environment areas – Requirements for airborne contamination control. *Association Française de Normalisation*
- Charkowska, A., Różycki, A., Sobierajska, A. i Lenarski, R. (2018). Wytyczne projektowania, wykonania, odbioru i eksploatacji systemów wentylacji i klimatyzacji dla podmiotów wykonujących działalność leczniczą. *Pracodawcy Rzeczypospolitej Polskiej*.
- DIN. (2018). DIN 1946-4:2018-09: Ventilation and air conditioning - Part 4: Ventilation in buildings and rooms of health care. *Deutsches Institut für Normung*
- Minister Rozwoju i Technologii. (2022). Obwieszczenie z dnia 15 kwietnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2022 poz. 1225).
- Ministerstwo Klimatu i Środowiska. (2022). Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 17 marca 2022 r. w sprawie stanowisk istotnych dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. (Dz.U. 2022 poz. 722).
- Ministerstwo Klimatu i Środowiska. (2022). Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 30 marca 2022 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących przechowywania źródeł promieniotwórczych oraz ich ewidencji (Dz.U. 2022 poz. 851).
- Ministerstwo Zdrowia. (2020). Narodowa Strategia Onkologiczna na lata 2020–2030 (Załącznik do uchwały nr 10 Rady Ministrów z dnia 4 lutego 2020 r., M.P. 2020 poz. 188).
- Ministerstwo Zdrowia. (2021). Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 września 2021 r. w sprawie minimalnych wymagań dla jednostek ochrony zdrowia. (Dz.U. 2021 poz. 1725).
- Ministerstwo Zdrowia. (2022). Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 12 grudnia 2022 r. w sprawie standardów jakościowych dla medycznych laboratoriów diagnostycznych (Dz.U. 2022 poz. 2759).
- Ministerstwo Zdrowia. (2022). Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 grudnia 2022 r. w sprawie kadr medycznych oraz wymagań technicznych dla pracowni medycyny nuklearnej (Dz.U. 2022 poz. 2626). Warszawa: Monitor Polski.

- Ministerstwo Zdrowia. (2023). Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 grudnia 2022 r. w sprawie standardów organizacyjnych opieki zdrowotnej w dziedzinie radiologii i diagnostyki obrazowej (Dz.U. 2023 poz. 195).
- Ministerstwo Zdrowia. (2023). Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 11 stycznia 2023 r. w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz.U. 2023 poz. 21).
- Ministerstwo Zdrowia. (2023). Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 9 marca 2023 r. w sprawie szczególnych wymagań, jakim powinny odpowiadać pomieszczenia i urządzenia podmiotu wykonującego działalność leczniczą (Dz.U. 2023 poz. 576).
- Ministerstwo Zdrowia. (2024). Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 lutego 2024 r. w sprawie wymagań dla wyrobów medycznych do diagnostyki in vitro (Dz.U. 2024 poz. 267).
- Ministerstwo Zdrowia. (2026). Mapa potrzeb zdrowotnych na lata 2022–2026. <https://basiw.mz.gov.pl/mapy-informacje/mapa-2022-2026/analizy/sprzet-medyczny> (Dostęp z 1.03.2026)
- PKN. (2015). PN-B-02151-2:2015-10, Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 2: Wymagania dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach. *Polski Komitet Normalizacyjny*
- PKN. (2016). PN-EN ISO 14644-1:2016-03: Czyste pomieszczenia i skojarzone z nimi środowiska kontrolowane - Część 1: Klasyfikacja czystości powietrza na podstawie stężenia cząstek. *Polski Komitet Normalizacyjny*
- PKN. (2017). PN-EN ISO 16890 (części 1–4):2017, Filtry powietrza do wentylacji ogólnej. *Polski Komitet Normalizacyjny*
- PKN (2018). N-B-02151-2:2018-01, Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 2: Wymagania dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach. *Polski Komitet Normalizacyjny*
- PKN. (2019). PN-EN 16798-1:2019-06: Energetyczne właściwości budynków - Wentylacja budynków - Część 1: Dane wejściowe do projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków. *Polski Komitet Normalizacyjny*
- Rada Ministrów. (2007). Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 27 grudnia 2006 r. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o wydanie zezwolenia w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego albo przy zgłoszeniu wykonywania tej działalności (Dz.U. 2007 nr 1 poz. 11).
- Rada Ministrów. (2021). Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2021 r. w sprawie ochrony przed promieniowaniem jonizującym przy planowaniu i wykonywaniu ekspozycji medycznych (Dz.U. 2021 poz. 1908).
- Rada Ministrów. (2021). Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 21 października 2021 r. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego albo przy zgłoszeniu wykonywania tej działalności (Dz.U. 2021 poz. 1959).
- Sejm RP. (2024). Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe (t.j. Dz.U. 2024 poz. 1277).
- SWKI VA105-01. (2015). Lüftungstechnische Anlagen in Gebäuden des im Gesundheitswesen (Ventilation and air conditioning systems in healthcare buildings). *Schweizerischer Verein von Gebäudetechnik-Ingenieuren*.
- Szczeńiak, S. (2026). Stopniowanie filtracji w systemach wentylacji i klimatyzacji pomieszczeń służby zdrowia. *TechMedis - Kształtowanie zdrowego i bezpiecznego środowiska w obiektach ochrony zdrowia*. <https://techmedis.pl/stopniowanie-filtracji-w-systemach-wentylacji-i-klimatyzacji-pomieszczen-sluzby-zdrowia> (Dostęp z 1.03.2026)

*Publikacja dofinansowana ze środków budżetu państwa w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki/Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Nauka dla Społeczeństwa II” nr projektu NdS-II/SN/0008/2024/01, kwota dofinansowania 775 500,00 zł, całkowita wartość projektu 775 500,00 zł.*

Zastrzeżenie: Oświadczenia, opinie i dane przedstawione w publikacjach są wyłączną odpowiedzialnością ich autorów i nie odzwierciedlają stanowiska redakcji *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek szkody dotyczące osób lub mienia wynikające z idei, metod, zaleceń lub produktów omawianych w treści publikacji. *Artykuł udostępniony na licencji Creative Commons CC BY 4.0.*

Disclaimer: The statements, opinions, and data presented in the publications are the sole responsibility of their authors and do not necessarily reflect the views of the editorial board of *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. The editorial board assumes no responsibility or liability for any injury to persons or damage to property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content of the publications. *The article is distributed under the Creative Commons CC BY 4.0 license.*



## Mity o oczyszczaczach powietrza

Myths about air cleaners



Dr inż. Amelia Staszowska

ORCID ID: [0000-0002-7434-6480](https://orcid.org/0000-0002-7434-6480)

Wydział Inżynierii Środowiska  
i Energetyki  
Politechnika Lubelska  
PZITS O. Lublin  
[a.staszowska@pollub.pl](mailto:a.staszowska@pollub.pl)

**Słowa kluczowe:** oczyszczacze powietrza, jakość powietrza wewnętrznego, zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego

### Streszczenie

Obecność chorobotwórczych mikroorganizmów, szkodliwych lotnych związków organicznych lub pyłów zawieszonych w powietrzu wewnętrznym pogarsza jego jakość i wpływa m.in. na stan zdrowia, wydajność pracy a także szybkość przyswajania wiedzy przez użytkowników pomieszczeń. Mając na uwadze, że w przestrzeni zamkniętej (domy, praca, środki transportu) człowiek spędza od 80 do 90% swojego życia konieczne staje się zapewnienie akceptowalnej jakości powietrza. Stąd poszukuje się skutecznych metod usuwania zanieczyszczeń z powietrza wewnątrz. Jedną z nich jest stosowanie oczyszczaczy powietrza. W artykule scharakteryzowano techniki oczyszczania powietrza i omówiono najczęściej funkcjonujące w przestrzeni medialnej mity dotyczące użytkowania tych urządzeń.

**Keywords:** air cleaners, indoor air quality, indoor air pollutants

### Abstract

The presence of pathogenic microorganisms, harmful volatile organic compounds, or suspended particulate matter in indoor air deteriorates its quality and impacts, among other things, health, work efficiency, and the speed of learning among indoor users. Considering that people spend 80 to 90% of their lives in enclosed spaces (homes, workplaces, and vehicles), ensuring acceptable air quality becomes essential. Therefore, effective methods for removing indoor air pollutants are being sought. One such method is the use of air cleaners. This article describes air cleaning techniques and discusses the most common myths regarding the use of these devices in the media.

## Wstęp

Oczyszczanie powietrza zyskało na popularności wraz z początkiem pandemii Covid-19. W sprzedaży pojawiły się setki różnych urządzeń, które według producentów i dystrybutorów miały gwarantować niemal 100% skuteczność w usuwaniu wszystkich znanych zanieczyszczeń powietrza: pyłów, związków chemicznych i bioarozoli. Brak krajowych regulacji prawnych odnośnie konieczności testowania tego typu urządzeń i ich certyfikowania sprawia, że konsumenci bardzo często czują się rozczarowani po zakupie sprzętu, który nie spełnia ich oczekiwań (Mata i in., 2022; PKN, 2024).

Z założenia oczyszczacz powietrza to urządzenie będące zestawem kilku filtrów służących do usuwania z powietrza pyłów zawieszonych, lotnych związków organicznych, bioarozoli. Niektóre jednostki mogą posiadać dodatkowe opcje nawilżania powietrza i produkcji ujemnych aerojonów. W zależności od nastawy wentylatora urządzenie może pracować przy różnych przepływach powietrza. Kluczowym parametrem wyznaczającym skuteczność oczyszczacza jest CADR (z ang. Clean Air Delivery Rate). Im jego

wartość jest większa tym szybciej oczyszczacz usunie zanieczyszczenia. Minimalny akceptowalny CADR to 400 przy min. trzech wymianach powietrza na godzinę (U.S. Environmental Protection Agency, 2022).

Urządzenia do oczyszczania powietrza są najczęściej przenośnymi jednostkami, mogą być także opcjonalnie umieszczane na ścianie, suficie. Dostępne są również rozwiązania montażu jako moduły wpięte w instalację wentylacyjną lub współpracujące z centralami wentylacyjnymi (opcje kanałowe). Chociaż oczyszczacze powietrza są powszechnie stosowane w celu poprawy jakości powietrza wewnętrznego, skuteczność deklarowana przez producentów wymaga niezależnej weryfikacji. W tym celu opracowano standard ANSI/AHAM AC-1 oraz program AHAM Verifide®, które umożliwiają porównywalne i niezależne potwierdzanie wydajności urządzeń (Association of Home Appliance Manufacturers, 2025).

Celem niniejszego opracowania jest omówienie powszechnie funkcjonujących mitów związanych z użytkowaniem jednostek oczyszczających powietrze z uwzględnieniem również ich zastosowania w placówkach szkolnych i medycznych.

## Jakość powietrza wewnętrznego

W powietrzu wewnętrznym można wyróżnić trzy grupy zanieczyszczeń kształtujących jego jakość. Są to czynniki fizyczne, chemiczne i biologiczne. Ich źródłem może być infiltrujące powietrze zewnętrzne jak również źródła wewnętrzne związane z aktywnościami użytkowników (spalanie paliw, gotowanie, sprząatanie, odkurzanie, palenie wyrobów tytoniowych i e-papierosów, spalanie świec, kadzidełek, stosowanie odświeżaczy powietrza, emisja z materiałów budowlanych, wykończeniowych, sprzętu elektrycznego, emisja pyłów i bioaerozoli z instalacji wentylacyjnej i kanalizacyjnej). Problemu zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego można uniknąć jeśli w pomieszczeniu prawidłowo funkcjonuje wentylacja. Niestety, większość budynków mieszkalnych jak i użyteczności publicznej nadal korzysta z opcji wentylacji grawitacyjnej, która bardzo często ze względu na warunki pogodowe nie spełnia swojej roli. Dodatkowo konieczność ograniczenia strat ciepła z pomieszczeń utrudnia jednocześnie usuwanie zanieczyszczeń powietrza. W konsekwencji stężenia pyłów zawieszonych, lotnych związków organicznych, w tym związków złoconych, chorobotwórczych bioaerozoli bakteryjnych, wirusów mogą być nawet pięciokrotnie wyższe jak w powietrzu zewnętrznym. Sytuacji nie poprawia fakt, że nadal brakuje uregulowań prawnych w zakresie dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń w powietrzu wewnętrznym dla pomieszczeń mieszkalnych i budynków użyteczności publicznej (żłobki, przedszkola, szkoły, budynki biurowe, placówki medyczne, obiekty sportowe) (Hoffmann i in., 2022)

## Techniki oczyszczania powietrza wewnętrznego

Odpowiednią jakość powietrza uzyskuje się wykorzystując mniej lub bardziej złożone systemy jego oczyszczania. Sam proces oczyszczania polega na doborze sekwencji metod, które mają na celu usunięcie z powietrza składnika będącego w nadmiarze, rzadziej na wprowadzeniu do powietrza nowych składników poprawiających jego jakość. Podstawą większości metod oczyszczania powietrza są filtry, które można montować w oczyszczaczach stacjonarnych (przenośnych), sufitowych, ściennych lub jako jednostki kanałowe lub modułowe z centralami wentylacyjnymi (Liu i in., 2025; Ramay i in., 2024).

- **Filtry wstępne** mają za zadanie chronić całe urządzenie przed przedostaniem się większych zanieczyszczeń, np. kurz, cząstki gleby, pyłki roślin. Brak filtra wstępnego w urządzeniu może doprowadzić do zanieczyszczenia kolejnych elementów, a w efekcie do ich uszkodzenia. Okres użytkowania zależy od wilgotności i poziomu zanieczyszczeń - im większa wilgotność i wyższy poziom zanieczyszczenia powietrza, tym krótszy jest czas bezpiecznego użytkowania filtra wstępnego. Niektóre filtry wstępne mogą być wielokrotnego użytku. W takim przypadku wystarczy umyć je wodą oraz osuszyć, a następnie zamontować w urządzeniu (Liu i in., 2017).
- **Filtry HEPA** (z ang. High Efficient Particulate Air filter – wysokoskuteczny filtr powietrza) – skuteczne do zatrzymywania cząstek o wymiarach do 0,3 mikrona (0,3  $\mu\text{m}$ ), który odpowiada pyłom zawieszonym z frakcji drobnej (PM<sub>2.5</sub>), pyłkom roślinnym, cząstkom kurzu

oraz mikroorganizmom (bakterie, wirusy i zarodniki grzybów). Filtry HEPA stosowane w oczyszczaczach powietrza powinny mieć klasę H13 lub H14. Zaleca się ich wymianę co 6 miesięcy. Wadą tych filtrów są koszty ich utrzymania (zużycie energii elektrycznej) i konieczność częstych wymian (Liu i in., 2017).

- **Filtry elektrostatyczne.** Zasada działania filtrów elektrostatycznych opiera się na wykorzystaniu jonizacji cząstek, które następnie są unieruchamiane na powierzchni płyt kolektora. Proces ten wspomagany jest przez filtry wstępne oraz opcjonalne wkłady z węglem aktywnym, które eliminują lotne związki organiczne i ozon, mogący powstawać podczas pracy filtra. Konserwacja tych urządzeń jest stosunkowo prosta – metalowe elementy mogą być myte wodą lub specjalnymi środkami, a po wysuszeniu nadają się do ponownego użytku, co eliminuje potrzebę częstych wymian filtrów. Dzięki temu filtry elektrostatyczne charakteryzują się długim okresem użytkowania oraz niskimi kosztami eksploatacji, mimo ich wyższej ceny początkowej w porównaniu do innych systemów filtracyjnych. Choć filtracja elektrostatyczna wciąż jest mniej popularna niż tradycyjne metody oczyszczania powietrza, to stanowi wysoce efektywną technologię hybrydową, która łączy w sobie procesy filtracji oraz dezynfekcji. Jej skuteczność w usuwaniu pyłów, w tym pyłów drobnych i ultradrobnych, jest porównywalna z filtrami HEPA, z tą przewagą, że nawet w przypadku znacznego obciążenia pyłem nie powoduje wzrostu oporu przepływu powietrza, co przekłada się na niższe zużycie energii. W Polsce filtry elektrostatyczne są znane od ponad dwóch dekad, szczególnie w kontekście obiektów szpitalnych, gdzie wykorzystuje się je w miejscach o wysokim reżimie sanitarnym, np. izolatki. Za jedną z największych zalet filtrów elektrostatycznych jest ich zdolność do nie tylko efektywnego usuwania pyłów, ale także dezynfekcji powietrza. Pyły zawarte w powietrzu często stanowią nośnik dla bioaerozoli, co czyni filtry elektrostatyczne skutecznym narzędziem w walce z mikroorganizmami, takimi jak bakterie oraz wirusy (Afshari, i in., 2020).
- **Filtry węglowe** wykorzystują proces sorpcji do zatrzymywania zanieczyszczeń powietrza. Najczęściej stosowanym materiałem sorpcyjnym jest węgiel aktywny. Ma on zdolność usuwania większości węglowodorów, aldehydów i kwasów organicznych. Nie jest szczególnie skuteczny w usuwaniu tlenków siarki, siarkowodoru oraz aldehydów o niskiej masie cząsteczkowej, takich jak formaldehyd. Filtry węglowe są skuteczne w usuwaniu nieprzyjemnych zapachów oraz dymu tytoniowego a także ozonu. Ich zaletą jest także prosta konstrukcja oraz bardzo efektywna praca. Filtry węglowe są również rozwiązaniem stosunkowo tanim pod względem zakupu i użytkowania. Mimo to wykazują bardzo wysoką skuteczność w wychwytywaniu szkodliwych gazów. Gdy skuteczność filtra spadnie poniżej akceptowalnej wartości, należy go wymienić na nowy.
- **Filtry fotokatalityczne.** Utlenianie fotokatalityczne (PCO) to jeden z najbardziej aktywnych obszarów badań w dziedzinie oczyszczania powietrza. Fotokataliza jest innowacyjną techniką usuwania chemicznych (lotne związki organiczne, w tym odpowiedzialne za nieprzyjemne zapachy) i biologicznych zanieczyszczeń

z powietrza wewnątrz pomieszczeń. PCO to proces polegający na przekształceniu toksycznych substancji organicznych do związków nieorganicznych (w teorii pary wodnej i dwutlenku węgla) przy pomocy fotokatalizatora, w obecności źródła światła. Padające na fotokatalizator światło indukuje reakcje rodnikowe. Fotokatalizatorem mogą być: tlenek tytanu(IV) ( $\text{TiO}_2$ ), tlenek cynku ( $\text{ZnO}$ ), siarczek cynku ( $\text{ZnS}$ ), siarczek kadmu ( $\text{CdS}$ ), tlenek żelaza(III) ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) lub tlenek cyny(IV) ( $\text{SnO}_2$ ). Światłem wymaganym do uaktywnienia fotokatalizatora jest najczęściej promieniowanie UVA. W sprzedaży dominują filtry oparte na dwutlenku tytanu. Liczne badania wskazują jednak, że stosowanie fotokatalizy łączy się z powstawaniem szkodliwych dla zdrowia produktów ubocznych, w tym np. formaldehydu (Siegel, 2017). Trwałość filtrów fotokatalitycznych jest również dyskusyjna. Producenci nie deklarują jednoznacznie trwałości tych filtrów. Nie ma możliwości ich regeneracji, trzeba je wymienić na nowe jednostki filtrujące co stanowi dodatkowy koszt ich użytkowania. Należy również podkreślić ograniczoną trwałość źródła światła aktywnego czyli lamp UVA. Musze one być wymieniane, lecz nie ma wytycznych jak często. Filtry fotokatalityczne nie są stosowane jako samodzielne rozwiązanie do usuwania związków chemicznych i dezynfekcji powietrza. Zazwyczaj towarzyszą im filtry HEPA i lampy UVC (Mamaghani i in., 2017).

Pomimo rosnącego rynku producentów i sprzedawców oczyszczaczy powietrza w skali globalnej, brakuje nadal kompleksowych norm oceny ich skuteczności działania w zakresie odpylania, dezynfekcji powietrza i jego dezodoryzacji (ISO 16000-43:2025; ISO 16000-44:2023).

## Mity na temat oczyszczaczy powietrza

**Oczyszczacze posiadają 100% skuteczność w eliminowaniu wszystkich zanieczyszczeń znajdujących się w powietrzu.** W rzeczywistych warunkach w pomieszczeniach zanieczyszczenia występują w różnych stężeniach, często zmiennych w czasie. Na szybkość usuwania danej grupy zanieczyszczeń ma wpływ zestaw filtrów w oczyszczaczu, ale również prędkość przepływu powietrza. Żadna jednostka oczyszczająca nie jest w stanie jednocześnie usunąć wszystkich zanieczyszczeń ze skutecznością 100%. W przypadku pyłów zawieszonych i odorów im szybszy przepływ powietrza przez oczyszczacz tym szybciej te zanieczyszczenia zostaną wyeliminowane z powietrza pomieszczenia. Odwrotnie ma się rzecz gdy celem jest usunięcie bioarozoli. Gdy oczyszczacz ma wbudowaną lampę UVC korzystniej jest dla dezynfekcji, aby przepływ powietrza przez oczyszczacz był jak najmniejszy. Wówczas zapewniony jest wymagany czas kontaktu bioaerozolu z promieniowaniem UVC.

**Oczyszczacz powietrza może zastąpić system wentylacji w pomieszczeniu.** Oczyszczacz nie ma takiej możliwości, jest jedynie wsparciem dla instalacji wentylacyjnej w zakresie poprawy jakości powietrza poprzez obniżenie stężenia niektórych zanieczyszczeń w pomieszczeniu. Najczęściej zaleca się stosowanie oczyszczaczy powietrza w budynkach z wentylacją grawitacyjną.

**Oczyszczacz powietrza usuwa dwutlenek węgla.** Aktualnie nie ma dostępnych rozwiązań technologicznych

w jednostkach oczyszczających powietrze, które pozwalają obniżyć stężenie dwutlenku węgla w powietrzu pomieszczeń.

**Lokalizacja oczyszczacza powietrza nie ma wpływu na skuteczność jego pracy.** Umieszczenie oczyszczacza ma decydujący wpływ na jego pracę. Zazwyczaj powinien być on zlokalizowany w centralnym miejscu pomieszczenia lub jak najbliżej źródła zanieczyszczeń.

**Otwieranie okien i drzwi nie ma wpływu na pracę oczyszczacza.** Do optymalnej pracy oczyszczacza wymagane jest odizolowanie go od wpływu warunków zewnętrznych. Zatem otwarte okna lub drzwi do pomieszczenia, w którym pracuje oczyszczacz znacząco obniżają jego efektywność w usuwaniu zanieczyszczeń.

**Oczyszczacz dezynfekuje powierzchnię.** Oczyszczacze nie mają takiej możliwości ponieważ lampy UVC są zamontowane w obudowie oczyszczacza, zatem promieniowanie UVC ma jedynie kontakt z powietrzem przepływającym przez wnętrze jednostki. Dyskusyjna jest skuteczność dezynfekcji powierzchni przez urządzenia z filtrami fotokatalitycznymi i plazmowymi.

Oczyszczacz usuwa pyły z powierzchni. Oczyszczacz może jedynie usunąć pyły znajdujące się w powietrzu. Zatrzymywane są one na filtrach: wstępnym, HEPA lub elektrostatycznym.

**Filtry elektrostatyczne wymagają okresowej wymiany.** Filtry w oczyszczaczach elektrostatycznych są wykonane ze stali nierdzewnej i można je czyścić pod bieżącą wodą z użyciem domowych środków myjących. Nie wymagają okresowej wymiany jak filtry wstępne, HEPA lub węglowe.

**Filtry węglowe usuwają wszystkie związki organiczne i nieorganiczne, w tym substancje odorowe.** Skuteczność w zatrzymywaniu zanieczyszczeń przez filtry węglowe jest uzależniona od klasy węgla aktywnego w filtrze oraz masy cząsteczkowej zanieczyszczenia i wilgotności powietrza w pomieszczeniu. Skuteczność sorpcji na filtrach węglowych jest niska dla związków niskocząsteczkowych np. amoniaku. Maleje również gdy wilgotność względna powietrza przekracza 60%.

**Oczyszczacze z filtrami elektrostatycznymi generują ozon.** Istnieje kilka technologii generowania ładunków ujemnych w filtrach elektrostatycznych. Nowe rozwiązania wyeliminowały możliwość powstawania ozonu jak to było w przypadku wyładowań koronowych. W oczyszczaczach elektrostatycznych zawsze powinien być zainstalowany filtr węglowy w celu sorpcji ozonu resztkowego, który może powstawać podczas pracy filtra. Każda jednostka oczyszczacza elektrostatycznego powinna posiadać certyfikat PZH.

**Oczyszczacz powietrza z lampą UVC nie pozwala na jego stosowanie w pomieszczeniach w obecności ludzi.** Lampy UVC w oczyszczaczach stacjonarnych są ukryte pod obudową zatem nie emitują szkodliwego promieniowania na zewnątrz i są bezpieczne do użytku w obecności ludzi. Podobnie jest z oczyszczaczami naściennymi, sufitowymi, kanałowymi lub zespolonymi z centralami wentylacyjnymi.

**Filtry katalityczne i plazmowe nie generują ubocznych produktów.** Skuteczność fotokatalizy i plazmy jest dyskusyjna i nie ma jednoznacznych danych potwierdzających ich działanie dezynfekujące, dezodoryzujące lub odpylające w warunkach rzeczywistych. W warunkach modelo-

wych np. komór ekspozycyjnych, filtry fotokatalityczne lub plazmowe są testowane zazwyczaj na mocno uproszczonym składzie powietrza. W warunkach rzeczywistych w powietrzu wewnętrznym nie ma możliwości uniknięcia tworzenia się szkodliwych produktów reakcji rodnikowych, w tym rakotwórczego formaldehydu. Dodatkowo filtry fotokatalityczne lub plazmowe nie występują jako samodzielne systemy do oczyszczania powietrza w odróżnieniu do np. filtrów elektrostatycznych. Zazwyczaj są poprzedzone filtrami HEPA. Zatem nie ma pewności w jakim stopniu fotokataliza i plama samodzielnie odpowiada za skuteczność eliminacji bioaerozoli i wirusów.

**Oczyszczacz jest w stanie usunąć w 100% bakterie, grzyby i wirusy.** Stosowane w oczyszczaczach rozwiązania technologiczne nie pozwalają na jednoczesne całkowite wyeliminowanie z bakterii, grzybów, sporów i wirusów. Najwyższą skuteczność oczyszczacze wykazują w stosunku do bakterii (sięgająca nawet 90–99%) a niższą dla grzybów – do 70%.

**Oczyszczacz usuwa smog.** To często funkcjonujący skrót myślowy. Smog jest stanem zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego wywołanego obecnością pyłów zawieszonych i związków chemicznych. Oczyszczacz może obniżyć stężenie tych zanieczyszczeń czyli odpylić powietrze, zdezynfekować lub zdezodoryzować. Nie usuwa jednak smogu a jedynie jego składniki.

**Oczyszczacz powietrza usuwa wilgoć z powietrza.** O ile w sprzedaży są dostępne oczyszczacze z funkcją nawilżania powietrza to nie ma opcji jego osuszania. Do tego zabiegu należy użyć osobnego urządzenia - najczęściej jest nim osuszacz kondensacyjny.

**Oczyszczacz jest źródłem szkodliwego promieniowania.** W wyposażeniu oczyszczacza nie ma elementów, które mogłyby potencjalnie stanowić źródło zarówno promieniowania jonizującego, jak i niejonizującego.

**Oczyszczacz powietrza jest źródłem ozonu.** Urządzenia oczyszczające powietrze z zasady nie mogą celowo wytwarzać ozonu. Przed wprowadzeniem do sprzedaży muszą być pod tym kątem przetestowane zgodnie z obowiązującą normą dla elektrycznego sprzętu do użytku domowego i podobnego.

**Oczyszczacz dobiera się do powierzchni lub kubatury pomieszczenia.** Najczęściej te dwa parametry stanowią podstawę doboru oczyszczacza, ale najważniejszym kryterium jest uwzględnienie wskaźnika CADR. Informuje on po jakim czasie przy danej kubaturze i założonej ilości wymian powietrza w pomieszczeniu zanieczyszczenia zostaną z niego usunięte. Problematyczne jest jednak to, że producenci i sprzedawcy celowo nie podają wartości tego parametru. Minimalna wartość wskaźnika CADR to 400. Wartości poniżej świadczą o niskiej skuteczności oczyszczacza.

**Oczyszczacz powietrza to urządzenie o małym zużyciu energii i kosztach eksploatacji.** Zużycie energii jest zależne od trybu pracy oczyszczacza a dokładnie nastawy wentylatora. Im jest ona wyższa tj. wentylator ma większy wydatek, tym zużycie energii jest większe. Dodatkowym kosztem eksploatacji jest konieczność okresowej wymiany filtrów i lamp UVC. Częstotliwość wymian jest uzależniona od sposobu użytkowania i stanu zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego i zewnętrznego. W przypadku filtrów wstępnych i HEPA może to być okres raz na kwartał lub

pół roku. Dla lamp UVC należy sprawdzić ich żywotność tj. gwarantowany (wyrażony w godzinach) czas efektywnej pracy lampy w zakresie emisji promieniowania o określonej długości fali tj. 222 nm lub 254 nm. W przypadku lamp UVA stosowanych w fotokatalizie producenci deklarują ich żywotność na 1,5–2 lat. Zatem koszty eksploatacji są zmienne dla tej samej jednostki oczyszczacza i zależne od trybu jego użytkowania.

**Filtry powietrza w oczyszczaczu można wymieniać co kilka lat.** Częstotliwość wymian filtrów jest zależna od sposobu użytkowania oczyszczacza i stopnia zanieczyszczenia powietrza. Im większa częstotliwość pracy i wyższe zanieczyszczenie tym częściej wymienia się filtry. Należy to uwzględnić przy wyborze jednostki oczyszczającej, gdyż koszty eksploatacji mogą w krótkim czasie okazać się wyższe niż koszty zakupu samego urządzenia.

**Filtry HEPA w oczyszczaczach nie usuwają cząstek o wymiarach mniejszych jak 0,3 mikrona.** Filtry HEPA mają potwierdzoną badaniami zdolność usuwania cząstek o średnicy aerodynamicznej mniejszej jak 0,3 mikrona. Obecne w powietrzu bioaerozole zazwyczaj występują pod postacią aglomeratów o wymiarach większych jak 0,3 mikrona.

Ozonator i jonizator powietrza to oczyszczacz powietrza. W klasyfikacji oczyszczaczy powietrza zarówno ozonator, jak i jonizator nie są zaliczane do oczyszczaczy powietrza. Stanowią oddzielną grupę urządzeń. Z zasady oczyszczacze to jednostki, które mają zestaw filtrów i/lub lampę UVC i można je użytkować bezpiecznie bezpośrednio w obecności ludzi w pomieszczeniu. W przypadku ozonatorów i jonizatorów obecność ludzi jest wykluczona ze względu na szkodliwość ozonu i wysokiej koncentracji aerojonów ujemnych (nawet powyżej 10 000 000 jonów/cm<sup>3</sup> powietrza).

**Oczyszczacze z efektem Coandy mają większą skuteczność usuwania zanieczyszczeń.** Nie ma żadnych wiarygodnych danych badawczych potwierdzających to stwierdzenie. Efekt Coandy poprawia jedynie ukierunkowanie strumienia oczyszczanego powietrza.

**Medyczne oczyszczacze powietrza dla placówek ochrony zdrowia.** To termin czysto marketingowy. Nie istnieją żadne dostępne opracowania, akty prawne ani normy, które definiowałyby takie urządzenia. W rzeczywistości są to urządzenia oparte na tych samych procesach oczyszczania powietrza co oczyszczacze wykorzystywane w mieszkaniach, szkołach lub biurach. Zazwyczaj oprócz filtrów HEPA mają również lampy UVC pozwalające im dezynfekować powietrze. Urządzenia oczyszczające powietrze w placówkach medycznych oparte na technologii produkcji rodników powinny być zarejestrowane w Urzędzie Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych.

## Podsumowanie

Poprawnie dobrane i użytkowane oczyszczacze powietrza mogą w szybki sposób lokalnie poprawić jakość powietrza w pomieszczeniach. Należy jednak pamiętać, że nie są one alternatywą dla instalacji wentylacyjnej i nigdy jej nie zastąpią. Stosując oczyszczacze powietrza trzeba mieć na uwadze, że jak każde urządzenie mają one swoje ograniczenia pracy a w warunkach rzeczywistych trudno im osiągnąć deklarowane przez producentów lub sprze-

dawców 100% skuteczności w jednoczesnym usuwaniu różnych grup zanieczyszczeń.

## Bibliografia

- Afshari, A., Ekberg, L., Forejt, L., Mo, J., Rahimi, S., Siegel, J., & Zhang, J. (2020). Electrostatic precipitators as an indoor air cleaner—A literature review. *Sustainability*, 12(21), 8774. <https://doi.org/10.3390/su12218774>
- Association of Home Appliance Manufacturers. (2026). Consumer Room Air Cleaners and Equivalent Air Changes per Hour. [https://ahamverifide.org/wp-content/uploads/2026/02/AHAM-White-Paper\\_Air-Cleaner-ACH\\_2025.pdf](https://ahamverifide.org/wp-content/uploads/2026/02/AHAM-White-Paper_Air-Cleaner-ACH_2025.pdf) (Dostęp z 03.03.2026)
- Hoffmann, B., Boogaard, H., de Nazelle, A., Andersen, Z. J., Abramson, M., Brauer, M., & Thurston, G. (2021). WHO air quality guidelines 2021—aiming for healthier air for all: a joint statement by medical, public health, scientific societies and patient representative organisations. *International journal of public health*, 66, 1604465. <https://doi.org/10.3389/ijph.2021.1604465>
- ISO. (2025) ISO 16000-43:2025 Indoor air Standard method for assessing the reduction rate of culturable airborne fungi by air purifiers using a test chamber. *International Organization for Standardization*.
- ISO. (2023) ISO 16000-44:2023 Indoor air Test method for measuring perceived indoor air quality for use in testing the performance of gas phase air cleaners. *International Organization for Standardization*.
- Lin, C., He, J., Liu, Z., & Liang, Q. (2025). Effectiveness, safety, and challenges of UVC irradiation in indoor environments: A decade of review and prospects. *Building and Environment*, 276, 112868. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.112868>
- Liu, G., Xiao, M., Zhang, X., Gal, C., Chen, X., Liu, L., & Clements-Croome, D. (2017). A review of air filtration

technologies for sustainable and healthy building ventilation. *Sustainable cities and society*, 32, 375–396. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.04.011>

- Mamaghani, A. H., Haghghat, F., & Lee, C. S. (2017). Photocatalytic oxidation technology for indoor environment air purification: The state-of-the-art. *Applied Catalysis B: Environmental*, 203, 247–269. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2016.10.037>
- Mata, T. M., Martins, A. A., Calheiros, C. S., Villanueva, F., Alonso-Cuevilla, N. P., Gabriel, M. F., & Silva, G. V. (2022). Indoor air quality: a review of cleaning technologies. *Environments*, 9(9), 118. <https://doi.org/10.3390/environments9090118>
- PKN. (2024). PN-EN 60335-2-65:2004/A2:2023-01. Elektryczny sprzęt do użytku domowego i podobnego - Bezpieczeństwo użytkownika - Część 2–65: Wymagania szczegółowe dotyczące urządzeń do oczyszczania powietrza. *Polski Komitet Normalizacyjny*
- Romay, F. J., Ou, Q., & Pui, D. Y. (2024). Effect of ionizers on indoor air quality and performance of air cleaning systems. *Aerosol and Air Quality Research*, 24(1), 230240. <https://doi.org/10.4209/aaqr.230240>
- Siegel, J. A. (2016). Primary and secondary consequences of indoor air cleaners. *Indoor air*, 26(1), 88–96. <https://doi.org/10.1111/ina.12194>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2022). Guide to air cleaners in the home: Portable air cleaners, furnace and HVAC filters (2nd ed.). <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/guide-air-cleaners-home> (Dostęp z 03.03.2026)

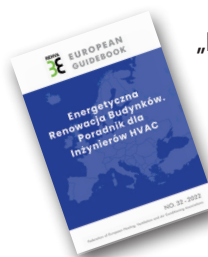
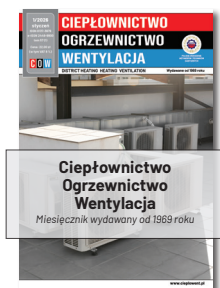
Publikacja dofinansowana ze środków budżetu państwa w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki/Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Nauka dla Społeczeństwa II” nr projektu Nds-II/SN/0008/2024/01, kwota dofinansowania 775 500,00 zł, całkowita wartość projektu 775 500,00 zł.

Zastrzeżenie: Oświadczenia, opinie i dane przedstawione w publikacjach są wyłączną odpowiedzialnością ich autorów i nie odzwierciedlają stanowiska redakcji *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek szkody dotyczące osób lub mienia wynikające z idei, metod, zaleceń lub produktów omawianych w treści publikacji. Artykuł udostępniony na licencji Creative Commons CC BY 4.0.

Disclaimer: The statements, opinions, and data presented in the publications are the sole responsibility of their authors and do not necessarily reflect the views of the editorial board of *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. The editorial board assumes no responsibility or liability for any injury to persons or damage to property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content of the publications. *The article is distributed under the Creative Commons CC BY 4.0 license.*

## Czasopisma Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych w nowej odsłonie

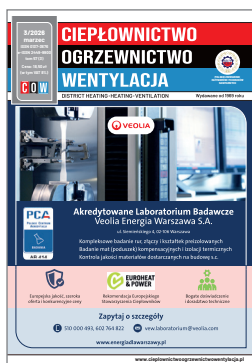
Dołącz już dziś do grona specjalistów i otrzymuj bezpłatną prenumeratę czasopism PZITS.



Zapisz się na **bezpłatną** prenumeratę czasopism, a otrzymasz e-poradnik: „REHVA GB.32: Energetyczna renowacja budynków. Poradnik dla inżynierów HVAC”

Więcej szczegółów na stronie: [www.pzits.pl/prenumerata](http://www.pzits.pl/prenumerata)





## Temperatura projektowa w przestrzeniach hospitalizacji pediatrycznej – uwarunkowania kliniczne i implikacje projektowe

Design temperature in paediatric hospitalization areas – clinical determinants and design implications



**Mgr inż. Radosław Niedzielski**

ORCID ID: [0009-0006-6570-318X](https://orcid.org/0009-0006-6570-318X)  
Szkola Doktorska, Wydział Architektury  
Politechnika Wroclawska  
[radoslaw.niedzielski@pwr.edu.pl](mailto:radoslaw.niedzielski@pwr.edu.pl)

**Słowa kluczowe:** temperatura projektowa, hospitalizacja pediatryczna, technologia medyczna, normy HVAC w szpitalach, środowisko wewnętrzne w ochronie zdrowia

### Streszczenie

Artykuł przedstawia analizę porównawczą krajowych przepisów oraz wybranych wytycznych zagranicznych dotyczących określania temperatury projektowej w przestrzeniach hospitalizacji pediatrycznej. Opracowanie obejmuje sale chorych noworodków (w tym wcześniaków), dzieci młodszych i starszych oraz oddziały intensywnej terapii neonatologicznej i pediatrycznej. W pracy zestawiono wymagania wynikające z polskich przepisów wykonawczych z zapisami dokumentów zagranicznych, w tym ANSI/ASHRAE 170, DIN 12831, DIN 1946-4 oraz CEN/TR 16244. Szczególną uwagę poświęcono różnicom metodologicznym pomiędzy temperaturą obliczeniową przyjmowaną do wyznaczania mocy instalacji grzewczych a zakresem temperatur eksploatacyjnych określających warunki użytkowe. Analizę normatywną uzupełniono o uwarunkowania kliniczne wynikające z ograniczeń termoregulacyjnych pacjentów pediatrycznych oraz specyfiki procedur medycznych wykonywanych przy łóżku chorego. Wyniki wskazują na brak jednoznacznego i spójnego systemu odniesienia w zakresie temperatur projektowych dla wszystkich grup wiekowych, co może prowadzić do rozbieżności interpretacyjnych w praktyce projektowej. W artykule podkreślono potrzebę interdyscyplinarnego ustalania parametrów środowiskowych oraz zasadność opracowania krajowych wytycznych dedykowanych hospitalizacji pediatrycznej.

**Keywords:** design indoor temperature, paediatric hospitalization, medical technology in healthcare facilities, HVAC standards in hospitals, indoor environment in healthcare buildings

### Abstract

This paper presents a comparative analysis of national regulations and selected international guidelines concerning the determination of design indoor temperatures in paediatric hospital environments. The study covers standard patient rooms for neonates (including preterm infants), younger and older children, as well as neonatal and paediatric intensive care units. Requirements defined in Polish executive regulations are compared with selected international documents, including ANSI/ASHRAE 170, DIN 12831, DIN 1946-4 and CEN/TR 16244. Particular attention is given to methodological differences between design indoor temperature used for heating load calculations and operational temperature ranges defining user conditions. The regulatory review is supplemented by clinical considerations related to thermoregulatory limitations of paediatric patients and the specific character of bedside medical procedures. The analysis indicates the absence of a consistent and unambiguous reference framework for design temperatures across all paediatric age groups, which may lead to interpretative discrepancies in engineering practice. The paper emphasizes the need for interdisciplinary coordination in defining environmental parameters and highlights the justification for developing dedicated national guidelines for paediatric hospital facilities.

## Wstęp

Zapewnienie odpowiednich warunków środowiska wewnętrznego w obiektach ochrony zdrowia stanowi jeden z kluczowych elementów procesu projektowego. W przypadku oddziałów pediatrycznych zagadnienie to nabiera szczególnego znaczenia, ponieważ pacjenci w różnych grupach wiekowych wykazują odmienną wrażliwość termiczną oraz różne potrzeby kliniczne. Dotyczy to w szczególności noworodków, w tym wcześniaków, dzieci młodszych do 3. roku życia, dzieci starszych oraz pacjentów w wieku

nastoletnim. Jednocześnie wartość temperatury projektowej przyjmowana do obliczeń mocy szczytowej instalacji grzewczych wpływa bezpośrednio na: dobór źródeł ciepła, parametry instalacji, wielkość urządzeń wentylacyjnych, bilans energetyczny budynku, a w konsekwencji na koszty inwestycyjne i eksploatacyjne. Tymczasem wymagania normatywne dotyczące temperatury powietrza w salach chorych nie zawsze są jednoznaczne. W obowiązujących przepisach krajowych brak jest precyzyjnego różnicowania temperatur projektowych dla wszystkich grup wiekowych hospitalizowanych dzieci. W niektórych przypadkach moż-

liwa jest różna interpretacja zapisów, szczególnie w odniesieniu do kwalifikacji funkcjonalnej sal chorych jako pomieszczeń przeznaczonych na pobyt osób bez odzieży.

Równocześnie zagraniczne dokumenty normatywne prezentują odmienne podejścia metodologiczne. Część z nich określa zakresy temperatur eksploatacyjnych dla ściśle zdefiniowanych funkcji klinicznych, inne natomiast operują kategoriami komfortu cieplnego i temperaturą obliczeniową przyjmowaną do projektowania instalacji. Różnice te mogą prowadzić do rozbieżności projektowych, szczególnie w obiektach realizowanych przy udziale międzynarodowych zespołów projektowych lub w oparciu o wytyczne zagraniczne inwestora.

Doświadczenie projektowe wskazuje na brak jednolitych standardów branżowych w zakresie określania temperatury projektowej dla przestrzeni hospitalizacji pediatrycznej. Problem ten jest szczególnie istotny w kontekście dynamicznie rozwijającej się diagnostyki i terapii przyłóżkowej, która zmienia funkcjonalny charakter sal chorych.

Celem niniejszego opracowania jest przegląd i porównanie obowiązujących przepisów krajowych oraz wybranych wytycznych zagranicznych dotyczących określania temperatury projektowej w przestrzeniach hospitalizacji pediatrycznej, ze szczególnym uwzględnieniem stopnia ich jednoznaczności, spójności oraz konsekwencji dla praktyki projektowej.

## Uwarunkowania normatywne i kliniczne

### Kryteria porównawcze

W celu zapewnienia porównywalności analizowanych dokumentów przyjęto jednolite kryteria odniesienia. Jako punkt bazowy ustalono wymagania dotyczące standardowej sali pacjenta, rozumianej jako pomieszczenie przeznaczone do całodobowego pobytu chorego w warunkach hospitalizacji. Sala taka stanowi najczęściej występującą jednostkę funkcjonalną oddziału szpitalnego oraz najbardziej reprezentatywny przykład przestrzeni, dla której definiowane są wymagania temperaturowe. Przyjęcie jej jako punktu odniesienia umożliwi odniesienie bardziej szczegółowych przypadków, takich jak sale pediatryczne czy oddziały intensywnej terapii, do wspólnego mianownika funkcjonalnego. W dalszej kolejności przeanalizowano stopień rozróżnienia wymagań w zależności od wieku hospitalizowanego pacjenta.

W praktyce klinicznej wyróżnia się co najmniej cztery podstawowe grupy: noworodki (w tym wcześniaki), dzieci młodsze do 3. roku życia, dzieci starsze oraz młodzież w wieku nastoletnim. Z punktu widzenia fizjologii termoregulacji różnice pomiędzy tymi grupami mają istotne znaczenie. Noworodki, a w szczególności wcześniaki, charakteryzują się ograniczoną zdolnością utrzymywania stałej temperatury ciała oraz zwiększoną wrażliwością na wychłodzenie. Wraz z wiekiem stabilizują się mechanizmy termoregulacyjne, co może uzasadniać przyjmowanie niższych temperatur otoczenia dla starszych dzieci i młodzieży.

Dodatkowym elementem niniejszej analizy było wyodrębnienie sal intensywnej terapii jako szczególnej kategorii funkcjonalnej. Uwzględniono zarówno oddziały intensywnej terapii ogólnej (z ang. Intensive Care Unit - ICU), jak i ich odmiany pediatryczne, tj. Oddział Intensywnej

Terapii Dziecięcej (z ang. Pediatric Intensive Care Unit - PICU) oraz neonatologiczne, tj. Oddział Intensywnej Terapii Noworodka (z ang. Neonatal Intensive Care Unit - NICU). Oddziały te charakteryzują się wysokim stopniem zaawansowania technologicznego, prowadzeniem procedur przyłóżkowych oraz często ograniczonym rozwojem pacjentów w zakresie termoregulacji. Z tego względu mogą wymagać odmiennych parametrów środowiskowych niż standardowe sale chorych.

W ramach analizy oceniono, czy poszczególne dokumenty normatywne wprost różnicują wymagania temperaturowe w zależności od wieku pacjenta oraz czy ewentualne rozróżnienie dotyczy wyłącznie obszarów neonatologicznych, czy obejmuje również pozostałe grupy pediatryczne.

### Ograniczenia termoregulacyjne pacjentów pediatrycznych

Noworodki, a zwłaszcza wcześniaki, charakteryzują się niedojrzałym mechanizmem termoregulacji. W porównaniu z dziećmi starszymi i dorosłymi:

- posiadają większy stosunek powierzchni ciała do masy,
- wykazują ograniczoną zdolność drżeniowej produkcji ciepła,
- mają cienką warstwę tkanki tłuszczowej,
- szybciej tracą ciepło przez konwekcję i promieniowanie.

Wartość temperatury powietrza tworząca neutralne środowisko cieplne (tzw. strefa neutralna) dla noworodka donoszonego wynosi zazwyczaj około 32–34°C w bezpośrednim otoczeniu skóry, natomiast dla wcześniaków powinna być wyższa. W warunkach sali szpitalnej utrzymanie takiego poziomu temperatury otoczenia realizowane jest poprzez stosowanie inkubatorów lub stanowisk grzewczych. Inkubatory neonatologiczne utrzymują temperaturę powietrza w zakresie około 32–37°C, w zależności od masy ciała i stanu klinicznego dziecka. Jednocześnie temperatura otoczenia (sali) nie może być zbyt niska, ponieważ powodowałoby to zwiększone straty ciepła podczas wyjmowania dziecka z inkubatora, procedur pielęgnacyjnych oraz transportu wewnątrzoddziałowego. W praktyce klinicznej przyjmuje się, że temperatura powietrza w salach neonatologicznych powinna być wyższa niż w standardowych salach chorych, aby ograniczyć ryzyko wychłodzenia pacjenta w trakcie czynności medycznych.

Szczególnym przykładem jest leczenie żółtaczki fizjologicznej noworodków z zastosowaniem lamp do fototerapii. Procedura ta wymaga rozebrania dziecka praktycznie do całkowitej nagości, przy jednoczesnym odsłonięciu możliwie dużej powierzchni skóry w celu zwiększenia skuteczności naświetlania. W takich warunkach utrzymanie stabilnej temperatury ciała jest możliwe wyłącznie przy odpowiednio wysokiej temperaturze otoczenia lub przy zastosowaniu dodatkowych źródeł ciepła. Zbyt niska temperatura powietrza w pomieszczeniu prowadzi do zwiększonego ryzyka hipotermii, co może skutkować zaburzeniami metabolicznymi oraz zwiększonym zużyciem energii przez organizm noworodka.

W oddziałach pediatrycznych, a szczególnie w neonatologii i intensywnej terapii dziecięcej, znaczna część procedur medycznych wykonywana jest bezpośrednio przy łóżku pacjenta. Dotyczy to m.in.: badań diagnostycznych, procedur pielęgnacyjnych, zabiegów inwazyjnych, czyn-

ności reanimacyjnych. W trakcie tych działań pacjent często pozostaje częściowo lub całkowicie rozebrany, co istotnie zwiększa utratę ciepła z organizmu. W przypadku dzieci młodszych mechanizmy kompensacyjne są ograniczone, z tej przyczyny parametry środowiskowe powinny uwzględniać realne warunki prowadzenia terapii.

### Wymagania w przepisach krajowych

Do najważniejszych aktów prawnych regulujących wymagania techniczne wobec budynków w Polsce należą ustawy oraz rozporządzenia wykonawcze. Ich spełnienie ma charakter obligatoryjny i stanowi warunek uzyskania pozwolenia na użytkowanie obiektu budowlanego.

Uwzględniając uwarunkowania kliniczne oraz obowiązujące regulacje prawne, w szczególności zapisy Rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać pomieszczenia i urządzenia podmiotu wykonującego działalność leczniczą (Ministerstwo Zdrowia, 2022), należy wskazać, że dla oddziałów pediatrycznych wprowadzono obowiązek wydzielenia dwóch podstawowych grup wiekowych: dzieci młodszych (poniżej 3. roku życia) oraz dzieci starszych (powyżej 3. roku życia). Regulacja ta ma charakter organizacyjno-funkcyjny i nie wprowadza dalszego, bardziej szczegółowego podziału pacjentów według wieku. W konsekwencji młodzież w wieku nastoletnim, pomimo istotnych różnic rozwojowych w stosunku do młodszych dzieci, hospitalizowana jest zazwyczaj w obrębie odcinka dzieci starszych, a w uzasadnionych przypadkach – na oddziałach przeznaczonych dla pacjentów dorosłych. Brak bardziej precyzyjnego różnicowania grup wiekowych w przepisach wykonawczych ma istotne znaczenie z punktu widzenia analizy wymagań temperaturowych. Oznacza to bowiem, że ewentualne zróżnicowanie parametrów środowiska wewnętrznego nie wynika wprost z regulacji krajowych, lecz może być przedmiotem interpretacji projektowej.

Na potrzeby niniejszego porównania przyjęto podział kategorii pomieszczeń zgodny z obowiązującymi w dniu opracowania przepisami wykonawczymi, co zapewnia spójność metodologiczną oraz odniesienie do aktualnego stanu prawnego.

W kontekście określania temperatury projektowej podstawowe znaczenie ma Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Minister Rozwoju i Technologii, 2022). Dokument ten określa wartości temperatury obliczeniowej, które należy przyjmować do wyznaczania mocy szczytowej instalacji ogrzewczych. W tabelarycznym zestawieniu wyróżniono kilka kategorii pomieszczeń, definiowanych poprzez sposób użytkowania oraz stan ubrania osób przebywających w ich wnętrzu.

Jedną z kategorii są pomieszczenia przeznaczone do rozbierania oraz na pobyt ludzi bez odzieży. Wśród przykładowych przestrzeni wymieniono m.in. gabinety lekarskie z rozbieraniem pacjentów, sale niemowląt, sale dziecięce w żłobkach oraz sale operacyjne. Dla tej grupy określono temperaturę obliczeniową na poziomie +24°C. Odrębną kategorię stanowią pomieszczenia przeznaczone na stały pobyt ludzi bez okryć zewnętrznych, do których zaliczono m.in. pokoje mieszkalne. Dla tej grupy przyjęto temperaturę obliczeniową +20°C. W przepisie nie wskazano jednak

jednoznacznego przykładu ani odrębnej kategorii odnoszącej się wprost do sal chorych pacjentów dorosłych lub dzieci starszych. Brak ten może prowadzić do rozbieżności interpretacyjnych przy kwalifikowaniu sal hospitalizacyjnych do jednej z wymienionych grup.

Istotnym elementem regulacji jest również zapis dopuszczający przyjmowanie innych wartości temperatury obliczeniowej niż wskazane w tabeli, jeżeli wynika to z wymagań technologicznych. Otwiera to możliwość dostosowania parametrów do specyfiki funkcjonalnej oddziału, jednak jednocześnie przenosi odpowiedzialność interpretacyjną na projektanta i inwestora.

## Analiza porównawcza i implikacje projektowe

### Wymagania w wytycznych zagranicznych

Dobór analizowanych dokumentów normatywnych nie jest przypadkowy, lecz wynika z przyjęcia kryterium reprezentatywności systemowej oraz dojrzałości regulacyjnej rynków ochrony zdrowia.

W analizie uwzględniono:

- amerykański standard ANSI/ASHRAE 170 (ASHRAE, 2021)
- niemieckie normy DIN 12831 (DIN, 2017) oraz DIN 1946-4 (DIN, 2018)
- europejski raport techniczny CEN/TR 16244 (CEN, 2011).

Pozwala to wykazać różnice pomiędzy normą eksploatacyjną a normą obliczeniową oraz ocenić konsekwencje projektowe obu systemów.

Włączenie raportu CEN/TR 16244 (CEN, 2011) ma na celu osadzenie analizy w szerszym kontekście unijnym. Dokument ten, choć nie ma charakteru normy, wyłącznie raport techniczny, stanowi wspólnotowy punkt odniesienia w zakresie charakterystyki energetycznej szpitali i wskazuje kierunki harmonizacji wymagań w państwach członkowskich, zatem jego uwzględnienie pozwala zachować perspektywę ponadnarodową.

### Zestawienie porównawcze

W przypadkach, w których dokument normatywny nie zawierał jednoznacznie określonych wartości temperatury powietrza dla analizowanej funkcji pomieszczenia, przyjęto wartości wynikające z interpretacji zapisów normy oraz z literatury branżowej, odpowiadające funkcjonalnie najbardziej zbliżonym kategoriom pomieszczeń.

W analizie uwzględniono: Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych (Minister Rozwoju i Technologii, 2022), amerykański standard ANSI/ASHRAE 170 (ASHRAE, 2021), niemieckie normy DIN 12831 (DIN, 2017) oraz DIN 1946-4 (DIN, 2018) oraz europejski raport techniczny FprCEN/TR 16244 (CEN, 2011) z uwzględnieniem interpretacji przedstawionych w artykule (Uścinowicz i Bogdan, 2016). Wyniki porównania przedstawiono w Tabeli 1.

### Rozbieżności między wytycznymi zagranicznymi

Zestawienie dokumentów umożliwia porównanie dwóch różnych podejść normatywnych:

- model amerykański – szczegółowe, tabelaryczne określenie parametrów eksploatacyjnych dla konkretnych

**Tabela 1.** Porównanie wymagań dot. temperatury powietrza w okresie zimowym dla sal dziecięcych, Źródło: opracowanie własne na podstawie (Minister Rozwoju i Technologii, 2022; ASHRAE, 2021; DIN, 2017, 2018; CEN, 2011)

**Table 1.** Winter Temperature Standards Comparison: Children's Areas, Source: authors' own study based on (Minister Rozwoju i Technologii, 2022; ASHRAE, 2021; DIN, 2017, 2018; CEN, 2011)

Lp.	Rodzaj sali chorych	Warunki techniczne	ASHRAE 170	DIN 12831 DIN 1946-4	FprCEN TR 16244
1.	Standardowa	20 lub 24°C	22–26°C	20°C	22–24°C
2.	Noworodkowa	24°C	22–26°C	21–24°C	22–26°C
3.	Dzieci młodszych (do 3 lat)	24°C	21–24°C	21–24°C	22–26°C
4.	Dzieci starszych (powyżej 3 lat)	20 lub 24°C	21–24°C	21–24°C	22–26°C
5.	Intensywnej terapii (ICU) <sup>1</sup>	24°C	21–24°C	22–26°C	22–26°C
6.	Intensywnej terapii neonatologicznej (NICU)	24°C	22–26°C	22–26°C	22–26°C
7.	Intensywnej terapii dziecięcej (PICU)	24°C	21–24°C	22–26°C	22–26°C
8.	Gabinet pielęgnacyjny	24°C	21–24°C	22–24°C	22–26°C

<sup>1</sup> w salach nadzoru poznieczuleniowego, wstępnej intensywnej terapii, wzmożonego nadzoru kardiologicznego i inne charakterem odpowiadające intensywnej terapii medycznej

funkcji klinicznych,

- model niemiecki – podejście oparte na klasyfikacji komfortu cieplnego oraz obliczeniowej temperaturze projektowej, z większym znaczeniem interpretacji projektowej.

Amerykański standard ANSI/ASHRAE 170 (ASHRAE, 2021) operuje zakresem temperatur eksploatacyjnych, określając minimalne i maksymalne wartości dla ściśle zdefiniowanych funkcji klinicznych. Dokument ten w sposób jednoznaczny wyodrębnia m.in. oddziały neonatologiczne, sale intensywnej terapii oraz inne przestrzenie opieki nad noworodkiem i dzieckiem. Tabela zawierająca wartości poszczególnych parametrów stanowi bezpośrednio narzędzie projektowe i ogranicza pole interpretacji. Nie wydzielono jednak innych grup wiekowych niż neonatologiczna. W konsekwencji dzieci młodsze i starsze traktowane są w ujęciu temperaturowym w sposób zbliżony, mimo odmiennych uwarunkowań fizjologicznych.

Niemieckie normy (DIN, 2017) oraz DIN 1946-4 (DIN, 2018) przyjmują odmienne podejście. DIN 12831 określa metodologię obliczania obciążenia cieplnego i wymaga przyjęcia temperatury projektowej, jednak nie różnicuje jej szczegółowo według funkcji klinicznej czy wieku pacjenta. DIN 1946-4 natomiast koncentruje się przede wszystkim na wymaganiach higienicznych i wentylacyjnych, nie wprowadzając kompletnej tabeli z wymaganymi temperaturami dla wszystkich typów sal chorych. W praktyce oznacza to większą rolę interpretacji projektowej.

Istotną rozbieżnością jest również różnica pomiędzy pojęciem temperatury obliczeniowej (stosowanej do wyznaczania mocy instalacji grzewczej) a zakresem temperatur eksploatacyjnych. System amerykański koncentruje się na parametrach użytkowych, natomiast system niemiecki – na wartości przyjmowanej do obliczeń projektowych. W konsekwencji odmienny sposób definiowania parametrów wpływa na filozofię projektowania. W systemie amerykańskim punktem odniesienia jest zapewnienie określonego zakresu temperatur w warunkach eksploatacyjnych (np. 21–24°C), natomiast w systemie niemieckim kluczowe jest przyjęcie jednej wartości temperatury do obliczeń projektowych (np. 22°C jako temperatura obliczeniowa).

Porównywanie tych wartości bez uwzględnienia różnicy metodologicznej może prowadzić do błędnych wniosków.

#### Konsekwencje dla praktyki projektowej

Krajowe wymagania ministerialne nie definiują jednoznacznie temperatur obliczeniowych sal chorych dla dzieci starszych oraz pacjentów dorosłych. Uwarunkowania proceduralne – terapia oraz diagnostyka są coraz częściej prowadzone na sali pacjenta, na oddziałach Anestezjologii i Intensywnej Terapii jest to standard postępowania – wskazują, że sale chorych powinny być kwalifikowane jako pomieszczenia przeznaczone na pobyt ludzi bez odzieży.

Brak jednoznacznych regulacji krajowych oraz niespójność podejść zagranicznych powodują, że projektant instalacji ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji w obiektach pediatrycznych zmuszony jest do samodzielnej interpretacji wymagań temperaturowych. W kontekście oddziałów pediatrycznych szczególnego znaczenia nabiera udział technologa medycznego w procesie projektowym. Znajomość procedur klinicznych, takich jak fototerapia noworodków, pielęgnacja wcześniaków, procedury przyłożkowe czy specyfika intensywnej terapii dziecięcej, pozwala właściwie ocenić, czy przyjmowana temperatura projektowa odpowiada rzeczywistym warunkom prowadzenia terapii. Brak tej wiedzy może skutkować przyjęciem parametrów formalnie poprawnych, lecz niedostosowanych do praktyki medycznej. W praktyce oznacza to konieczność każdorazowego ustalania, czy dana sala powinna być kwalifikowana jako pomieszczenie przeznaczone do pobytu osób bez odzieży, czy jako pomieszczenie stałego pobytu ludzi.

Nieprecyzyjność przepisów może prowadzić do:

- przyjmowania zawyżonych wartości temperatury projektowej w celu minimalizacji ryzyka niedoszacowania,
- zwiększenia mocy źródeł ciepła i przewymiarowania instalacji,
- wzrostu kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych,
- trudności w uzgodnieniach z inwestorem oraz użytkownikiem medycznym.

Dodatkowo, w projektach realizowanych przy udziale zagranicznych partnerów, brak jednoznacznego określe-

nia podstawy normatywnej może skutkować przyjęciem odmiennych założeń projektowych dla tej samej funkcji klinicznej. Wpływa to na spójność dokumentacji oraz parametry energetyczne budynku.

## Wnioski

Analiza wykazała, że obowiązujące przepisy krajowe nie wprowadzają jednoznacznego, szczegółowego różnicowania temperatur projektowych dla wszystkich grup wiekowych hospitalizowanych dzieci. Poza obszarem neonatologii brak jest precyzyjnych wskazań odnoszących się do dzieci młodszych, starszych oraz młodzieży.

Dokumenty zagraniczne, mimo większego stopnia uszczegółowienia, opierają się na odmiennych założeniach metodologicznych i nie tworzą jednolitego systemu odniesienia możliwego do bezpośredniego implementowania w realiach krajowych. Zestawienie wymagań normatywnych z uwarunkowaniami klinicznymi wskazuje, że różnicowanie temperatur w zależności od wieku pacjenta znajduje uzasadnienie fizjologiczne, jednak nie znajduje pełnego odzwierciedlenia w przepisach krajowych.

Zapewnienie właściwego poziomu komfortu cieplnego oraz bezpieczeństwa pacjentów pediatrycznych wymaga podejścia wielostronnego. Ustalenie temperatur projektowych powinno odbywać się w ramach współpracy projektanta instalacji HVAC, architekta, technologa medycznego oraz przedstawicieli personelu medycznego. Tylko takie skoordynowane działanie pozwala uwzględnić zarówno aspekty techniczne i energetyczne, jak i rzeczywiste potrzeby kliniczne.

Zasadne wydaje się rozważenie opracowania krajowych wytycznych dedykowanych hospitalizacji pediatrycznej, które w sposób jednoznaczny określałyby temperatury projektowe dla poszczególnych grup wiekowych, z uwzględnieniem interdyscyplinarnego charakteru procesu projektowego.

## Bibliografia

- ASHRAE. (2021). ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2021: Ventilation of Health Care Facilities. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*.
- DIN. (2017). DIN EN 12831-1:2017-09. Energy performance of buildings – Method for calculation of the design heat load – Part 1: Space heating load, Module M3-3. Deutsches Institut für Normung.
- DIN. (2018). DIN 1946-4:2018-09: Ventilation and air conditioning - Part 4: Ventilation in buildings and rooms of health care. Deutsches Institut für Normung.
- CEN. (2011). CEN/TR 16244:2011. Energy performance of buildings – Assessment of overall energy performance of healthcare buildings. Brussels. European Committee for Standardization.
- Minister Rozwoju i Technologii. (2022). Obwieszczenie z dnia 15 kwietnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2022 poz. 1225).
- Ministerstwo Zdrowia. (2022). Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 17 stycznia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać pomieszczenia i urządzenia podmiotu wykonującego działalność leczniczą (Dz.U. 2022 poz. 402).
- Uścińciewicz, P., & Bogdan, A. (2016). Środowisko wewnętrzne szpitalnych sal chorych w świetle dokumentów prawnych i normatywnych. *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*, pp. 180-188. <https://doi.org/10.15199/9.2.2016.5.3>

Zastrzeżenie: Oświadczenia, opinie i dane przedstawione w publikacjach są wyłączną odpowiedzialnością ich autorów i nie odzwierciedlają stanowiska redakcji *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek szkody dotyczące osób lub mienia wynikające z idei, metod, zaleceń lub produktów omawianych w treści publikacji. *Artykuł udostępniony na licencji Creative Commons CC BY 4.0.*

Disclaimer: The statements, opinions, and data presented in the publications are the sole responsibility of their authors and do not necessarily reflect the views of the editorial board of *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. The editorial board assumes no responsibility or liability for any injury to persons or damage to property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content of the publications. *The article is distributed under the Creative Commons CC BY 4.0 license.*

# XII PODLASKA KONFERENCJA CIEPŁOWNICZA

8-9 październik 2026 / Warchały



POLSKIE ZRZESZENIE  
INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW  
SANITARNYCH  
Oddział Białystok

Oddział Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych w Białymstoku zaprasza do udziału w XII Podlaskiej Konferencji Ciepłowniczej, która odbędzie się w dniach 8-9 października 2026 r. w hotelu Hotel Natura Mazur Resort & Conference.

Wydarzenie od lat gromadzi przedstawicieli przedsiębiorstw ciepłowniczych, projektantów, producentów technologii oraz środowisko naukowe, stanowiąc forum wymiany doświadczeń dotyczących rozwoju i modernizacji systemów ciepłowniczych. Hasłem tegorocznej edycji jest „Między efektywnością a bezpieczeństwem – bez kompromisów i bez złudzeń”.

Szczegóły: <https://pzits.bialystok.pl/xii-podlaska-konferencja-cieplownicza>

## Oddymianie garażu z windą samochodową w modernizowanym budynku zabytkowym



**Mgr inż. Grzegorz Sypek**

Etex Poland Sp. z o.o.

W niniejszym artykule omówiono ogólne zasady projektowania instalacji wentylacji oddymiającej służącej do usuwania dymu i ciepła z hali garażowej o niewielkiej kubaturze z windą samochodową. Instalacje tego rodzaju wymagają indywidualnego podejścia do projektowania, od formułowania założeń koncepcyjnych, przez określenie celów projektowych, po kryteria oceny skuteczności ich pracy w trybie pożarowym.

Garaże z windą samochodową są zwykle projektowane w nowych budynkach mieszkalnych lub modernizowanych budynkach zabytkowych, w przypadku których przebudowa wiąże się również ze zmianą sposobu użytkowania. Te projekty często bywają najbardziej wymagające ze względu na ograniczone możliwości ingerencji w strukturę budynku. Takie budynki zwykle są zlokalizowane w centrach miast, o gęstej zabudowie co może skutkować dodatkowymi ograniczeniami. Wymienione projekty mogą się od siebie istotnie różnić, niemniej jednak mają również charakterystyczne cechy wspólne, które pomagają usystematyzować podejście do projektowania instalacji wentylacji oddymiającej. Należą do nich na przykład:

- niewielką powierzchnię hali garażowej, zwykle z przedziału 300–600 m<sup>2</sup>,
- małą liczbę wyjść ewakuacyjnych, zwykle 1–2 wyjścia,
- trudniejszy dostęp ekip ratowniczo-gaśniczych do źródła pożaru.

Punktem wyjścia przy projektowaniu systemów, których funkcją jest zapewnienie, bezpieczeństwa pożarowego, powinna być analiza właściwych przepisów prawa. Wymagania istotne z perspektywy projektantów instalacji wentylacji oddymiającej są szczegółowo opisane w Dziale VI. Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Ministerstwo Rozwoju i Technologii, 2022), dotyczącym bezpieczeństwa pożarowego. Zgodnie z wymaganiami przywołanego rozporządzenia budynek i związane z nim urządzenia powinny być projektowane i wykonane w sposób ograniczający możliwość powstania pożaru, a w razie jego wystąpienia, zapewniający zgodnie z § 207:

1. zachowanie nośności konstrukcji przez określony czas;
2. ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia i dymu wewnątrz budynku;
3. ograniczenie rozprzestrzeniania się pożaru na sąsiednie obiekty budowlane lub tereny przyległe

4. możliwość ewakuacji ludzi lub ich uratowania w inny sposób;
5. uwzględnienie bezpieczeństwa ekip ratowniczych.
6. Instalacja wentylacji oddymiającej powinna spełniać wymogi wymienione w § 270, tj.:
7. Instalacja wentylacji oddymiającej powinna:
8. usuwać dym z intensywnością zapewniającą, że w czasie potrzebnym do ewakuacji ludzi na chronionych przejściach i drogach ewakuacyjnych nie wystąpi zadymienie lub temperatura uniemożliwiająca bezpieczną ewakuację;
9. mieć stały dopływ powietrza zewnętrznego uzupełniającego braki tego powietrza w wyniku jego wypływu wraz z dymem;

Przewody wentylacji oddymiającej, obsługujące:

1. wyłącznie jedną strefę pożarową, powinny mieć klasę odporności ogniowej z uwagi na szczelność ogniową i dymoszczelność – E600 S, co najmniej taką jak klasa odporności ogniowej stropu określona w § 216, przy czym dopuszcza się stosowanie klasy E300 S, jeżeli wynikająca z obliczeń temperatura dymu powstającego w czasie pożaru nie przekracza 300°C;
2. więcej niż jedną strefę pożarową, powinny mieć klasę odporności ogniowej E I S, co najmniej taką jak klasa odporności ogniowej stropu określona w § 216.

§ 277 p. 4: W strefie pożarowej garażu zamkniętego należy stosować instalację wentylacji oddymiającej uruchamianą za pomocą systemu wykrywania dymu, w przypadku gdy ta strefa nie posiada bezpośredniego wjazdu lub wyjazdu z budynku lub gdy jej powierzchnia przekracza 1500 m<sup>2</sup>.

W przypadku garaży podziemnych z windą samochodową, wymagane jest więc zaprojektowanie instalacji wentylacji oddymiającej z uwzględnieniem poniższych celów projektowych:

- umożliwienie ewakuacji osób przebywających w garażu,
- prowadzenia akcji gaśniczej,
- określenie wpływu pożaru na elementy instalacji np. wentylatory, przewody,
- ocenę oddziaływania pożaru konstrukcję budynku np. słupy.

Weryfikację spełnienia celów projektowych, z uwzględnieniem scenariusza ewakuacji, interakcji z innymi systemami budowlanymi oraz wpływu otoczenia należy prze-

Tabela 1. Charakterystyka problem; źródło: opracowanie własne

Przestrzeń chroniona	Garaż podziemny
Powierzchnia strefy pożarowej w garażu	< 1500 m <sup>2</sup>
Liczba stanowisk postojowych na kondygnacji	< 25
Wjazd do garażu	Winda samochodowa
Wymaganie	Instalacja wentylacji oddymiającej

Tabela 2. Charakterystyka budynku

Kategoria ZL i przeznaczenie	ZLV, hotel w budynku zabytkowym
Liczba kondygnacji podziemnych	2 (-1; -2)
Powierzchnia strefy pożarowej w garażu	410 m <sup>2</sup>
Podział na strefy pożarowe	Każda kondygnacja garażu
Wysokość kondygnacji w garażu	2,80 m
Kubatura hali garażowej	ok. 1100 m <sup>3</sup>
Liczba stanowisk postojowych na kondygnacji	14
Liczba ładowarek dla samochodów elektrycznych	2
Ewaluacja	1 wyjście ewakuacyjne
Wjazd do garażu	2 niezależne windy samochodowe

Tabela 3. Charakterystyka instalacji wentylacji oddymiającej; źródło: opracowanie własne

Usuwanie dymu i ciepła	mechaniczna wentylacja wyciągowa
Projektowa wydajność wentylatorów oddymiających	75 000 m <sup>3</sup> /h
Projektowa wydajność wentylatorów kompensacyjnych	62 500 m <sup>3</sup> /h
Doprowadzenie powietrza kompensacyjnego	
– nawiew mechaniczny	62 500 m <sup>3</sup> /h
– napływ grawitacyjny	12 500 m <sup>3</sup> /h
Szacht i punkty wyciągowe (powierzchnie efektywne)	1,75 m <sup>2</sup> 1 punkt wyciągowy zabezpieczony baterią klap wentylacji pożarowej EIS120 z siłownikami
Szachty i punkty kompensacyjne (powierzchnie efektywne)	po 1 punkcie do nawiewu i napływu kompensacyjnego 2,20 m <sup>2</sup> – szacht I 4,96 m <sup>2</sup> (punkt) 1,00 m <sup>2</sup> – szacht I 1,00 m <sup>2</sup> (punkt)
Zabezpieczenie punktów nawiewnych i kompensacyjnych	klapy wentylacji pożarowej EIS120 z siłownikami bez sprężyny powrotnej
Typ i klasa odporności ogniowej wentylatorów oddymiających	osiowe, F400/120 (400 °C I 120 min)
Typ i klasa odporności ogniowej wentylatorów kompensacyjnych	osiowe, F200/120 (200 °C I 120 min)
Rozruch wentylatorów	przetwornica częstotliwości
Zasilanie i sterowanie	centrala sterująco-zasilająca zlokalizowana w wydzielonym pomieszczeniu w garażu

przewodzić w dwóch etapach:

- z wykorzystaniem narzędzi inżynierii bezpieczeństwa pożarowego, po przygotowaniu koncepcji projektowej, dla określonych danych wejściowych i warunków brzegowych np. symulacje komputerowe (CFD),
- w toku prób w dużej skali, po zakończeniu prac budowlanych, wykończeniowych i montażowych, dla reprezentatywnego pożaru testowego np. próby z gorącym dymem.

Ocena skuteczności działania instalacji wentylacji oddymiającej na etapie projektu umożliwi wykrycie i usunięcie nieprawidłowości oraz optymalizację przyjętych rozwiązań. W projektach instalacji wentylacji oddymiającej małe garaże z windą samochodową możliwe jest na przykład ograniczenie wydajności wentylatorów oddymiających co przekłada się na lepsze wykorzystanie powierzchni użytkowej w budynku. Próby w dużej skali korespondują z rzeczywistymi warunkami eksploatacji budynku i stanowią ostateczne potwierdzenie spełnienia celów projektowych. Niemniej jednak nieprawidłowości wykryte na etapie ich prowadzenia mogą być trudne do usunięcia.

## Studium przypadku

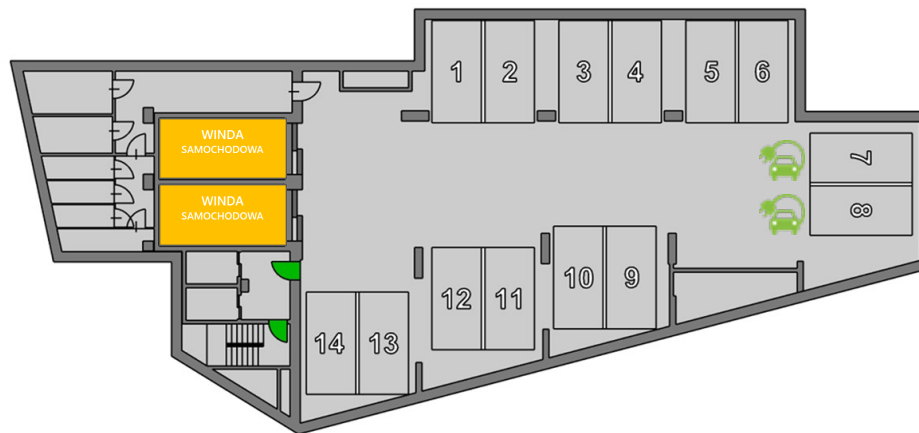
W celu objaśnienia algorytmu projektowego i ułatwienia diagnozy kluczowych, z perspektywy projektanta, zagrożeń przygotowano opisane poniżej studium przypadku. Tabela 1 przedstawia ogólną charakterystykę hali garażowej i wymagania w zakresie zastosowania instalacji wentylacji oddymiającej. W Tabeli 2, uzupełnionej Rysunkiem 1, opisano przeznaczenie budynku wraz z rzutem hali garażowej. Parametry projektowe i specyfikacja techniczna kluczowych komponentów instalacji wentylacji oddymiającej zostały zestawione w Tabeli 3. Na Rysunku 2 wskazano lokalizację punktu wyciągowego, służącego do usuwania dymu i ciepła oraz punktów kompensacyjnych umożliwiających właściwe bilansowanie instalacji. Listę potencjalnych czynników mogących zakłócać pracę instalacji przedstawiono w Tabeli 4.

W celu objaśnienia algorytmu projektowego i diagnozy kluczowych z perspektywy projektanta zagrożeń, przedstawiono cały proces w ramach studium przypadku.

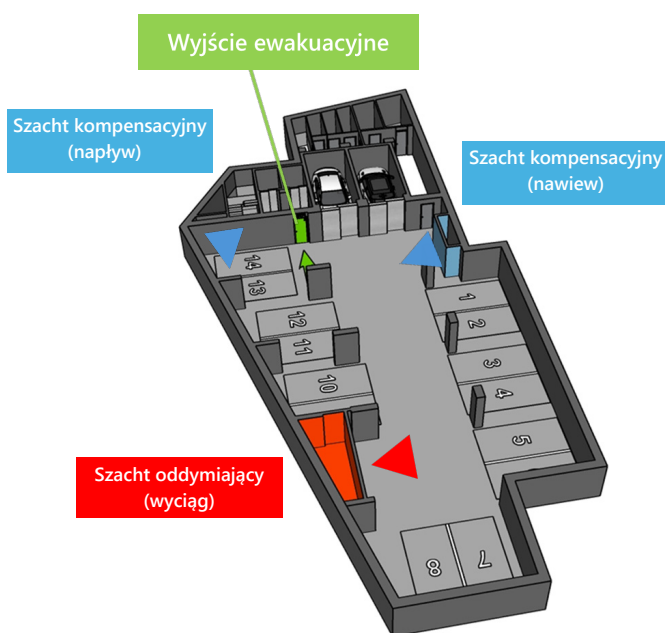
Projektowana instalacja wentylacji oddymiającej w obiekcie realizuje 2 scenariusze pożarowe odpowiadające wykryciu pożaru na w hali garażowej na kondygnacji -1 lub -2. W obu przypadkach planowana jest analogiczna sekwencja wysterowania komponentów instalacji zgodne z tabelą sterowań tj. otwarcie klap wentylacji pożarowej na zabudowanych na szachcie oddymiającym oraz punktach kompensacyjnych na właściwej kondygnacji. Ponad-

Tabela 4. Interakcje z innymi instalacjami w budynku i wpływ otoczenia; źródło: opracowanie własne

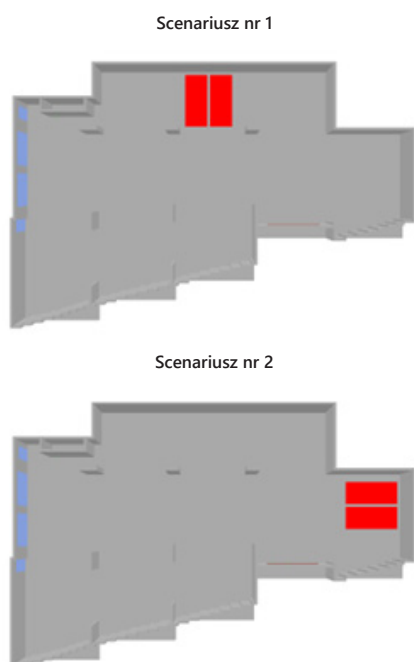
Interakcje z innymi systemami w budynku w przypadku wykrycia pożaru na kondygnacji garażowej	
– wentylacja bytowa garażu	nie – wyłączona i odcięta
– stałe urządzenia gaśnicze wodne	nie
– napowietrzanie przedsiönka ppoż.	tak – włączone
– oddymianie grawitacyjne klatki schodowej	brak – wyłączone
Wpływ otoczenia	pomijalny



Rysunek 1. Rzut hali kondygnacji garażowej; źródło: opracowanie własne



Rysunek 2. Schemat instalacji wentylacji oddymiającej; źródło: opracowanie własne



Rysunek 3. Lokalizacje pożaru projektowego w garażu; źródło: opracowanie własne

to w przypadku wykrycia pożaru, kabiny lub platformy wind samochodowych powinny zostać sprowadzone na poziom 0 i zablokowane z otwartymi drzwiami. Drzwi przystankowe wind samochodowych na kondygnacjach -1 i -2 powinny pozostać zamknięte. Założony wymagany czas bezpiecznej ewakuacji (WBCE) w analizowanym przypadku wynosił 150 s, jednak z uwagi na dostępność tylko jednego wyjścia ewakuacyjnego zastosowano nadatek bezpieczeństwa o wartości 60 s. Prognozowany czas rozpoczęcia akcji gaśniczej wynosił 900 s od momentu rozpoczęcia pożaru. Czas gaszenia pożaru wynosił 300 s. Czas oczyszczania garażu z dymu, gazów pożarowych i pary wodnej wynosił ok. 300 s.

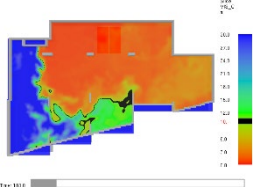
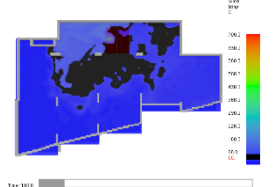
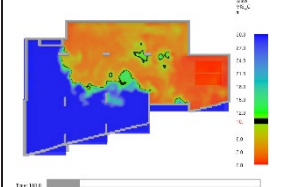
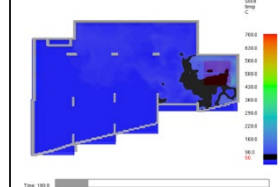
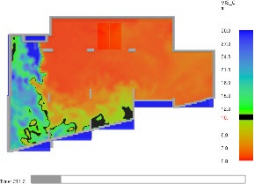
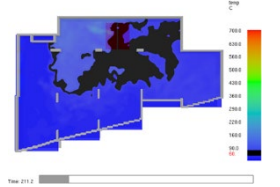
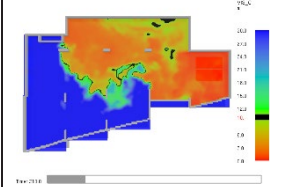

Skuteczność działania projektowanej instalacji wentylacji oddymiającej została potwierdzona z wykorzystaniem symulacji komputerowych (CFD), na etapie koncepcji projektowej dla reprezentatywnych lokalizacji pożaru projektowego 2 samochodów osobowych, o mocy 8000 kW, w hali garażowej i standardowej krzywej jego rozwoju wg normy NBN S 21-208-2 i definicji modelu obliczeniowego zgodnej z zasadami wiedzy technicznej w tym zakresie. Lokalizacje pożarów projektowych przedstawiono na Rysunku 3.

Wyniki symulacji komputerowych (CFD) w wybranych krokach czasowych podczas ewakuacji oraz w momencie rozpoczęcia akcji gaśniczej przedstawiono w Tabelach 5-7.

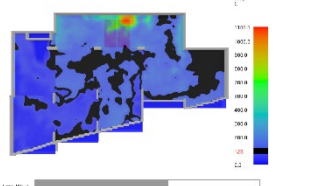
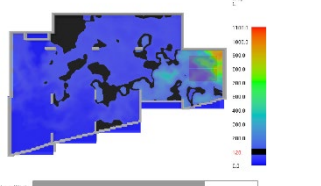
Na potrzeby określenia wymaganej klasy odporności ogniowej wentylatorów oddymiających konieczne jest wyznaczenie maksymalnej temperatury mieszaniny gazów pożarowych i powietrza usuwanych z garażu i zmierzonej na wlocie do szachtu oddymiającego. W tym celu należy zlokalizować pożar projektowy możliwie blisko punktu wyciągowego i sprawdzić zmienność uśrednionej temperatury w czasie. W analizowanym przypadku maksymalna temperatura wynosiła ok. 270 °C (Rysunek 4).

Precyzyjna i stabilna regulacja wydajności wentylatorów oddymiających oraz kompensacyjnych ma kluczowe znaczenie zarówno na etapie rozruchów instalacji, jak również podczas jej eksploatacji w trybie pożarowym. Dotyczy to w szczególności kwestii związanych z prawidłowym bilansowaniem strumieni usuwanych i dostarczanych do hali garażowej, o niewielkiej kubaturze i wysokiej szczelności, z uwzględnieniem rozszerzalności termicznej gazów w warunkach pożarowych. W Tabeli 8 zaprezen-

**Tabela 5.** Wyniki symulacji CFD podczas ewakuacji; źródło: opracowanie własne

Czas [s]	Scenariusz nr 1		Scenariusz nr 2	
	Zasięg widzialności h = 1,8 m ponad posadzką (min. 10 m)	Pole temperatury h = 1,8 m ponad posadzką (max. 60 °C)	Zasięg widzialności h = 1,8 m ponad posadzką (min. 10 m)	Pole temperatury h = 1,8 m ponad posadzką (max. 60 °C)
150				
210				

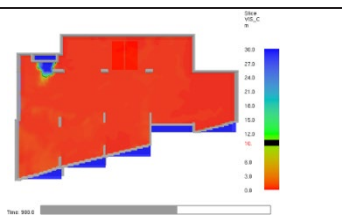
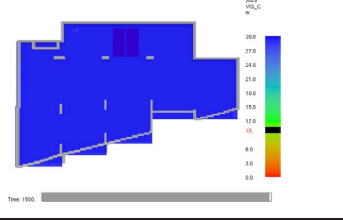
**Tabela 6.** Wyniki symulacji CFD w czasie rozpoczęcia akcji gaśniczej; źródło: opracowanie własne

Czas [s]	Scenariusz nr 1	Scenariusz nr 2
	Pole temperatury h = 1,5 m ponad posadzką (max. 120 °C w odl. 15 m)	Pole temperatury h = 1,5 m ponad posadzką (max. 120 °C w odl. 15 m)
900		

**Tabela 8.** Zmiana gęstości powietrza w funkcji temperatury; źródło: opracowanie własne

Temperatura [°C]	Objętość właściwa [m <sup>3</sup> /kg]	Gęstość [kg/m <sup>3</sup> ]
20	0,8300	1,205
100	1,0567	0,946
250	1,4816	0,675

**Tabela 7.** Wyniki symulacji CFD w czasie oczyszczania z dymu hali garażowej po zakończeniu gaszenia; źródło: opracowanie własne

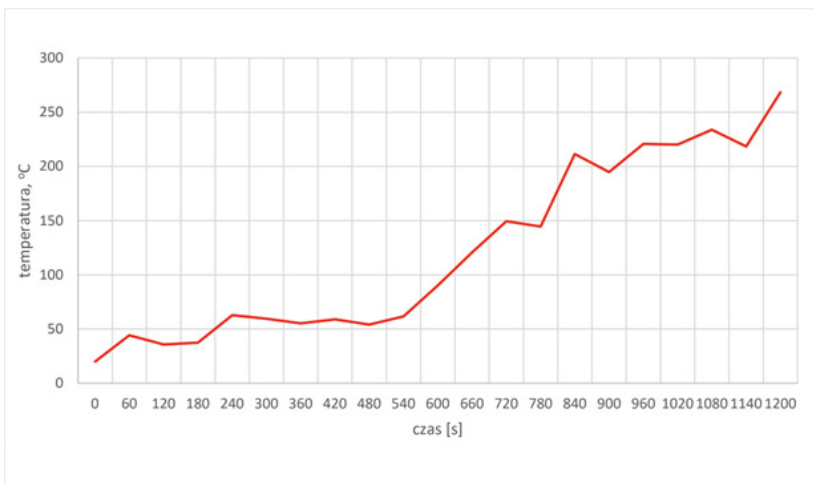
Czas [s]	Scenariusz nr 1
	Zasięg widzialności h = 1,8 m ponad posadzką
1200	
1500	

wano zmianę gęstości powietrza w funkcji temperatury w zakresie temperatur wyznaczonych z wykorzystaniem symulacji CFD.

W celu umożliwienia prawidłowego bilansowania strumieni w projektach instalacji wentylacji oddymiającej należy przewidzieć możliwość kompensacji naturalnej tj. poprzez napływ powietrza zewnętrznego przez szachty kompensacyjne w ilości co najmniej 15% projektowej wydajności wentylatorów oddymiających, optymalnie ok. 30%. Opcjonalnie należy zastosować nadążną regulację wydajności wentylatorów oddymiających w funkcji średniej temperatury gazów na wlocie do szachtu oddymiającego. Realizacja tego celu wymaga zastosowania czujników temperatury oraz specjalnego algorytmu regulacji z wykorzystaniem przetwornic częstotliwości (falowników). Zaletą takiego rozwiązania jest między innymi możliwość zmniejszenia przekrojów szachtów oddymiających albo ograniczenia mocy silników wentylatorów oddymia-

jących. Możliwości takiej optymalizacji powinny być każdorazowo weryfikowane na etapie opracowywania koncepcji projektowej instalacji wentylacji oddymiającej.

Ważną kwestią przy projektowaniu instalacji wentylacji oddymiającej w halach garażowych o niewielkiej kubaturze jest oddziaływanie pożaru na kanały wentylacyjne i elementy konstrukcji budynku. Efekty te są szczególnie widoczne w bezpośrednim sąsiedztwie pożaru, gdzie temperatura pod stropem ponad płonącym samochodem osiąga wartość 1000 °C. Z tego względu przewody wentylacji oddymiającej lub kompensacyjne prowadzone ponad miejscami postojowymi powinny spełniać wymagania klasy odporności ogniowej EIS120. Dodatkowo zalecane jest zabezpieczenie konstrukcji stropu i wykonanie wydzieli w obrębie miejsc postojowych przystosowanych do ładowania samochodów elektrycznych z wykorzystaniem okładzin z płyt ogniochronnych np. płyt krzemianowo-wapiennych (Rysunek 5).



Rysunek 4. Zmiana średniej temperatury mieszaniny gazów pożarowych i powietrza usuwanej przez instalację wentylacji oddymiającej; źródło: opracowanie własne



Rysunek 5. Przykład zastosowania krzemianowo-wapniowych płyt ogniochronnych do zabezpieczenia konstrukcji budynku i budowy przewodów oddymiających; źródło: materiały techniczne Promat – Etex Poland Sp. z o. o.

## Wnioski

Na podstawie przedstawionego studium przypadku można stwierdzić, że do projektowania instalacji wentylacji oddymiającej w małych garażach z windą samochodową należy każdorazowo stosować podejście inżynierskie. W tym procesie niezwykle przydatne są symulacje CFD, które umożliwiają optymalizację parametrów instalacji. W przypadku budynków zabytkowych użyteczne są przewody samonośne i lekkie szachty, które dodatkowo pozwalają ograniczyć konieczność ingerencji w konstrukcję budynku. Poniżej zestawiono najważniejsze wnioski wynikające z przeprowadzonej analizy, które można traktować jako elementy dobrej praktyki projektowania instalacji wentylacji oddymiającej w garażach z windą samochodową:

- nie należy lokalizować wyjść ewakuacyjnych w bezpośrednim sąsiedztwie miejsc postojowych, w szczególności przystosowanych do ładowania samochodów elektrycznych,
- punkty wyciągowe wentylacji oddymiającej należy lo-

kalizować możliwie daleko od wyjść ewakuacyjnych,

- projektowa wydajność wentylatorów oddymiających powinna zapewniać minimalną krotność wymian w hali garażowej na poziomie 50 1/h,
- punkty doprowadzenia powietrza kompensacyjnego do oddymiania należy lokalizować przy wyjściach ewakuacyjnych,
- projektowa wydajność kompensacji naturalnej powinna odpowiadać min. 15% projektowej wydajności wentylatorów oddymiających,
- prędkość napływu powietrza w szachcie kompensacyjnym nie powinna przekraczać wartości 3,5 m/s,
- halę garażową należy utrzymywać w podciśnieniu na poziomie ok. 15 Pa w stosunku do otoczenia (wartość wynikowa),
- na etapie obliczeń związanych z bilansowaniem strumieni należy uwzględnić zmianę gęstości powietrza w funkcji temperatury. Na etapie projektowym można bilans strumieni objętościowych zastąpić strumieniami masowymi,
- przedsionki przeciwpożarowe klatek schodowych na kondygnacjach garażowych powinny być wyposażone w instalację wentylacji mechanicznej, nawiewnej lub nawiewno-wywiewnej, działającą w trybie pożarowym i zapewniającą wytworzenie w przedsionku nadciśnienia ok. 15 Pa, w stosunku do hali garażowej,
- miejsca postojowe przystosowane do ładowania samochodów elektrycznych powinny być wydzielone od siebie ściankami pełnymi, w grupach maksymalnie po 3 miejsca postojowe,
- strop nad miejscami postojowymi przystosowanymi do ładowania samochodów elektrycznych powinien być zabezpieczony przed oddziaływaniem pożaru np. z wykorzystaniem płyt ogniochronnych,
- rozruchy instalacji wentylacji oddymiającej należy prowadzić dla maksymalnie rozszczelnionej hali garażowej np. otwarcie drzwi ewakuacyjnych.

## Bibliografia

- Minister Rozwoju i Technologii. (2022). Obwieszczenie z dnia 15 kwietnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2022 poz. 1225).
- NBN S 21-208-2:2014 Fire protection in buildings - Design of smoke and heat exhaust ventilation systems (SHEV) for enclosed car park

## Projekt budowlany w praktyce: kiedy można odstąpić od PAB i PT?



**Andrzej Falkowski**

Przewodniczący Głównej Komisji Legislacyjnej  
Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych

Kontynuując cykl artykułów odpowiadających na zagadnienia prawne nadsyłane przez inżynierów budownictwa, dziś zajmiemy się tematem projektu technicznego (PT), także podpisów osób biorących udział w opracowaniu projektu budowlanego.

*Pytanie: proszę o informację w jakiej formie powinna być przygotowana dokumentacja projektowa dotycząca obiektów liniowych, w której nie ma elementów architektonicznych, np. tylko sieć wodociągowa, czy ciepłownicza. W moim rozumieniu i praktyki przygotowuję:*

- a. PZT który składam w Starostwie Powiatowym na zgłoszenie lub pozwolenie,
- b. Załączniki Projektu Budowlanego (wymagane uzgodnienia i opinie).

*Odstępuję od sporządzenia projektu architektoniczno-budowlanego (PAB) na podstawie art. 34 ust. 3b ze względu na brak projektowanych elementów architektonicznych. Pytanie - czy w sytuacji odstąpienia od wykonania PAB muszą odstąpić również od wykonania PT, czy mogę wykonać PT według schematu powyżej. Proszę o odpowiedź i interpretację przepisów.*

**Odpowiedź:** jeśli dobrze zrozumiałem intencję pytania – chciałby Pan wykonać PT pomimo tego, że ze względu na charakter obiektu nie wymagał on sporządzenia PAB, a tym samym nie był on dołączony do wniosku o pozwolenie na budowę.

Na wstępie należy zauważyć, że przywołany w pytaniu art. 34 ust. 3b Prawa budowlanego zwalnia z obowiązku zawarcia w projekcie budowlanym zarówno projektu architektoniczno-budowlanego (PAB), jak i technicznego (PT). Zwolnienie to dotyczy budowy lub przebudowy urządzeń budowlanych oraz sieci uzbrojenia terenu, jeżeli całość problematyki może być przedstawiona w projekcie zagospodarowania działki lub terenu (PZT).

O ile w przepisie tym nie ma wprost zakazu, aby PT jednak wykonać w takiej sytuacji, to warto zauważyć, że byłoby to postępowanie mogące rodzić pewne niejednoznaczności prawne.

W pierwszej kolejności, aby podeprzeć się przepisem, który umożliwia jednak takie działanie, przywołajmy treść § 24 rozporządzenia Ministra Rozwoju w sprawie szczegó-

łowego zakresu i formy projektu budowlanego, w którym czytamy, że część rysunkowa projektu technicznego zawiera co najmniej:

*„1) rzuty wszystkich charakterystycznych poziomów obiektu budowlanego, w tym widok dachu lub przekrycia oraz przekroje i elewacje, a dla obiektu liniowego - przekroje poprzeczne i podłużne (profile), przeprowadzone w charakterystycznych miejscach obiektu budowlanego, niezawarte w części rysunkowej projektu zagospodarowania działki lub terenu lub projektu architektoniczno-budowlanego konieczne do przedstawienia: ...”.*

Czyli rzeczywiście PT mógłby być sporządzony i byłby rozwiązaniem PZT.

Powstaje jednak pytanie w jakim celu to opracowanie robić, skoro położenie sytuacyjno-wysokościowe (zakładam, że w pytaniu chodzi głównie o profile) w przypadku obiektów liniowych można umieścić w PZT? Wynika to z § 15 ust. 2 pkt 14 rozporządzenia Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego.

Ponadto w przypadku sieci uzbrojenia terenu opracowuje się przecież zazwyczaj projekt wykonawczy (PW), który choć nieuregulowany w Prawie budowlanym, to ma co do zasady większą dokładność niż PT, a nie stworzyłby różnych problematycznych dylematów związanych z niektórymi przepisami.

Przykładem takiego dylematu może być choćby to, że zgodnie z art. 41 ust. 4a pkt 2 Prawa budowlanego - do zawiadomienia organu nadzoru budowlanego o zamierzonym terminie rozpoczęcia robót budowlanych inwestor dołącza m.in. „oświadczenie lub kopię oświadczenia projektanta i projektanta sprawdzającego o sporządzeniu projektu technicznego, dotyczącego zamierzenia budowlanego zgodnie z obowiązującymi przepisami, zasadami wiedzy technicznej, projektem zagospodarowania działki lub terenu **oraz projektem architektoniczno-budowlanym** oraz rozstrzygnięciami dotyczącymi zamierzenia budowlanego.”

Siłą rzeczy takiego oświadczenia, tj. o sporządzeniu projektu technicznego zgodnego z projektem architektoniczno-budowlanym w tym przypadku nie da się złożyć, gdyż jak sam Pan wspominał - PAB nie był sporządzany, a pozwolenie na budowę zostało wydane wyłącznie w oparciu o PZT. Ten fakt może więc rodzić problemy formalne, choćby ze

strony organów nadzoru budowlanego.

Takich zagadnień jest więcej, np. zgodnie z art. 45a ust. 1 pkt 2 Prawa budowlanego - „... przed rozpoczęciem budowy lub rozbiórki kierownik budowy jest obowiązany potwierdzić wpisem w dzienniku budowy otrzymanie od inwestora zatwierdzonego projektu budowlanego oraz, o ile jest wymagany - projektu technicznego albo projektu rozbiórki”.

W tej sytuacji PT nie jest wymagany, więc również kierownika budowy mógłby mieć dylemat – czy powinien mimo wszystko złożyć takie oświadczenie, czy też nie.

W stanowisku Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego z dnia 26 maja 2023 r. znak: DPR.022.228.2023 czytamy m.in.:

“Zgodnie z art. 57 ust. 1 pkt 1a ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz. U. z 2023 r. poz. 682), zwanej dalej „ustawą”, do zawiadomienia o zakończeniu budowy obiektu budowlanego lub wniosku o udzielenie pozwolenia na użytkowanie inwestor jest obowiązany dołączyć projekt techniczny, z uwzględnieniem zmian, o których mowa w art. 36b ust. 2.

Oczywistym jest jednak, że w przypadku inwestycji, dla których nie wymaga się sporządzenia projektu technicznego, nie ma również obowiązku załączania projektu technicznego do ww. zawiadomień i wniosków. Przeciwna interpretacja prowadziłaby do absurdu.”

Stanowisko to dostępne jest na stronie: <https://tiny.pl/zw3wd07w4>

Podsumowując powyższe – warto rozważyć odstąpienie od sporządzania PT tam, gdzie nie jest on wymagany, a tym bardziej gdy nie był sporządzany PAB. W przeciwnym wypadku napotka Pan (i inni uczestnicy procesu budowlanego) sytuacje niejednoznaczne prawnie, a przez to mogące komplikować proces budowy. W szczególności, jeśli w ramach zlecenia na opracowanie dokumentacji projektowej sporządzany jest projekt wykonawczy, który uszczegóławia projekt budowlany, a jednocześnie nie stwarza powyższych wątpliwości interpretacyjnych.

*Pytanie: w nawiązaniu do stanowiska Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego dot. konieczności/braku potrzeby podpisania m.in. pliku elektronicznego PZT przez osoby nie biorące udziału w tworzeniu projektu, mam pytanie: czy taki brak konieczności dotyczy również geodety, który przygotował nam mapę do celów projektowych i opatrzył ją podpisem kwalifikowanym? W wersji czystego pdf-a przy przekazywaniu nam, jako projektantom, końcowej pracy. Niektóre organy AAB żądają od nas przy zgłaszaniu dokumentów na pozwolenie na budowę, aby był w pliku również podpis geodety mimo, że nie brał on udziału w procesie projektowym.*

Odpowiedź: tak, brak konieczności potrzeby podpisania PZT przez osoby nie biorące udziału w tworzeniu projektu dotyczy również np. geodety, który przygotował mapę do celów projektowych (MDCP) i opatrzył ją podpisem kwalifikowanym.

Wynika to z faktu, że zgodnie z § 15 ust. 1 rozporządzenia Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego:

„1. Część rysunkową projektu zagospodarowania działki lub terenu sporządza się na aktualnej mapie do celów projektowych **lub jej kopii.**”

Skoro PZT można sporządzić na kopii MDCP, to siłą rzeczy nie jest potrzebny oryginalny (odręczny lub elektroniczny) podpis osoby, która ją sporządziła.

Co prawda organ AAB może mieć niekiedy wątpliwości np. co do prawdziwości MDCP, ale wówczas również nie może żądać oryginalnego podpisu geodety na projekcie, lecz skorzystać z innych dróg weryfikacji prawdziwości mapy będącej podkładem tego projektu, ewentualnie poprosić projektanta o udostępnienie do wglądu pliku MDCP z oryginalnym podpisem elektronicznym geodety.



## XVII edycja międzynarodowej konferencji z cyklu **Air, Heat and Energy**

pamięci prof. dr. inż. Gerarda Jana Beslera

Organizatorzy



Politechnika Wroclawska

Wydział Inżynierii Środowiska 

Partner wydarzenia



16–19 czerwca 2026

Artus Resort  
ul. Wilcza 9  
58-540 Karpacz

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



Konferencja  
Air, Heat and Energy

Patronat honorowy



Patronat medialny  
i czasopisma



& Chłodnictwo  
& Klimatyzacja



OGRZEWNICTWO | WENTYLACJA | CIEPŁOWNICTWO | KLIMATYZACJA | MIKROKLIMAT | MAGAZYN ENERGI  
SIECI I INSTALACJE SANITARNE I GAZOWE | EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA | JAKOŚĆ POWIETRZA WEWNĘTRZNEGO

## HumanIC – Człowiek w centrum projektowania środowiska szpitalnego



W odpowiedzi na wyzwania, jakie niesie ze sobą projektowanie i eksploatacja nowoczesnych placówek ochrony zdrowia, w styczniu 2024 roku zainaugurowano realizację europejskiego projektu badawczo-szkoleniowego **HumanIC – Human-Centric Indoor Climate for Healthcare Facilities**. Projekt ten,

finansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach prestiżowego programu Horyzont Europa (działania MSCA – Marie Skłodowska-Curie, nr 101119726), stawia sobie za cel wypracowanie nowego, holistycznego podejścia do projektowania środowiska wewnętrznego w szpitalach, które uwzględni nie tylko wymagania techniczne i energetyczne, ale przede wszystkim potrzeby fizjologiczne, psychiczne i zdrowotne pacjentów oraz personelu medycznego.

### Revolucja w projektowaniu środowiska szpitalnego

Dotychczasowe podejście do projektowania klimatu wewnętrznego w placówkach medycznych skupiało się głównie na aspektach technicznych systemów HVAC – takich jak wentylacja, ogrzewanie, chłodzenie czy filtracja powietrza. HumanIC proponuje nową strategię, w której projektowanie przestrzeni medycznej odbywa się z **perspektywy człowieka**, jako głównego odbiorcy i uczestnika procesów zachodzących w szpitalnym środowisku.

Środowisko wewnętrzne szpitali ma bezpośredni wpływ na zdrowie, bezpieczeństwo i komfort pacjentów, a także na efektywność pracy personelu medycznego. Dane statystyczne wskazują, że w samej Unii Europejskiej każdego roku ponad 4 miliony pacjentów zapada na tzw. zakażenia związane z opieką zdrowotną (HAI – Healthcare-Associated Infections), z czego około 20% może być związanych z jakością środowiska wewnętrznego. HumanIC dąży do ograniczenia tego problemu poprzez wprowadzenie nowych modeli projektowania, które będą uwzględniały dynamiczne interakcje pomiędzy źródłami zanieczyszczeń, cyrkulacją powietrza, aktywnością ludzi oraz obciążeniem energetycznym systemów.

### Program badawczo-szkoleniowy

HumanIC to nie tylko projekt badawczy, ale również zaawansowany program doktorancki, w ramach którego kilkunastu młodych naukowców (doktorantów) z całej Europy będzie prowadzić badania interdyscyplinarne pod okiem ekspertów akademickich i przemysłowych. Ich prace będą obejmowały m.in.:

- opracowanie nowych metod oceny jakości środowiska wewnętrznego w salach operacyjnych i pokojach pacjentów,
- modelowanie przepływu powietrza i rozprzestrzeniania się patogenów w środowisku klinicznym,
- integrację danych środowiskowych i fizjologicznych z systemami zarządzania budynkiem,
- badania nad wpływem mikroklimatu na zdrowie i dobrostan człowieka,
- rozwój technologii wspierających decyzje projektowe w oparciu o sztuczną inteligencję.

Szkolenia w ramach HumanIC będą obejmowały nie tylko warsztaty i kursy techniczne, ale również zagadnienia z zakresu projektowania skoncentrowanego na człowieku (human-centered design), etyki badań, komunikacji naukowej oraz komercjalizacji wyników.

### Partnerzy i multidyscyplinarna współpraca

Projekt HumanIC to przedsięwzięcie o zasięgu paneuropejskim, angażujące **18 organizacji partnerskich** z 9 krajów: uniwersytetów technicznych, instytucji ochrony zdrowia, firm inżynierskich i technologicznych, a także organizacji branżowych. Wśród partnerów znajdują się m.in.: Politechnika Warszawska (lider projektu), Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Technische Universität Berlin (Niemcy), KTH Royal Institute of Technology (Szwecja), Aalto University (Finlandia), University of Leeds (Wielka Brytania), Universidad Carlos III de Madrid (Hiszpania), St. Olavs Hospital (Norwegia), Fundación Para la Investigación Biomédica Hospital Gregorio Marañón (Hiszpania), University of Coimbra (Portugalia) oraz Charité – Universitätsmedizin Berlin (Niemcy) i REHVA – Federacja Europejskich Stowarzyszeń HVAC. Firmy technologiczne uczestniczące w projekcie, takie jak Halton, Granlund, Drees & Sommer, ActiveTek Medica, Avidicare czy Industria, dostarczają wiedzę, narzędzia i technologie wspierające innowacyjne projektowanie i badania.

### Dlaczego to ważne?

Nowe pokolenie projektantów, inżynierów i naukowców, które wykształci się w ramach HumanIC, ma szansę zrewolucjonizować sposób, w jaki projektujemy przestrzenie medyczne – nie tylko w szpitalach, ale też w domach opieki, klinikach, a nawet w środowiskach tymczasowej opieki (np. podczas katastrof humanitarnych).

HumanIC wpisuje się w szerszy trend projektowania zorientowanego na człowieka, który uwzględnia informacje środowiskowe, dane biologiczne i psychofizyczne, a także zrównoważony rozwój i efektywność energetyczną. W dobie zagrożeń epidemiologicznych, starzejących się społeczeństw i rosnących kosztów opieki zdrowotnej, projektowanie szpitali przyszłości wymaga podejścia opartego nie tylko na technologii, ale także na głębokim zrozumieniu ludzkich potrzeb.

Więcej informacji o projekcie dostępne jest na stronie internetowej: [www.human-ic.eu](http://www.human-ic.eu) oraz w mediach społecznościowych: <https://www.linkedin.com/company/humanic-dn/> i <https://www.facebook.com/humanic.dn>

*Dr hab. inż. Anna Bogdan, prof. PW*

*Projekt otrzymał dofinansowanie z programu Unii Europejskiej w zakresie badań naukowych i innowacji Horyzont Europa w ramach działań Marii Skłodowskiej-Curie (HORIZON-MSCA-2022-DN-01, nr projektu 101119726).*



**Funded by  
the European Union**



## Wspomnienie o dr inż. Florianie Piechurskim

Środowisko inżynierów sanitarnych z głębokim żalem przyjęło wiadomość o śmierci **dr. inż. Floriana Grzegorza Piechurskiego** – cenionego naukowca, dydaktyka, eksperta w dziedzinie gospodarki wodno-kanalizacyjnej oraz wieloletniego działacza organizacji zawodowych. Odszedł człowiek, który przez wiele lat swojej działalności naukowej i społecznej pozostawał autorytetem dla środowiska inżynierskiego oraz mentorem dla wielu młodszych pokoleń specjalistów branży sanitarnej.

Dr inż. Florian Piechurski urodził się 4 maja 1955 roku w Jaciskach. Swoją drogę zawodową związał przede wszystkim z działalnością naukowo-dydaktyczną oraz praktyką projektową w dziedzinie inżynierii środowiska. Przez ponad cztery dekady był związany z Politechniką Śląską w Gliwicach, gdzie pracował na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki w jednostce zajmującej się problematyką wodociągów i kanalizacji. W trakcie swojej kariery akademickiej pełnił funkcje od asystenta po starszego wykładowcę, prowadząc działalność dydaktyczną i badawczą aż do roku 2021.

W swojej pracy naukowej i dydaktycznej koncentrował się przede wszystkim na zagadnieniach związanych z gospodarką wodną, systemami wodociagowymi i kanalizacyjnymi oraz technologiami uzdatniania i dystrybucji wody. Był autorem i współautorem licznych publikacji naukowych i technicznych, w których podejmował m.in. problematykę ograniczania strat wody w sieciach wodociagowych, technologii uzdatniania wody basenowej, doboru materiałów do budowy sieci kanalizacyjnych czy analiz kosztowych budowy infrastruktury kanalizacyjnej. Jego dorobek publikacyjny obejmuje kilkadziesiąt opracowań naukowych, technicznych i branżowych, które przez lata stanowiły ważne źródło wiedzy zarówno dla środowiska akademickiego, jak i dla praktyków gospodarki wodociagowo-kanalizacyjnej.

Istotnym elementem jego działalności była także aktywność projektowa i ekspercka. Od początku lat dziewięćdziesiątych prowadził własną działalność gospodarczą, w ramach której uczestniczył w projektowaniu oraz nadzorowaniu realizacji instalacji i sieci sanitarnych. Brał udział w opracowaniu licznych projektów instalacji basenowych oraz systemów wodociagowych i kanalizacyjnych, łącząc wiedzę naukową z praktycznym doświadczeniem inżynierskim.

Równoległe z działalnością naukową i projektową intensywnie angażował się w kształcenie przyszłych inżynierów. W trakcie wieloletniej pracy dydaktycznej był promotorem setek prac dyplomowych na studiach inżynierskich i magisterskich, przyczyniając się do przygotowania kolejnych pokoleń specjalistów dla branży wodociagowo-kanalizacyjnej. W szczególny sposób angażował się również w rozwój kształcenia podyplomowego – przez wiele lat organizował i kierował studiami podyplomowymi poświęconymi postępowi technicznemu w wodociągach i kanalizacji, które cieszyły się dużym zainteresowaniem przedstawicieli przedsiębiorstw wodociagowych i projektantów.

Dr Piechurski był również aktywnym uczestnikiem życia konferencyjnego i branżowego. Występował jako prelegent na licznych konferencjach naukowo-technicznych oraz seminariach specjalistycznych, gdzie dzielił się swoją wiedzą i doświadczeniem z zakresu nowoczesnych technologii w gospodarce wodnej. Współorganizował także liczne wydarzenia naukowe i branżowe, w tym

cykle sympozjów poświęconych nowym technologiom w instalacjach i sieciach wodociagowo-kanalizacyjnych oraz zagadnieniom instalacji basenowych. Był również związany z wieloma konferencjami branżowymi jako członek komitetów naukowych i programowych, a także jako recenzent i współpracownik czasopism technicznych.

Szczególne miejsce w jego działalności zajmowała współpraca ze środowiskiem przedsiębiorstw wodociagowo-kanalizacyjnych. Przez wiele lat wspierał swoją wiedzą i doświadczeniem praktyków branży, uczestnicząc w rozwiązywaniu problemów eksploatacyjnych oraz w upowszechnianiu nowych technologii, w tym technologii bezwykopowych stosowanych w modernizacji infrastruktury podziemnej. Był również ekspertem i członkiem gremiów naukowych związanych z rozwojem tych technologii.

Dr inż. Florian Piechurski przez wiele lat aktywnie działał w strukturach Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, zarówno w Oddziale w Katowicach, jak i w Zarządzie Głównym organizacji. Był członkiem Zarządu Głównego, a w latach 2016–2020 pełnił funkcję przewodniczącego Sekcji Głównej Wodociągów i Kanalizacji. W kolejnych latach uczestniczył w pracach wielu zespołów i sekcji merytorycznych stowarzyszenia, aktywnie wspierając inicjatywy edukacyjne i szkoleniowe.

W działalności oddziałowej PZITS angażował się w organizację licznych seminariów, warsztatów i szkoleń dla praktyków branży instalacyjnej i wodociagowej. Prowadził także zajęcia przygotowujące do egzaminów na uprawnienia budowlane oraz szkolenia dla członków organizacji branżowych i izb inżynierskich. Jego działalność była wysoko ceniona przez środowisko zawodowe, czego wyrazem były przyznane mu odznaczenia stowarzyszeniowe, w tym srebrna i złota odznaka honorowa PZITS.

Dr inż. Florian Piechurski był również aktywnym członkiem Śląska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa, gdzie uczestniczył w pracach środowiska inżynierskiego, dzieląc się swoim doświadczeniem podczas szkoleń i spotkań technicznych. Posiadając uprawnienia budowlane, angażował się także w działania związane z podnoszeniem kwalifikacji zawodowych inżynierów.

Dr inż. Florian Piechurski był osobą niezwykle cenioną przez współpracowników i środowisko branżowe. Jego działalność naukowa, dydaktyczna i organizacyjna była przykładem połączenia solidnej wiedzy teoretycznej z praktycznym podejściem do rozwiązywania problemów technicznych. W środowisku inżynierów sanitarnych zapamiętany zostanie jako człowiek życzliwy, otwarty na współpracę i zawsze gotowy do dzielenia się wiedzą.

Wielu młodych inżynierów zawdzięcza mu inspirację do rozwoju zawodowego oraz wsparcie na początku kariery. Pomimo ogromnego zaangażowania w pracę naukową i działalność społeczną zawsze znajdował czas, aby pomóc radą lub podzielić się doświadczeniem z kolegami i współpracownikami.

Odejście dr. inż. Floriana Piechurskiego jest stratą dla całego środowiska inżynierii sanitarnej w Polsce. Pozostawił po sobie bogaty dorobek naukowy i dydaktyczny, liczne publikacje oraz grono wychowanków i współpracowników, którzy będą kontynuować rozwój dziedziny, której poświęcił swoją zawodową drogę.

Jego wkład w rozwój gospodarki wodno-kanalizacyjnej, działalność w strukturach PZITS oraz wieloletnia aktywność edukacyjna na trwałe zapisały się w historii polskiej inżynierii środowiska. Pozostanie w pamięci jako wybitny specjalista, oddany społecznik i życzliwy kolega – człowiek, który swoją pracą i postawą budował autorytet środowiska inżynierów sanitarnych.



## TechMedis – platforma współpracy nauki, technologii i praktyki dla bezpiecznego środowiska obiektach ochrony zdrowia

Rozwój nowoczesnych technologii instalacyjnych oraz rosnące wymagania w zakresie bezpieczeństwa epidemiologicznego, efektywności energetycznej i zrównoważonego gospodarowania zasobami sprawiają, że infrastruktura techniczna obiektów ochrony zdrowia staje się jednym z kluczowych elementów systemu opieki medycznej. Szpitale i inne placówki medyczne należą do najbardziej wymagających typów budynków pod względem instalacyjnym. Funkcjonowanie takich obiektów wymaga nie tylko spełnienia rygorystycznych norm sanitarnych, lecz także zapewnienia niezawodnej pracy instalacji HVAC, systemów wodno-kanalizacyjnych, gazów medycznych czy systemów gospodarowania odpadami. W odpowiedzi na te potrzeby powstała inicjatywa TechMedis – Kształtowanie zdrowego i bezpiecznego środowiska w obiektach ochrony zdrowia, której celem jest integracja środowiska naukowego, branży instalacyjnej oraz sektora medycznego.

Główną ideą projektu TechMedis jest stworzenie aktywnej platformy współpracy pomiędzy trzema podstawowymi środowiskami: nauką i sektorem badań oraz rozwoju (B+R), instytucjami ochrony zdrowia oraz specjalistami z dziedziny inżynierii środowiska. W praktyce oznacza to budowę przestrzeni wymiany wiedzy, doświadczeń i technologii pomiędzy badaczami, lekarzami, projektantami instalacji sanitarnych, wykonawcami oraz osobami odpowiedzialnymi za eksploatację infrastruktury technicznej budynków medycznych.

Założeniem projektu jest wykorzystanie potencjału interdyscyplinarnej współpracy w celu poprawy jakości środowiska wewnętrznego w placówkach ochrony zdrowia. Dotyczy to zarówno komfortu pacjentów i personelu, jak i zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa epidemiologicznego oraz efektywnego zarządzania energią i zasobami. Integracja wiedzy akademickiej z doświadczeniami praktyków może przyczynić się do opracowywania dobrych praktyk dotyczących rozwiązań technologicznych w infrastrukturze medycznej.

Istotnym elementem projektu jest także internetowa platforma informacyjno-edukacyjna dostępna pod adresem [techmedis.pl](http://techmedis.pl), która pełni funkcję repozytorium wiedzy dotyczącej infrastruktury technicznej obiektów ochrony zdrowia. W ramach serwisu udostępniana jest Baza wiedzy, zawierająca podsumowania stanu wiedzy dotyczące funkcjonowania instalacji sanitarnych w budynkach medycznych.

Zgromadzone materiały zostały pogrupowane tematycznie oraz dostosowane do różnych grup odbiorców – inżynierów, kadry technicznej i administracyjnej placówek medycznych, personelu medycznego, a także pacjentów i odwiedzających. W części poświęconej zagadnieniom technicznym publikowane są artykuły dotyczące między innymi systemów wentylacji i klimatyzacji

w obiektach ochrony zdrowia, instalacji wodociągowych i kanalizacyjnych, systemów gazów medycznych, ogrzewnictwa oraz zagadnień związanych z gospodarką odpadami medycznymi.

Platforma przedstawia również materiały o charakterze popularyzatorskim i edukacyjnym, skierowane do użytkowników placówek medycznych. Wyjaśniają one m.in. znaczenie systemów wentylacji i filtracji powietrza w szpitalach oraz rolę odpowiedniej wymiany powietrza w przychodniach i innych budynkach ochrony zdrowia. Dzięki temu platforma pełni nie tylko funkcję specjalistycznego repozytorium wiedzy technicznej, lecz także narzędzia popularyzacji wiedzy na temat znaczenia infrastruktury technicznej dla bezpieczeństwa zdrowotnego.

Ostatnie materiały dodane do Bazy Wiedzy:

- Ultra czysta woda w jednostkach medycznych a biofilmy w instalacjach końcowych (point-of-use) – problem niedoszczędności
- Wpływ warunków hydraulicznych na rozwój biofilmu w instalacjach wodociągowych
- Stopniowanie filtracji w systemach wentylacji i klimatyzacji pomieszczeń służby zdrowia
- Zagrożenia i ochrona zdrowia personelu w kontakcie z odpadami z terapii onkologicznych
- Wytyczne dla kadry medycznej i pacjentów w zakresie stosowania oczyszczaczy powietrza w placówkach ochrony zdrowia
- Ambulatoryjna opieka zdrowotna w perspektywie zagrożeń infekcyjnych
- Zamgławianie jako metoda dezynfekcji powierzchni
- Usytuowanie umywalk jako element przestrzegania higieny rąk w szpitalach
- Niewidzialni pasażerowie szpitala - Od kurtki do łóżka pacjenta – dlaczego okrycia wierzchnie, maseczki i fartuchy mają znaczenie
- Możliwości ograniczenia strumienia powietrza wentylującego
- Odpady o właściwościach potencjalnie zakaźnych z obszarów pozamedycznych
- Szpital – miejsce leczenia czy źródło zagrożeń?
- Bezpieczne zachowanie przy kontakcie z wodą i ściekami w placówkach ochrony zdrowia: aspekty zdrowotne i profilaktyczne
- Specjalistyczna armatura w szpitalach – jak ograniczyć ryzyko mikrobiologiczne?

Zachęcamy do odwiedzania strony [www.techmedis.pl](http://www.techmedis.pl). Platforma jest otwarta dla wszystkich zainteresowanych pogłębieniem wiedzy oraz wymianą doświadczeń w obszarze infrastruktury technicznej ochrony zdrowia i może stanowić wartościowe źródło informacji zarówno dla praktyków branży instalacyjnej, jak i dla przedstawicieli środowiska medycznego i naukowego.

Zespół TechMedis

Publikacja dofinansowana ze środków budżetu państwa w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki/Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Nauka dla Społeczeństwa II” nr projektu NdS-II/SN/0008/2024/01, kwota dofinansowania 775 500,00 zł, całkowita wartość projektu 775 500,00 zł.



## Nadchodzące Wydarzenia

Poniżej przedstawiono zestawienie nadchodzących wydarzeń związanych z działalnością Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych.

### Konferencja NOVA WODA 2026

Z przyjemnością informujemy, że Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych objęło patronatem branżowym I Ogólnopolską Konferencję Samorządowych Praktyków „NOVA WODA”.

Konferencja poświęcona jest nowoczesnemu podejściu do gospodarki ściekowej oraz zmianie sposobu postrzegania oczyszczalni — z obiektów problemowych w instalacje odzyskujące wodę, energię i surowce. Tematyka wydarzenia obejmuje m.in. ponowne wykorzystanie wody, zagospodarowanie osadów ściekowych, efektywność energetyczną oczyszczalni oraz rozwiązania wspierające samorządy w planowaniu inwestycji wodno-kanalizacyjnych.

Organizatorami wydarzenia są Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu oraz firma NOVA BR, a spotkanie ma charakter praktyczny i skierowane jest przede wszystkim do przedstawicieli samorządów oraz osób związanych z gospodarką wodno-ściekową.

**Termin:** 13–14 kwietnia 2026 r.

**Miejsce:** ul. Plac Grunwaldzki 24A, Aula I piętro, Wrocław

**Szczegóły:** <https://www.konferencjanovawoda.pl>



### Szkolenie: Przygotowanie projektu sieci ciepłowniczej preizolowanej w osłonie PEHD układanej bezpośrednio w ziemi

Szkolenie PZITS online poświęcone projektowaniu sieci ciepłowniczej z rur preizolowanych.

Wykładowca: Artur Starobrat

Program obejmuje zasady projektowania i stosowania systemów preizolowanych w terenie.

**Termin:** 14 kwietnia 2026 r. godz. 11:00-14:00

**Miejsce:** szkolenie online

**Szczegóły:** <https://www.pzits.com.pl/index.php/szkolenia-seminaryjne>

### Szkolenie: Aktualne akty prawne podstawą prawidłowo realizowanej inwestycji

Szkolenie poświęcone będzie aktualnym aktom prawnym stanowiącym podstawę prawidłowej realizacji inwestycji w zakresie budowli ochronnych oraz roli projektu technologicznego jako dobrej praktyki w procesie projektowania. Omówione zostaną warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budowle ochronne, w tym podstawowe definicje oraz kategorie obiektów ochronnych. Przedstawione zostaną wymagania dotyczące zapewnienia bezpieczeństwa użytkownika, obejmujące m.in. węzły sanitarne, urządzenia filtrowentylacyjne, hermetyzację, przepusty instalacyjne, zasilanie awaryjne oraz AZP. Wykład obejmie również zagadnienia związane z niezawodnością działania urządzeń i instalacji, w szczególności instalacji sanitarnych, wyrzutni powietrza oraz systemów detekcji skażeń, a także prezentację przykładowego projektu budowli ochronnej.

Wykładowca: mgr inż. arch. Michał Pietrzak (SIBO)

**Termin:** 16 kwietnia 2026 r. godz. 11:00-14:00

**Miejsce:** szkolenie online

**Szczegóły:** <https://www.pzits.com.pl/index.php/szkolenia-seminaryjne>

### Forum Wody – Temat przewodni: „Bezpieczeństwo wodne w erze cyfrowej rewolucji”

Forum Wody organizowane przez Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział w Białymstoku, będzie jedynym wydarzeniem poświęconym aktualnym wyzwaniom związanym z gospodarką wodną, infrastrukturą sanitarną oraz bezpieczeństwem wodnym regionu.

Wydarzenie skierowane jest do przedstawicieli administracji publicznej, przedsiębiorstw branży sanitarnej oraz środowiska naukowego.

W programie przewidziane są panel dyskusyjny, wystąpienia eksperckie oraz sesje networkingowe umożliwiające bezpośredni dialog pomiędzy uczestnikami.

Celem Forum jest stworzenie przestrzeni do merytorycznej dyskusji, wymiany doświadczeń oraz budowania współpracy pomiędzy samorządami, biznesem i nauką.

**Termin:** 17 kwietnia 2026 r. godz. 9:00-16:00

**Miejsce:** Sala Konferencyjna Domu Technika FSNT NOT w Białymstoku, ul. M. Skłodowskiej Curie 2, Białystok.

**Szczegóły:** <https://pzits.bialystok.pl/i-forum-wody/>



# PRZYSZŁOŚĆ BRANŻY INSTALACYJNEJ ZACZYNA SIĘ W ŻYWCU

Branżowe Centrum Umiejętności nr 2 w Żywcu staje się kluczowym punktem na mapie edukacji zawodowej w regionie. 12 lutego odbyło się tam pierwsze z cyklu spotkań poświęconych rozwiązaniom hybrydowym w ogrzewnictwie – wydarzenie, które połączyło ekspercką wiedzę teoretyczną z praktycznym pokazem najnowocześniejszych instalacji.



## Merytorycznie o optymalizacji kosztów ogrzewania

Spotkanie pt. „Rozwiązania hybrydowe – droga do optymalizacji kosztów ogrzewania budynku” spotkało się z ogromnym zainteresowaniem. Dzięki formule hybrydowej, w wydarzeniu wzięła udział liczna grupa uczestników zarówno stacjonarnie, jak i online.

Na zaproszenie BCU swoje doświadczenie i wiedzę zaprezentowali uznani specjaliści rynku grzewczego: **Janusz Starościk** – Prezes Stowarzyszenia Producentów i Importerów Urządzeń Grzewczych, **Piotr Pacholek** – ekspert firmy Hewalex, **Tomasz Mitras** – przedstawiciel firmy Termet. Prelegenci szczegółowo omówili aktualne regulacje prawne, dynamiczne zmiany rynkowe oraz najnowsze rozwiązania technologiczne w zakresie systemów hybrydowych.

Po części teoretycznej uczestnicy mieli okazję zobaczyć **działającą instalację hybrydową** funkcjonującą w BCU – rozwiązanie, które w praktyce pokazuje, jak skutecznie łączyć technologie w celu optymalizacji kosztów ogrzewania.

## Marzec pod znakiem kolejnych Spotkań Hybrydowych

BCU nie zwalnia tempa. W marcu zaplanowano kolejne wydarzenia poświęcone nowoczesnym systemom grzewczym:

Termin	Eksperci	Temat Spotkania
12 marca 2026, godz. 10:00-12:00	KAN sp. z o.o.	„Ogrzewanie i chłodzenie płaszczynowe – rozwiązania na przykładzie systemów KAN-Therm.”
19 marca 2026, godz. 11:00-13:00	SPIUG Galmet Caleffi	„Ogrzewanie domu – mądre wybory – promocja nowoczesnych i efektywnych rozwiązań w branży OZE.”

Projekt współfinansowany z Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększania Odporności (KPO), Komponent A: Odporność i konkurencyjność gospodarki, Cel szczegółowy A3. Dookolenie systemu edukacji, mechanizmów uczenia się przez całe życie w kierunku lepszego dopasowania do potrzeb nowoczesnej gospodarki, wzrostu innowacyjności, zwiększania transferu nowych technologii oraz zielonej transformacji, Inwestycja A.3.1.1. Wsparcie rozwoju nowoczesnego kształcenia zawodowego, szkolnictwa wyższego oraz uczenia się przez całe życie

 Branżowe Centrum Umiejętności  
w dziedzinie: instalacje sanitarne, grzewcze i gazowe  
przy Zespole Szkół Budowlano-Drzewnych  
im. Armii Krajowej w Żywcu

ul. Szkolna 2, 34-300 Żywiec  
33 861 21 75  
bcu@zsb.edu.pl

[www.bcu.zsbd.edu.pl](http://www.bcu.zsbd.edu.pl)



## Rekrutacja na szkolenia trwa

BCU w Żywcu prowadzi również nabór na **bezpłatne szkolenia zawodowe** odpowiadające aktualnym potrzebom rynku.

### SZKOLENIA DLA OSÓB DOROSŁYCH:

- Montaż i sterowanie pracą powietrznych pomp ciepła
- Montaż instalacji wodociągowej
- Montaż i eksploatacja instalacji centralnego ogrzewania
- Kontrolowana eksploatacja kotłów
- Sterowanie instalacjami grzewczymi
- Nowoczesne technologie wykonania instalacji sanitarnych

### SZKOLENIA DLA NAUCZYCIELI ZAWODU:

- Kontrolowana eksploatacja kotłów
- Nowoczesne technologie wykonania instalacji sanitarnych

## Edukacja przyszłości dzieje się tu i teraz

Branżowe Centrum Umiejętności nr 2 w Żywcu konsekwentnie **rozbudowuje i unowocześnia swoją bazę dydaktyczną**. Najnowszym elementem wyposażenia są **dwa zaawansowane symulatory spawania** w technologii rozszerzonej rzeczywistości marki Soldamatic. Zakup urządzeń został sfinansowany przez organ prowadzący – Powiat Żywiecki, natomiast za dostawę i wdrożenie sprzętu odpowiadały firmy Abicor Binzel oraz RYWAL-RHC.



Równolegle zakończono **rozbudowę pracowni pomp ciepła**. Przestrzeń została wyposażona w nowoczesne urządzenia

oraz komponenty wykorzystywane w instalacjach grzewczych, gazowych i sanitarnych, co znacząco podniosło potencjał dydaktyczny Branżowego Centrum Umiejętności. Rozwój infrastruktury BCU jest efektem ścisłej współpracy ze środowiskiem branżowym reprezentującym sektor instalacyjno-grzewczy. W realizację przedsięwzięcia zaangażowały się firmy: Instalmax, MCD Electronics, Purmo Polska, KAN, Hewalex, Ferro oraz Stowarzyszenie Producentów i Importerów Urządzeń Grzewczych.

Dzięki tak nowoczesnemu zapleczu, BCU w Żywcu kształci **kadry gotowe na wyzwania przyszłości**.

## Nowy standard kształcenia zawodowego

Dynamiczny rozwój technologii wymaga również dynamicznego podejścia do edukacji. Branżowe Centrum Umiejętności nr 2 w Żywcu udowadnia, że współczesne kształcenie zawodowe może harmonijnie **łączyć wiedzę, praktyczne umiejętności oraz potrzeby rynku pracy**.

Spotkania branżowe, specjalistyczne szkolenia, nowoczesne zaplecze technologiczne – wszystko to tworzy przestrzeń, w której powstają kompetencje przyszłości.

Bo przyszłość branży instalacyjnej i technicznej zaczyna się od wiedzy.

**A ta w Żywcu ma solidne fundamenty.**