

CIEPŁOWNICTWO OGRZEWNICTWO WENTYLACJA

DISTRICT HEATING, HEATING, VENTILATION

Nr **12** GRUDZIEŃ 2021/TOM 52

CENA 32,00 zł (w tym 8% VAT)

Pure competence in air.

Building & Industry

NOVENCO

REVENO

SCHAKO

SCHNEIDER

Radosnych
Świąt Bożego Narodzenia
oraz zdrowia i pomyślności
w Nowym Roku 2022

życzy SCHAKO Polska

ZERAX®
NOVENCO

ErP

EC+



EC+

SPRAWNOŚĆ ZESPOŁU
WENTYLATORA
85 %



PRENUMERATA
2022
Sprawdź
PAKIET!

www.cieplowent.pl

WYDAWNICTWO SIGMA-NOT 

Dodatkowe informacje na stronie www.sigma-not.pl
Kontakt: tel.: 22 840-35-89 prenumerata@sigma-not.pl

OD REDAKCJI

Szanowni Państwo,

przedstawiamy Państwu 12 numer COW, w których chcielibyśmy zwrócić uwagę Czytelników na artykuł, w którym opisano możliwości zastosowania materiałów zmienno-fazowych (PCM) w różnego rodzaju instalacjach w aspekcie ograniczenia zużycia energii na potrzeby eksploatacji obiektów. Temat ten będzie omawiany podczas seminarium, które odbędzie się w styczniu przyszłego, na które już teraz serdecznie zapraszamy; organizatorem seminarium jest Główna Sekcja Ciepłownictwa, Ogrzewnictwa i Inżynierii Atmosfery Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych. Więcej informacji na temat seminarium można znaleźć na stronie www.pzits.pl

Dwunasty numer COW rozpoczyna wywiad z profesorem Robertem Sekretem (Politechnika Częstochowska), ekspertem-praktykiem w zakresie stosowania związków zmienno-fazowych w systemach ciepłowniczych. Pan profesor dzieli się z Państwem swoimi doświadczeniami i spostrzeżeniami również w artykule „Magazynowanie chłodu z wykorzystaniem ciepła przemiany fazowej woda-lód”, w którym omawiane są wyniki badań prototypu akumulatora chłodu wykorzystującego do procesu magazynowania ciepła przemiany fazowej woda-lód.

Problem związany ze zużyciem energii jest również poruszony w artykule przygotowanym przez pana Karola Bandurskiego z zespołem; tematem artykułu jest analiza i porównanie metod wyznaczania charakterystyki energetycznej budynków, przy czym porównano zbiór wartości znajdujących się w Centralnym rejestrze charakterystyk energetycznych budynków z wartościami charakterystyk wyznaczonymi w wyniku badań budynków poddanych procesowi termomodernizacji, opublikowanych przez GUS.

Ciekawe informacje na temat rur preizolowanych stosowanych w ciepłownictwie przedstawiają w swym artykule pani Ewa Kręcielewska oraz pan Ireneusz Iwko. W artykule tym Autorzy analizują wpływ różnych czynników na cieplne i mechaniczne właściwości rur preizolowanych wykonanych zgodnie z PN-EN 253 zarówno nowych, jak i po kilkuletniej eksploatacji.

W artykule przedstawionym w dziale „Wentylacja” pani Anna Gotkowska-Płachta omawia wyniki badań jakości mikrobiologicznej powietrza wewnętrznego w hali pływalni miejskiej. Szczególnie ważne są zalecenia Autorki artykułu dotyczące zapewnienia bezpieczeństwa sanitarnego powietrza wewnętrznego w obiektach sportowo-rekreacyjnych.

Zapraszamy również do przeczytania podsumowań konferencji, które od wielu lat cieszą się uznaniem nie tylko naukowców, ale również praktyków.

Proszę przyjąć również od całego kolegium redakcyjnego życzenia zdrowych i spokojnych Świąt Bożego Narodzenia. Niechaj ten czas upłynie w rodzinnej atmosferze i przyniesie wiele radości. Z okazji nadchodzącego Nowego Roku 2022 życzymy również realizacji wszystkich planów zawodowych oraz spełnienia osobistych marzeń.

Anna Bogdan



PRENUMERATA 2022

Wydawnictwo SIGMA-NOT Sp. z o.o

**WYDAWNICTWO
SIGMA-NOT**

ul. Ratuszowa 11, 03-450 Warszawa
tel.: 22 818-09-18, 818-98-32, fax 619-21-87

Internet: <http://www.sigma-not.pl>

Sekretariat: sekretariat@sigma-not.pl

Prenumerata e-mail: prenumerata@sigma-not.pl

Informacje e-mail: informacja@sigma-not.pl

Dział Reklamy i Marketingu

Wydawnictwa Sigma-NOT Sp. z o.o.

ul. Ratuszowa 11, 03-450 Warszawa
tel. 22 827 43 65 – stacjonarny
604 528 865 – Katarzyna Przybytniak-Marzec
e-mail: reklama@sigma-not.pl

© SIGMA-NOT Sp. z o.o.

Wszelkie prawa zastrzeżone

Skład: Studio DTP Wydawnictwa SIGMA-NOT

Druk: Zakład Poligrafii i Kolportażu
Wydawnictwa SIGMA-NOT
01-595 Warszawa, ul. Ks. J. Popiełuszki 19/21
drukarnia@sigma-not.pl

Rodzaje prenumerat:

- ▶ Prenumerata papierowa
- ▶ Prenumerata cyfrowa
- ▶ Prenumerata w pakiecie w wersji PLUS zawiera wersję papierową, cyfrową + dostęp do archiwum na Portalu www.sigma-not.pl

Ceny prenumeraty w roku 2022:

- ▶ Cena 1 egzemplarza 32 zł (z VAT),
- ▶ Cena prenumeraty rocznej w wersji papierowej 360 zł + roczny koszt wysyłki 36 zł,
- ▶ Cena prenumeraty rocznej w wersji cyfrowej 360 zł,
- ▶ Cena rocznej prenumeraty w pakiecie w wersji PLUS (papierowa + cyfrowa + archiwum) – 552 zł.

Prenumeratę można zamówić:

- ▶ Telefonicznie: 22 840 30 86, 22 840 35 89,
- ▶ e-mailem: prenumerata@sigma-not.pl,
- ▶ Listownie: Zakład Poligrafii i Kolportażu Wydawnictwa SIGMA-NOT Sp. z o.o., ul. Ks. J. Popiełuszki 19/21, 01-595 Warszawa,
- ▶ Dokonując wpłaty na konto: Wydawnictwo SIGMA-NOT Sp. z o.o. ul. Ratuszowa 11, 03-450 Warszawa, nr 24 1020 1026 0000 1002 0250 0577



KOLEGIUM REDAKCYJNE EDITORIAL STAFF

Redaktor naczelny – Editor in Chief
dr hab. inż. ANNA BOGDAN, prof. PW

Zastępca redaktora naczelnego
– osoba do kontaktu
mgr inż. BARBARA RUBIK tel. 605032330

Redaktorzy tematyczni
dr hab. inż. BOŻENA BABIARZ, prof. PRZ
dr hab. inż. TOMASZ CHOLEWA, prof. PL
dr hab. inż. ROBERT CICHOWICZ, prof. PŁ
dr inż. ANDRZEJ GÓRKA
mgr inż. EWA KRĘCIELEWSKA
mgr inż. PAWEŁ LACHMAN
dr hab. inż. MIROSŁAW SZYŁAK-SZYDŁOWSKI
prof. dr hab. inż. ROBERT SEKRET
dr inż. AGNIESZKA PALMOWSKA
mgr inż. WOJCIECH RATAJCZAK
dr inż. MARIAN RUBIK
dr inż. PIOTR ZIĘTEK

Redaktor językowy
mgr HANNA MICHALIK

Redaktor statystyczny
mgr MACIEJ PERETA

Kierownik Zakładu – Pełnomocnik Zarządu
mgr inż. BARBARA RUBIK

Adres Redakcji:
CIEPŁOWNICTWO, OGRZEWNICTWO,
WENTYLACJA
ul. Czackiego 3/5, pokój 216
00-430 Warszawa,
tel./fax 22 828-27-26, tel. 22 826-43-35

INTERNET: www.cieplowent.pl
www.sigma-not.pl
e-mail: cieploogrzewwent@sigma-not.pl
e-mail: redakcja.cow@cieplowent.pl

ISSN 0137-3676, e-ISSN 2449-9900

Materiałów nie zamówionych redakcja nie zwraca. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść ogłoszeń. Wszystkie artykuły naukowe są recenzowane.

Wersja pierwotna czasopisma – papierowa.

Jesteśmy w bazach czasopism technicznych: BazTech, Index Copernicus (80,19 p.) oraz POL-index. Artykuły publikowane w naszym czasopiśmie są rejestrowane w bazie danych CrossRef. Każdy artykuł ma numer identyfikacyjny DOI (Digital Object Identifier). Prosimy autorów artykułów o stosowanie numeru DOI w wykazach literatury.

Nakład (w tym wersja elektroniczna) do 1400 egz.

W NUMERZE 12/2021 CONTENTS

strona
page

Od redakcji	1
Wywiad z prof. dr hab. inż. Robertem Sekretem redaktorem tematycznym naszego czasopisma	3

CIEPŁOWNICTWO – DISTRICT HEATING • OGRZEWNICTWO – HEATING

Magazynowanie chłodu z wykorzystaniem ciepła przemiany fazowej woda-lód. <i>Cold Storage Using the Latent Heat of the Water-Ice</i> – Robert Sekret, Przemysła Starzec	5
Różnica między obliczeniowym i pomiarowym wykorzystaniem energii do ogrzewania w budynkach wielorodzinnych. <i>Difference Between Calculated and Measured Energy Consumption for Heating in Multi-Family Buildings in Poland</i> – Karol Bandurski, Katarzyna Ratajczak, Łukasz Amanowicz	12
Fakty i mity dotyczące rur preizolowanych stosowanych w ciepłownictwie – Część I. <i>The Myth&Facts Concerning District Heating Preinsulated Bonded Pipes – Part I</i> – Ewa Kręcielewska, Ireneusz Iwko	17

WENTYLACJA • KLIMATYZACJA – VENTILATION • AIR-CONDITIONING

Jakość mikrobiologiczna powietrza wewnętrznego miejskiej pływalni. <i>Microbiological Indoor Air Quality of Swimming Pool</i> – Anna Gotkowska-Plachta	26
---	----

Z PRAKTYKI

Energia z odpadów komunalnych ogrzewa Białystok – Zbigniew Gołębiowski	36
---	----

KONFERENCJE • SYMPOZJA • WYSTAWY

XVIII Konferencja Techniczna Organizator: Izba Gospodarcza Ciepłownictwo Polskie Patronat Medialny: COW/INSTAL – Marian Rubik	31
Pandemia COVID-19 podkreśla rolę badań nad jakością powietrza wewnętrznego – Jerzy Sowa, Maciej Mijakowski	33
XVIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Materiały i Technologie Energooszczędne – Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym” – Adam Ujma	40

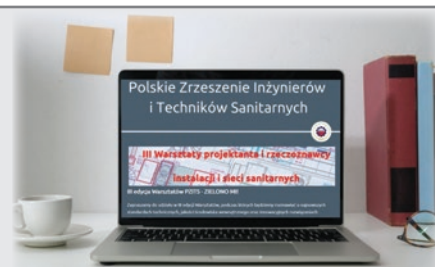
PZITS

Raport Głównej Komisji Legislacyjnej za miesiąc 11/2021 r.	38
---	----

ROCZNY SPIS TREŚCI

41

Polskie Zrzeszenie Inżynierów
i Techników Sanitarnych
zaprasza do zapisywania się
na newsletter wysyłany
raz na miesiąc.



Formularz zapisu znajduje się na stronie <http://pzits.pl/newsletter-pzits/>

Autor za publikację artykułu w czasopiśmie naukowym „Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja” otrzymuje **20 punktów** zgodnie z komunikatem Ministra Edukacji i Nauki z dnia 1 grudnia 2021 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych.

Zapraszamy do odwiedzenia strony
www.cieplowent.pl

Wywiad z prof. dr. hab. inż. Robertem Sekretem, redaktorem tematycznym naszego czasopisma

Redakcja: Bardzo dziękujemy, że zgodził się Pan Profesor na rozmowę.

Redakcja: Od wielu lat prowadzi Pan badania nad optymalnym wykorzystaniem możliwości jakie dają związki zmiennofazowe w systemach ciepłowniczych. Proszę na początek przybliżyć jednak czytelnikom czym są związki zmiennofazowe i jakie są największe wyzwania związane z ich stosowaniem.

Wykorzystanie zmiany entalpii substancji podczas przemiany fazowej jest powszechnie stosowane w technice grzewczej. Przykładem mogą być procesy: kondensacji pary wodnej ze spalin z odzyskiwaniem ciepła skraplania w kotłach grzewczych, skraplania i parowania czynnika termodynamicznego w pompach ciepła, odzyskiwania ciepła z wykorzystaniem rurek ciepłych czy procesy osuszania powietrza. Nadal mniej popularnym obszarem wykorzystania tego procesu jest akumulacja ciepła na potrzeby krótkoterminowego jego magazynowania. Przejmowanie ciepła podczas przemiany fazowej substancji odbywa się w wyniku zmiany stanu skupienia substancji (przejście z ciała stałego w ciecz lub cieczy w gaz i odwrotnie). W zależności od rodzaju zmiany fazy proces ten jest procesem endotermicznym lub egzotermicznym. W związku z tym dana substancja może być wykorzystana jako element wypełniający akumulator ciepła. Znaczna objętość substancji w stanie gazowym ogranicza jej zastosowanie w systemach HVAC. Dlatego też, w systemach magazynowania ciepła w tego typu instalacjach wykorzystano głównie przemianę fazową ciała stałego w ciecz lub odwrotnie. Należy tutaj podkreślić, że istnieje już wiele doświadczeń praktycznych w tym obszarze, lecz poza



Polską. W terminologii angielskiej substancje wykorzystywane w tak realizowanym procesie akumulacji ciepła nazywane są Phase Change Materials (PCM). Natomiast w języku polskim, w wyniku bezpośredniego tłumaczenia tej nazwy, są one określane jako materiały zmiennofazowe. Materiały PCM mogą akumulować znacznie większe ilości ciepła w porównaniu z procesem akumulacji ciepła, w którym wykorzystywana jest jedynie właściwa pojemność cieplna (ciepło właściwe) danej substancji. Wybór materiału PCM wymaga jednak uwzględnienia wielu czynników. Z jednej strony możliwość efektywnego wykorzystania materiału PCM zależy od wartości temperatury topnienia i krzepnięcia oraz ciepła przemiany fazowej w zakresie temperatury eksploatacji danego systemu cieplnego oraz technicznej możliwości przejęcia tego ciepła (konstrukcja akumulatora ciepła). Z drugiej strony właściwości fizyko-chemiczne wybranego materiału PCM muszą zapewniać bezpieczną i ekonomiczną eksploatację systemu. W celu wyboru takiego materiału można posłużyć się typowymi kryteriami stosowanymi przy wyborze

nośnika ciepła w instalacji grzewczej budynku, tj. dostępność, zerowy lub niewielki negatywny wpływ na otaczające środowisko, niski koszt zakupu, a z drugiej strony duże ciepło przemiany fazowej oraz akceptowalny współczynnik przewodności cieplnej. W tym miejscu najczęściej myślimy o wodzie, gdyż spełnia ona praktycznie wszystkie kryteria. Jedynym z ograniczeń stosowania wody jest jej niska temperatura topnienia/krzepnięcia w porównaniu z wartościami temperatury eksploatacji typowych systemów zaopatrzenia budynków w ciepło. Niemniej jednak wykorzystanie przemiany fazowej woda-lód może być bardzo atrakcyjne w instalacjach ciepłych wykorzystujących pompy ciepła. Poza wodą można wymienić przynajmniej kilkadziesiąt komercyjnie dostępnych organicznych i nieorganicznych substancji możliwych do wykorzystania w procesach magazynowania ciepła w instalacjach HVAC i sieciach ciepłowniczych. Największym obecnie wyzwaniem jest dobór materiału PCM, który będzie można efektywnie wykorzystać w szerokim zakresie temperatury roboczej danej instalacji. Ponadto wybór materiału PCM do danego zastosowania jest bardzo często indywidualnym zadaniem.

Redakcja: Jakie widzi Pan Profesor możliwości wdrożenia rozwiązań w praktyce?

Tak jak wspominałem wcześniej, wykorzystanie ciepła przemiany fazowej w procesach magazynowania ciepła nie jest czymś nowym w technice, a tym bardziej przełomowym w nauce. Istnieje wiele instalacji HVAC, które są wyposażone w tego typu akumulatory ciepła/chłodu, nie mówiąc już o wykorzystaniu PCM w elementach konstrukcyjnych budynku. Wszystkie te rozwiązania, zarówno pasywne

jak i aktywne umożliwiają poprawę warunków komfortu cieplnego w środowisku wewnętrznym, zwiększenie udziału odnawialnych źródeł ciepła w bilansie energetycznym budynku czy obniżenie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych budynku. Wzrost zainteresowania tymi rozwiązaniami jest spowodowany rosnącymi cenami energii elektrycznej i ciepła koniecznymi do pokrycia potrzeb energetycznych budynków oraz skutkiem wprowadzania nowych standardów energetycznych budynków. Wzrost świadomości społeczeństwa w zakresie korzyści wykorzystania odnawialnych źródeł energii oraz intensywny rozwój pomp ciepła pozwalających na efektywne wykorzystanie niskotemperaturowego ciepła odpadowego również przyczyniają się do większego zainteresowania stosowaniem materiałów PCM w technologiach budowlano-instalacyjnych; pod tym względem jestem optymistą. Dlatego też, był to jeden z nowych kierunków mojej pracy naukowej podjętych ponad dziesięć lat temu. Nie ukrywam, że dzisiaj mam z tego powodu zawodową satysfakcję.

Redakcja: Czy związki chemiczne, spełniające wymagania związane z ich zastosowaniem w sieciach ciepłowniczych, są komercyjnie dostępne w Polsce? Jaki jest czas zwrotu wprowadzania tego rodzaju elementów w istniejących układach?

Tak, są one dostępne. Wiele korzystnych właściwości cieplnych i fizyko-chemicznych mają, np. parafiny, które nie wykazują działania korozyjnego, efektu przechłodzenia (występuje on w małym, pomijalnym stopniu) oraz segregacji faz. Ponadto, nie są one toksyczne i łatwopalne w warunkach niskiej temperatury. Parafiny są chemicznie i termicznie stabilnymi substancjami, o stosunkowo wysokim ciepłe przemian fazowych. Cechy te, w połączeniu z powszechną dostępnością i niską ceną rynkową, sprawiają, że potencjał aplikacyjny parafin w układach magazynowania ciepła jest wysoki. Należy jednak zaznaczyć, że parafiny charakteryzują się niewielkimi współczynnikami przewodzenia ciepła oraz dużymi zmianami objętości, na co należy zwrócić szczególną uwagę przy projektowaniu akumulatora ciepła. Istotny jest cel i miejsce zastosowania takiego akumulatora

ciepła w sieciach ciepłowniczych. Po pierwsze przeznaczone są one głównie do niskotemperaturowych systemów ciepłowniczych. W takim przypadku akumulatory ciepła są zlokalizowane bezpośrednio przy hybrydowym węźle ciepłowniczym. Węzeł taki pracuje dwukierunkowo, tj. dostarcza ciepło z sieci do budynku, jak również umożliwia przejście przez sieć ciepłowniczą nadwyżki ciepła z instalacji wytwórczych budynku. Nie oznacza to, że w przypadku klasycznych miejskich sieci ciepłowniczych eksploatowanych z obliczeniową temperaturą zasilania do 120°C nie można zastosować takich akumulatorów ciepła. Nasze badania wykazały, że zastosowanie akumulatora PCM w celu obniżenia temperatury powrotu sieci ciepłowniczej jest możliwe. Takie rozwiązanie, z czasem zwrotu inwestycji do 5 lat, pozwolić może na obniżenie temperatury powrotu sieci o 5K, powodując tym samym przyrost sprawności przesyłania ciepła i poprawę właściwości regulacyjnych sieci ciepłowniczej.

Redakcja: Czy wyniki prowadzonych badań zostały wdrożone w praktyce? Jakie uzyskano korzyści i jakie problemy wystąpiły podczas wdrażania?

W badaniach prowadzonych na Wydziale Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej wykorzystujemy pełnoskalowe prototypy urządzeń. Oznacza to, że wydajność badanych instalacji, wykorzystujących ciepło przemiany fazowej, pozwala na ich bezpośrednie zastosowanie w istniejących budynkach. Nasze doświadczenia są niestety ograniczone i dotyczą jedynie tych instalacji. Niemniej jednak uzyskane wyniki są obiecujące. Przykładowo, wykorzystanie ciepła przemiany fazowej parafiny w procesie akumulacji ciepła w słonecznym kolektorze próżniowo-rurowym pozwoliło na zwiększenie o 20,5% rocznego udziału energii promieniowania słonecznego w procesie przygotowania c.w.u. oraz obniżenie o 6 do 27% zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną instalacji c.o.. Dodatkowo środowiskowa analiza LCA wykazała, że w przypadku parafiny wykorzystanej jako materiał z recyklingu, istnieje możliwość dodatkowego obniżenia szkodliwego oddziaływania na środowisko od 17 do 24%. Innym przykładem jest prototyp

akumulatora chłodu z kapsułkowym złożem, który wykorzystuje ciepło przemiany fazowej woda-lód oraz współpracuje z pompą ciepła. W tym przypadku uzyskaliśmy wydajność chłodniczą akumulatora na poziomie 85 kWh/m³, przy współczynniku efektywności energetycznej wytwarzania chłodu 4,8. W wyniku badań prototypowego magazynu chłodu woda-lód uzyskano ponad 4-krotne zwiększenie wydajności chłodniczej w stosunku do magazynu bez przemiany fazowej woda-lód oraz bez kapsułkowania wody. Głównym problemem w trakcie wdrażania tego typu rozwiązań jest czas. Dynamika wdrażania nowych urządzeń na rynku budowlano-instalacyjnym jest tak duża, że konkurowanie Uczelni z ośrodkami badawczo-rozwojowymi producentów urządzeń jest bardzo trudne, o ile w ogóle jest ono możliwe.

Redakcja: Jakie inne możliwości zastosowania związków zmiennofazowych widzi Pan Profesor w krajowych warunkach?

Tak jak już wcześniej wspomniałem, wysoki potencjał zastosowania materiałów PCM w budownictwie stwarza możliwość ich integracji z elementami budynku. Istnieje szereg rozwiązań, w których materiały PCM wykorzystane zostały w: przegrodach budowlanych (podłogi, ściany, stropy), oknach i żaluzjach (rolety zawierające materiał zmiennofazowy, PCM zastosowany bezpośrednio w zespołach szybowych) oraz fasadach budynków. W każdym przypadku skutkiem zastosowania PCM była poprawa warunków komfortu cieplnego (efektywna regulacja temperatury w ogrzewanych i chłodzonych pomieszczeniach) oraz obniżenie zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną. Należy jednak pamiętać, że zarówno w przypadku zastosowania PCM w instalacjach HVAC i sieciach ciepłowniczych, jak i w przypadku ich pasywnego wykorzystania w elementach budynku, przy wyborze PCM ważne są również jego toksyczność i palność. Właściwości te mają istotne znaczenie w zdarzeniach niekontrolowanych, takich jak np. pożar. Dlatego też w praktyce, wybór materiału PCM i jego zastosowanie muszą być wynikiem szczegółowych analiz.

Dziękujemy za rozmowę

Magazynowanie chłodu z wykorzystaniem ciepła przemiany fazowej woda-lód

Cold Storage Using the Latent Heat of the Water-Ice

DOI: 10.15199/9.2021.12.1

ROBERT SEKRET
PRZEMYSŁAW STARZEC

Słowa kluczowe: kapsuła, magazynowanie chłodu, ciepło przemiany fazowej, lód

Streszczenie

W artykule przedstawiono badania prototypu akumulatora chłodu wykorzystującego do procesu magazynowania ciepło przemiany fazowej woda-lód. Koncepcja akumulatora chłodu polega na umieszczeniu w walcowym zasobniku o objętości 200 litrów kulistych kapsuł wypełnionych wodą. W badaniach wykorzystano złoża z kapsuł polipropylenowych o średnicach: 80 mm, 70 mm oraz 60 mm. Akumulator chłodu współpracował z pompą ciepła woda-powietrze. Na podstawie uzyskanych wyników badań obliczono: pojemność i moc chłodniczą, sprawność i współczynnik wydajności chłodniczej akumulatora (EER). Stwierdzono, że dla badanego prototypowego akumulatora chłodu maksymalna wartość pojemności chłodniczej wyniesie 17 kWh (85,3 kWh na metr sześcienny złoża). W przypadku EER wartość maksymalna wyniosła 4,93. Maksymalne wartości EER wystąpiły dla akumulatora chłodu z kapsułami o średnicy 70 mm i 80 mm dla strumienia masy mieszanki wodno-glikolowej przepływającej między akumulatorem i pompą ciepła odpowiednio 0,084 kg/s oraz 0,089 kg/s. W trakcie badań nie zaobserwowano istotnych problemów eksploatacyjnych prototypu akumulatora chłodu.

Keywords: encapsulation, cold storage, latent heat, ice

Abstract

The paper presents the investigation of a prototype cold accumulator using water-ice latent heat for the cold storage process. The concept of the cold accumulator was based on a 200-L-capacity cylindrical storage tank in which spherical capsules filled with water were placed. Beds of polypropylene capsules with diameters of 80 mm, 70 mm, and 60 mm were used in the tests. The cold accumulator operated with a water-air heat pump. Based on the test results, the following parameters were calculated: the cooling capacity, cooling power, energy efficiency of the cold storage, and energy efficiency ratio (EER) of the accumulator. It has been found that, for the prototype cold accumulator under investigation, the maximum values of the cooling capacity (17 kWh or 85.3 kWh per cubic meter of the accumulator) and EER (4.93). The maximum EER values occurred for a cold accumulator with capsules with a diameter of 70mm and 80mm for a mass flow of the water-glycol mixture flowing between the accumulator and the heat pump of 0.084 kg/s and 0.089 kg/s, respectively. During the tests, no significant problems with the operation of the prototype cold accumulator were found.

© 2006-2021 Wydawnictwo SIGMA-NOT Sp. z o.o.
All right reserved

1. Wprowadzenie

Charakterystykę oraz możliwości wykorzystania zjawiska przemiany fazowej substancji w procesach zaopatrzenia budynków w ciepło przedstawiono m.in. w pracach [1]-[6]. Istotnym elementem poprawy efektywności energetycznej budynków jest również proces ich chłodzenia. W większości krajów europejskich zapotrzebowanie na chłód w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej jest nierównomierne. Maksymalne zapotrzebowanie na moc chłodniczą występuje rzadko i w krótkich okresach. Jednocześnie zapotrzebowanie to bezpośrednio

wpływa na nominalną moc chłodniczą urządzeń do instalacji chłodzenia w budynku [7]. Jednym z kierunków poprawy efektywności energetycznej tego typu instalacji jest magazynowanie chłodu z jednoczesnym obniżeniem nominalnej mocy chłodniczej źródła chłodu [8]-[10]. Rozwiązanie to pozwala na magazynowanie chłodu w okresie, gdy zapotrzebowanie na chłód jest niższe niż nominalna moc urządzeń chłodniczych i wykorzystanie go w czasie wystąpienia obciążeń szczytowych przekraczających moc urządzenia chłodniczego [11]. Jednak efektywne wykorzystanie magazynowania chłodu wymaga uzyskania dużej gęstości magazynowania ciepła oraz wysokiej sprawności energetycznej procesu [12]-[14]. Pozwala to na uzyskanie znaczących efektów energetycznych i ekonomicznych [7], [15]-[17]. Wdrażanie systemów magazynowania energii w sektorze budowlanym jest obecnie jednym z kierunków poprawy efektywności energetycznej [18]-[22]. Najczęściej obecnie rozwiązaniem wykorzystywanym

prof. dr hab. inż. **Robert Sekret**;
robert.sekret@pcz.pl osoba do kontaktu
ORCID ID 0000-0003-4694-2717
Wydział Infrastruktury i Środowiska, Politechnika Częstochowska
mgr inż. **Przemysław Starzec**

w procesach magazynowania chłodu w systemach technicznych budynków jest zastosowanie zasobników/akumulatorów wodnych. W takim rozwiązaniu chłód akumulowany jest dzięki wykorzystaniu pojemności cieplnej wody (ciepło jawne). Proces ten charakteryzuje się jednak niską gęstością magazynowania. Powoduje to konieczność stosowania zasobników chłodu o znacznej objętości [23]-[24]. Aby usunąć tę niedogodność zaczęto stosować zasobniki chłodu z wytwarzaniem lodu na powierzchniach rur wężownicowych wymienników ciepła [25]. Pozwala to na wykorzystanie ciepła przemiany fazowej woda-lód do magazynowania chłodu. Można tutaj wyróżnić urządzenia z zewnętrznym i wewnętrznym topnieniem lodu. Zastosowanie zasobników tego typu powoduje jednak szereg kolejnych nowych problemów nie występujących w zasobnikach wodnych. Jednym z najistotniejszych jest konieczność kompensacji negatywnego oddziaływania rozszerzalności cieplnej wody podczas jej zamarzania. Na skutek zmiany struktury wewnętrznej lód zwiększa objętość o około 10% w porównaniu z wodą o tej samej masie. Dodatkowo zasobnik tego typu musi korzystać z minimum 2 obiegów umożliwiających jego regenerację, co często komplikuje instalację techniczną [26]. Należy zaznaczyć, że zasobniki tego typu częściej są używane w instalacjach grzewczych jako dolne źródło pompy ciepła [27], [28]. Wadą zasobników tego typu jest również brak możliwości wykorzystania całej objętości wody w zasobniku – zwykle ich objętość robocza wynosi 80% całkowitej objętości zasobnika. Problem rozszerzalności cieplnej został wyeliminowany w zasobnikach wykorzystujących lód binarny, czyli zawieszinę drobnych cząstek lodu w roztworze wodnym. Za zaletę tego rozwiązania powszechnie uważa się też możliwość tłoczenia lodu binarnego w przewodach instalacji jak cieczy jednorodnej [29]. Lód binarny ma jednak wady. Pierwszą jest konieczność stosowania wytwornic lodu całkowicie odrębnych od źródła chłodu instalacji chłodzenia budynku. Dodatkowym utrudnieniem w stosowaniu lodu binarnego jest konieczność dodawania do wody substancji obniżających jej punkt zamarzania, co umożliwia przechłodzenie cieczy i utrzymywanie w niej lodu. Sprawia to, że liczba cykli pracy lodu binarnego uzależniona jest od rozwarstwiania się mieszanki. Topnienie lodu bezpośrednio w mieszaninie utrudnia regenerację złoża na skutek utraty przez mieszaninę pierwotną swoich właściwości fizycznych na skutek rozcieńczenia [30]. Rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie kapsuł wypełnionych wodą jako złoża w zasobniku chłodu [31]-[33], przy czym kapsuły te mogą tworzyć bezpośrednie wypełnienie zasobników. Kapsuły mogą występować jako mikro- i makrokapsułki [34]. Makrokapsułki to cząstki materiału zmienno-fazowego (PCM) o rozmiarze do 1000 μm zamknięte w cienkich, a jednocześnie mocnych osłonach. Kapsułki tego typu stosowane są jako element materiałów konstrukcyjnych lub izolacyjnych lub umieszczane są w specjalnej matrycy umożliwiającej wykorzystanie kapsulek w zasobniku chłodu [35, 36]. Makrokapsułki, czyli kapsułki o rozmiarach większych niż 1000 μm , mogą mieć formę tub, woreczków, kul, paneli i innego rodzaju pojemników [29], [37]-[40]. Niezależnie od przyjętego rozwiązania sposobu magazynowania chłodu za atrakcyjnością wykorzystania lodu przemawia szeroka dostępność i niska cena wody w porównaniu z innymi materiałami PCM. Dodatkowo lód jest neutralny w stosunku do środowiska naturalnego oraz ludzi. Jest to ważny aspekt w trakcie montażu, eksploatacji, czy ewentualnych awarii zasobnika chłodu. Wykorzystanie czystego lodu zamkniętego

w kapsułach bez dodatków eliminuje zarówno problem mechanicznego oddziaływania lodu podczas zamarzania na ścianki zasobnika oraz nie ogranicza liczby możliwych cykli pracy zasobnika chłodu. Ponieważ kapsuła w 90% swej objętości zostaje napełniona wodą to przyrastający lód zwiększa jej wypełnienie do prawie 100%. Dodatkowo kapsuła ma możliwość zwiększania wymiarów i przejścia przyrostu objętości lodu. Doświadczenia z kapsułami wykonanymi z HDPE [41] wykazały, że kapsuła sferyczna może zwiększyć objętość o ok. 7% bez utraty szczelności oraz ponownie wrócić do pierwotnego stanu po roztopieniu się lodu. Tym samym zjawisko zwiększania objętości w czasie przemiany fazowej woda-lód nie wpływa na konstrukcję zasobników. Istotnym aspektem technicznym jest natomiast zagospodarowanie ciepła odpadowego powstającego podczas ładowania akumulatora chłodu [12]. Na podstawie przeglądu obecnego stanu wiedzy przyjęto, że zastosowanie lodu zamkniętego w kapsułach wypełniających zasobnik chłodu eliminuje skutki zmiany objętości występujące w wymiennikach z wytwarzaniem lodu na wężownicach. Lód w kapsułach pozwala na nieograniczoną liczbę cykli pracy zasobnika chłodu. Całkowite oddzielenie lodu od czynnika roboczego w instalacji chłodzenia eliminuje możliwość pogorszenia jego właściwości fizyko-chemicznych na skutek rozcieńczenia. Dzięki oddzieleniu lodu od czynnika roboczego możliwe jest zastosowanie jednej instalacji zarówno do ładowania, jak i rozładowywania zasobnika chłodu. Wykorzystując ciepło przemiany fazowej woda-lód możliwe jest uzyskanie wysokiej gęstości magazynowania chłodu [30], [32].

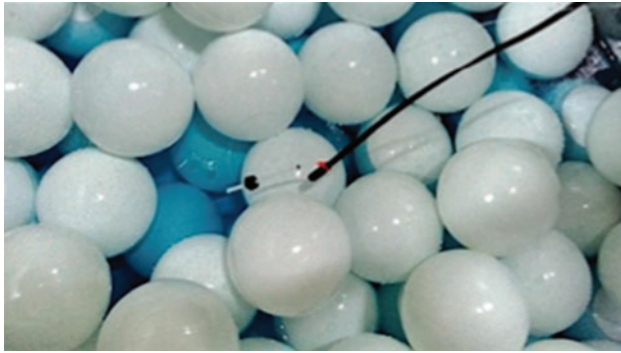
2. Badania prototypu akumulatora chłodu

2.1. Obiekt badań

Na potrzeby badań zaprojektowano i wykonano prototyp akumulatora chłodu, w którym do procesu magazynowania wykorzystano ciepło przemiany fazowej woda-lód. Akumulator chłodu stanowił walcowy zbiornik o objętości 200 litrów (wysokość 0,78 m, średnica 0,57 m) z kulistymi kapsułami wypełnionymi wodą. Przyjęta wielkość zasobnika pozwalała na przeprowadzenie badań zarówno w skali technicznej (w skali 1:1), jak też wykorzystanie badawczej infrastruktury laboratoryjnej do kontroli warunków cieplno-przepływowych w okresie pomiarów. W badaniach wykorzystano złożę z kapsuł polipropylenowych o 3 średnicach, tj.: kapsuły 80 mm w liczbie 400 sztuk, kapsuły 70 mm w liczbie 542 sztuk oraz kapsuły 60 mm w liczbie 959 szt. Kapsuły wypełnione były wodą i omywane przez czynnik roboczy instalacji magazynowania chłodu (HTF), który stanowił 33% wodny roztwór glikolu propylenowego. Charakterystyczne parametry roztworu podano w tabeli 1.

TABELA 1. Charakterystyczne parametry 33% wodnego roztworu glikolu propylenowego stanowiącego obiegowy czynnik roboczy w instalacji badawczej

Parametr	Wartość
Gęstość nośnika chłodu/ciepła, ρ_{hf} , kg m^{-3}	1053
Pojemność cieplna właściwa nośnika chłodu/ciepła, $c_{p,hf}$, $\text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$	3,66
Współczynnik przewodności cieplnej, λ_{hf} , $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	0,404
Współczynnik lepkości kinematycznej, ν_{hf} , $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$	0,000124

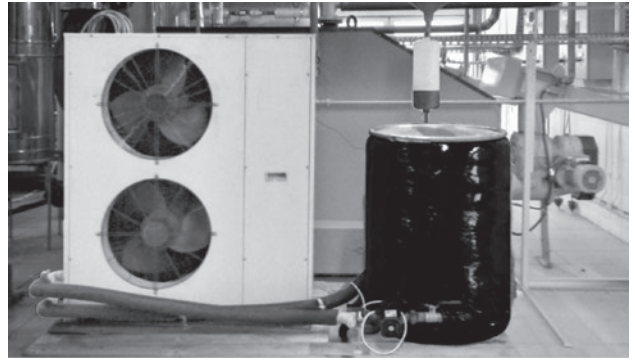


Rys. 1. Wnętrze akumulatora chłodu ze złożem w formie kulistych kapsuł

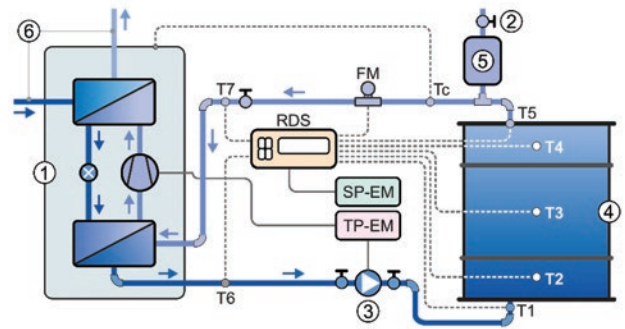
Kapsułki w średnicach 60 mm i 70 mm wykonane były jako bezbarwne w celu lepszej kontroli zarówno stopnia wypełnienia ich wodą, jak i szczelności w czasie kontrolnego otwarcia zasobnika. Kapsułki 80 mm wykonano z dodatkiem materiału zwiększającego sztywność ścianki. Kapsułki napełniano wodą do 90% objętości. Pozostałe 10% wolnej przestrzeni wypełniało się lodem na skutek zmiany objętości wody w procesie zamarzania. Przyjęta w trakcie napełniania kapsuł wolna przestrzeń zabezpieczała kapsułkę przed ewentualnym rozszczelnieniem. Kapsułki napełniano wodą przez nakłucie powierzchni, wtrysk wody, a następnie zasklepienie otworu specjalnym żelem akrylowym o wysokiej odporności na czynniki chemiczne i twardniejącym w kontakcie z powietrzem. Ponadto kapsułki poddano testowi rozszerzalności cieplnej. W tym celu kapsułka została napełniona wodą w 100% objętości i poddana 20-cyklom zamarzania. Podczas badań stwierdzono, że ok. 5% przyrost objętości kapsułki nie powoduje jej rozszczelnienia ani przez pęknięcie powłoki kapsułki w miejscu łączenia, ani też wskutek utraty właściwości kleju stosowanego do zamykania otworu do wtrysku wody. Po rozmrożeniu kapsułki wracała ona do pierwotnej objętości bez utraty szczelności oraz kształtu. Widok złoża kapsuł, częściowo zalanego wodnym roztworem glikolu, przedstawiono na rys. 1.

Prototypowy akumulator chłodu pracował ze zmodyfikowaną pompą ciepła woda-powietrze. Modyfikacja pompy ciepła polegała na jej przystosowaniu do pracy z wodnym roztworem glikolu, jako czynnikiem obiegowym roboczym w instalacji chłodzenia (ładowania) prototypowego akumulatora chłodu, co wymagało wymiany sterownika w celu umożliwienia pracy pompy ciepła w warunkach temperatury niższej niż 0°C. Widok stanowiska badawczego przedstawiono na rys. 2. Na rysunku 3 pokazano schemat badawczej instalacji magazynowania chłodu z prototypowym akumulatorem chłodu.

Stanowisko badawcze składało się z następujących elementów: 1 – pompa ciepła typu powietrze-woda, 2 – przewód odpowietrzający instalację z zaworem kulowym, 3 – pompa obiegowa w przewodzie zasilającym, 4 – prototypowy akumulator chłodu z materiałem zmiennofazowym w układzie złoża z kapsuł wypełnionych materiałem akumulującym, 5 – naczynie wzbiorcze. Stanowisko zostało wyposażone w następujące elementy pomiarowe: T – czujniki temperatury (termopary) na przewodzie zasilającym, powrotnym oraz w akumulatorze, T_c – kontrolny czujnik temperatury sterownika pompy ciepła, FM – przepływomierz elektromagnetyczny, RDS – system rejestrujący dane pomiarowe. Czujniki termopar do pomiaru temperatury akumulatora chłodu umieszczone były we wnętrzu



Rys. 2. Widok stanowiska badawczego



Rys. 3. Schemat stanowiska badawczego

kapsuł. Umieszczenie termopar we wnętrzu kapsuł miało za zadanie dokładniejsze wyznaczenie punktów rozpoczęcia przemiany fazy wewnątrz kapsuł. Na potrzeby realizacji pracy wykorzystane zostały również liczniki do pomiaru zużycia energii elektrycznej przez trójfazowy silnik pompy ciepła oraz jednofazowej instalacji zasilającej system rejestracji danych pomiarowych. Dodatkowo za wyjściem czynnika roboczego z akumulatora chłodu umieszczono czujnik temperatury T_6 . Czujnik ten był połączony bezpośrednio ze sterownikiem pompy ciepła i stanowił zabezpieczenie przed przechłodzeniem HTF poniżej wartości zadanej na sterowniku temperatury. Temperatura początkowa akumulatora była równa temperaturze otoczenia, natomiast minimalna osiągalna temperatura chłodzenia pompy ciepła wynosiła -25°C . W czasie serii pomiarowych nie zaobserwowano niepożądanych reakcji między powłoką kapsuł i żelem cyjanoakrylowym a obiegowym czynnikiem roboczym. Jednak wodny roztwór glikolu był agresywny w stosunku do połączeń instalacji uszczelnianych taśmą teflonową oraz bezbarwnym silikonem sanitarnym. Po dłuższej ekspozycji stwierdzono szarzenie taśmy, jej powolne rozpuszczanie oraz zabarwienie silikonu na kolor błękitny przez dodatek stosowany do zabarwiania glikolu.

2.2. Metodyka badawcza

W badaniach przeprowadzono 9 testów pomiarowych z kapsułkami złoża akumulatora chłodu o różnych wymiarach kapsuł oraz różnych strumieniach masy czynnika roboczego w instalacji. Opis testów podano w tabeli 2. Czas trwania testu został zdefiniowany jako czas, w którym zostanie osiągnięta temperatura obiegowego czynnika roboczego na wylocie z akumulatora (T_5) na poziomie 0°C . Na podstawie uzyskanych wyników obliczono: moc i pojemność chłodniczą akumulatora, sprawność ładowania akumulatora, oraz współczynnik wydajności chłodniczej.

TABELA 2. Opis testów pomiarowych

L.p.	Oznaczenie testu	Średnica kapsuły, d_p , mm	Strumień masy obiegowego czynnika roboczego w instalacji (HTF) \dot{m}_{htf} , kg s ⁻¹	
			opis	wartość
1	80-I	80	niski przepływ	0,076
2	80-II	80	średni przepływ	0,084
3	80-III	80	wysoki przepływ	0,089
4	70-I	70	niski przepływ	0,084
5	70-II	70	średni przepływ	0,091
6	70-III	70	wysoki przepływ	0,104
7	60-I	60	niski przepływ	0,066
8	60-II	60	średni przepływ	0,072
9	60-III	60	wysoki przepływ	0,083

Pojemność chłodniczą akumulatora określono jako ilość ciepła odebranego z badanego akumulatora w trakcie jego ładowania i obliczano zgodnie z zależnością:

$$Q_{cs} = \int_{t_{init}}^{t_{fin}} \dot{m}_{htf} \cdot c_{p,htf} \cdot [t_{in}(\tau) - t_{out}(\tau)] \cdot 3600^{-1} \cdot d\tau \quad (1)$$

W danym interwale czasowym pomiaru iloraz pojemności chłodniczej i czasu trwania pomiaru był podstawą do obliczenia chwilowej mocy chłodniczej akumulatora chłodu zgodnie z zależnością:

$$\dot{Q}_{cs,iv} = \frac{Q_{cs,iv}}{\tau_{iv}} \quad (2)$$

Sprawność ładowania akumulatora zdefiniowano jako iloraz ilości ciepła odebranego z akumulatora (1) w trakcie serii pomiarowej do wyjściowej pojemności cieplnej akumulatora, zgodnie ze wzorem:

$$\eta_{cs} = \frac{Q_{cs}}{HCT} \quad (3)$$

gdzie:

$$HCT = [m_w \cdot c_{p,w} \cdot (t_{init} - t_{pc}) + m_w \cdot L_{w-1} + m_i \cdot c_{p,i} \cdot (t_{pc} - t_{fin}) + m_{htf} \cdot c_{p,htf} \cdot (t_{init} - t_{fin})] \cdot 3600^{-1} \quad (4)$$

Współczynnik wydajności chłodniczej obliczono jako iloraz ilości pobranego ciepła z akumulatora oraz ilości energii elektrycznej zużytej do tego celu przez wszystkie elementy stanowiska testowego, zgodnie z zależnością:

$$EER = \frac{Q_{cs}}{P_{el}} \quad (5)$$

TABELA 3. Podstawowe parametry operacyjne stanowiska badawczego – instalacji magazynowania chłodu

L.p.	Parametr	Numer testu								
		80-I	80-II	80-III	70-I	70-II	70-III	60-I	60-II	60-III
1	ε (-)	0,46			0,51			0,46		
2	$U_{sf,htf} \cdot 10^{-3}$ (m s ⁻¹)	0,28	0,31	0,33	0,31	0,34	0,39	0,25	0,27	0,31
3	$U_{\phi,htf} \cdot 10^{-4}$ (m s ⁻¹)	0,89	0,98	1,04	1,25	1,36	1,55	0,75	0,81	0,94

W tabeli 3 przedstawiono podstawowe parametry operacyjne stanowiska badawczego – instalacji magazynowania chłodu, natomiast metodę ich obliczenia przedstawiają wzory od (6) do (8). Na podstawie przyjętych rozmiarów akumulatora oraz jego wypełnienia stwierdzono, że największa porowatość wystąpiła w przypadku kul o średnicy 70 mm; wyniosła ona $\varepsilon = 0,51$.

W przypadku pozostałych dwóch wariantów porowatość złoża wynosiła 0,46. Najwyższe wartości prędkości przepływu czynnika roboczego przez złożę, obliczone z uwzględnieniem porowatości złoża w akumulatorze, występowały w przypadku testów z kulami 70 mm – od 1,25 do 1,55 m/s.

$$\varepsilon = 1 - \frac{V_p \cdot N_p}{V_A} \quad (6)$$

$$U_{sf,htf} = \frac{\dot{m}_{htf}}{A \cdot \rho_{htf}} \quad (7)$$

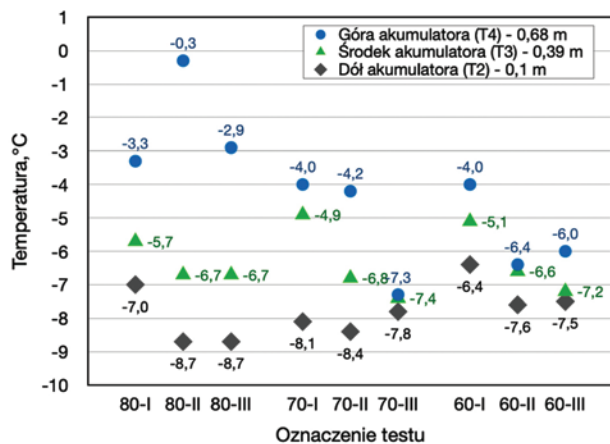
$$U_{\phi,htf} = \frac{Re_{\phi} \cdot v}{d_p} \quad (8)$$

Prędkość przepływu osiągała najniższe wartości w przypadku średnicy kul 60 mm, tj. od 0,75 do 0,94 m/s; natomiast w przypadku kul 80 mm wartości te wyniosły od 0,89 do 1,04 m/s. Wykorzystane wyposażenie pomiarowe pozwoliło na pomiar z dokładnością: temperatury 0,5 K, strumienia masy czynnika roboczego w instalacji (wodnego roztworu glikolu) 2% oraz zużycia energii elektrycznej 0,1 kWh.

3. Wyniki badań i ich analiza

3.1. Praca prototypu

Charakter i dynamika zmian mierzonych parametrów procesu ładowania akumulatora były silnie zależne od przyjętych parametrów operacyjnych instalacji magazynowania chłodu oraz średnicy zastosowanej kapsuły. W przypadku kapsuł, niezależnie od ich rozmiarów, zwiększenie strumienia masy czynnika roboczego w instalacji magazynowania chłodu powodowało skrócenia czasu osiągnięcia przemiany fazowej woda-lód oraz wyrównania temperatury wzdłuż wysokości akumulatora chłodu. W przypadku kapsuł o średnicach: 70 mm i 80 mm przyrost strumienia masy HTF przyczyniał się również do stabilniejszej pracy akumulatora chłodu i pompy ciepła. Uwidaczniało to się obniżeniem częstości odszraniania wymiennika ciepła pompy ciepła (parowacza) oraz równomiernym przejmowaniu ciepła w całej objętości akumulatora chłodu. Można było to zaobserwować analizując zmiany temperatury wodnego roztworu glikolu na wejściu do akumulatora,



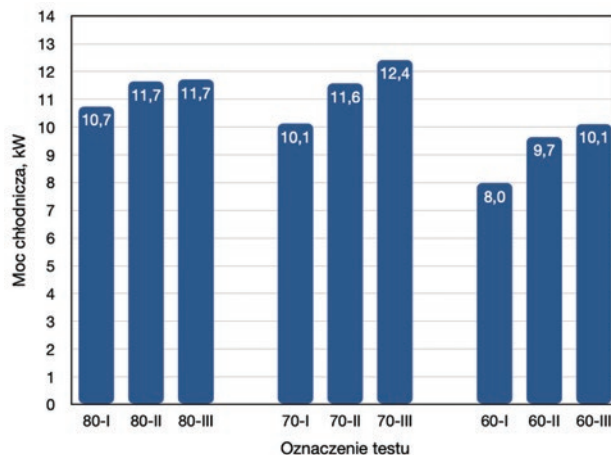
Rys. 4. Końcowa wartość temperatury w kapsułach w punktach pomiarowych T2, T3 i T4.

chwilowych wartościach mocy chłodniczej, czy też obserwując szybkość powstawania szronu na zewnętrznej powierzchni akumulatora (obserwacja po usunięciu warstwy izolacji cieplnej akumulatora). W przypadku kapsuł o średnicy 60 mm mniejsza ich masa niż kapsuł o średnicach 70 mm i 80 mm, sprawiła, że złoże jest bardziej podatne na wibrację w trakcie przepływu obiegowego czynnika roboczego. W przypadku kul 60 mm wzrost strumienia masy HTF do poziomu średniego i wysokiego powodował intensywne drgania kapsuł. Wzrost natężenia przepływu, w połączeniu z intensywnymi drganiami kapsuł 60 mm, uniemożliwiły stratyfikację cieplną złoża w momencie przejścia fazy woda-lód. Silne drgania w dolnej części magazynu powodowały, że przemiana fazowa nie zachodziła od dołu, w naturalny sposób, lecz od środka zasobnika. Drgania kapsuł w górnych warstwach zbiornika wyraźnie utrudniały przemianę fazową woda-lód. Przemiana fazowa nastąpiła dopiero po czasie chłodzenia dłuższym niż w przypadku mniejszych wartości strumienia masy HTF. W przypadku kapsuł o średnicy 80 mm czas trwania procesu ładowania akumulatora wyniósł od 96 do 120 minut, a w przypadku o średnicy 70 mm czas ten był od 90 do 105 minut. W przypadku kapsuł o średnicy 60 mm czas ładowania był porównywalny z czasem ładowania akumulatora ze złożem utworzonym przez kapsuły o średnicy 80 mm i wyniósł od 96 do 120 minut. Na rysunku 4 przedstawiono końcowe wartości temperatury uzyskane w pomiarach wybranych kapsuł T2, T3 i T4.

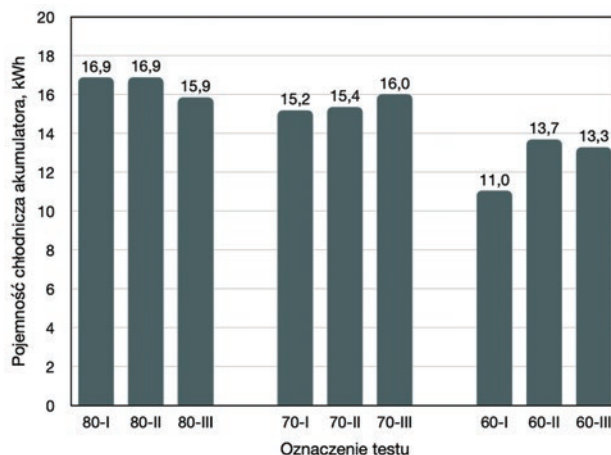
Jak widać na rysunku 4 niższe gradienty temperatury występowały w testach z kapsułami 60 mm i 70 mm. Gradient temperatury wzdłuż wysokości akumulatora mieścił się odpowiednio od 1,2 do 2,4 K oraz od 0,5 do 4,2 K. W przypadku kapsuł 80 mm wartości te wyniosły od 3,7 do 8,4 K. W przeważającej liczbie testów stopień przechłodzenia dolnej części magazynu zmniejszał się wraz z obniżeniem rozmiaru kapsuły oraz wzrostem strumienia masy HTF w akumulatorze.

3.2. Moc i pojemność chłodnicza akumulatora

Na rysunku 5 i 6 przedstawiono uzyskane wartości nominalnych mocy chłodniczych i pojemności chłodniczej badanego akumulatora. Najwyższe moce chłodnicze uzyskano w badaniach z kapsułami o średnicy 70 mm i 80 mm. Uzyskane moce chłodnicze były w zakresie od 10,1 kW do 12,4 kW. Ich wartość rosła wraz ze wzrostem natężenia przepływu HTF. W przypadku kapsuł o średnicy



Rys. 5. Nominalne moce chłodnicze badanego akumulatora chłodu



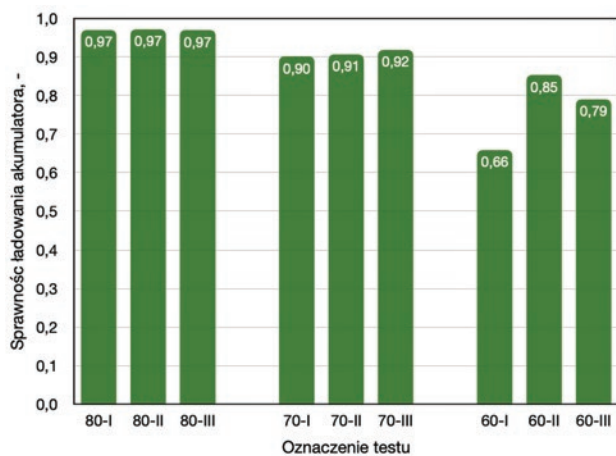
Rys. 6. Pojemność chłodnicza badanego akumulatora chłodu

60 mm maksymalne moce chłodnicze wyniosły od 8 kW do 10,1 kW. Najwyższe wartości pojemności chłodniczej uzyskano w przypadku kapsuł o średnicy 80 mm. Wyniosły one od 15,9 kWh do 16,9 kWh. W tym przypadku przyrost natężenia przepływu HTF w akumulatorze powodował zmniejszenie ilości magazynowanego chłodu. W przypadku kul o średnicy 70 mm, pomimo najwyższych wartości chwilowej mocy chłodniczej, ilości magazynowanego chłodu wyniosły od 15,2 kWh do 16 kWh.

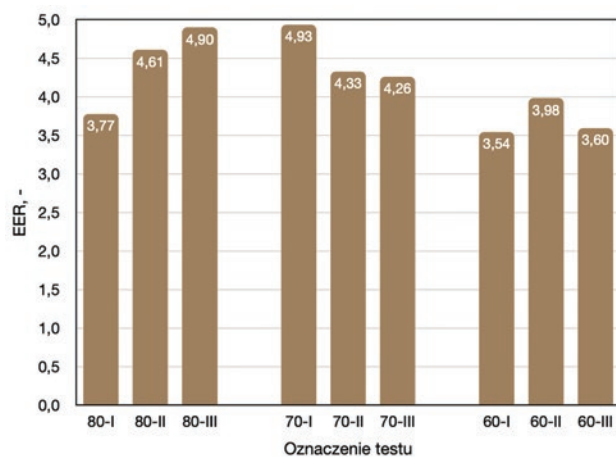
W tym przypadku wzrost przepływu prowadził do zwiększenia ilości magazynowanego chłodu. Tak, jak w przypadku mocy chłodniczych, najniższe wartości ilości magazynowanego chłodu uzyskano w pomiarach z kapsułami o średnicy 60 mm. Wyniosły one od 11 kWh do 13,7 kWh. W tej serii pomiarowej wartość maksymalna wystąpiła w przypadku średniego natężenia przepływu HTF.

3.3. Sprawność i efektywność energetyczna instalacji magazynowania chłodu

Na rysunku 7 i 8 przedstawiono uzyskane wartości sprawności energetycznych procesu ładowania akumulatora oraz wartości współczynnika wydajności chłodniczej. Uzyskane wyniki wskazały, że najwyższą sprawność wykorzystania początkowej pojemności chłodniczej badanego akumulatora uzyskano z kapsułami o średnicy 80 mm; wyniosła ona 97%. Tak samo, jak w przypadku mocy chłodniczej, także wysokie wartości sprawności magazynowania chłodu uzyskano w akumulatorze z kapsułami



Rys. 7. Sprawność energetyczna procesu ładowania badanego akumulatora chłodu



Rys. 8. Współczynnik wydajności chłodniczej badanego akumulatora chłodu

o średnicy 70 mm. Sprawność ta wynosi od 90% do 92% i rośnie wraz ze wzrostem natężenia przepływu HTF. W przypadku kapsuł o średnicy 60 mm trend zmian sprawności magazynowania chłodu jest tożsamy z mocą chłodniczą. Uzyskane sprawności w tym przypadku mieściły się w przedziale od 66% do 79%, z wartością maksymalną przy średnich warunków przepływowych.

Bardzo ważnym parametrem określającym efektywność energetyczną jest współczynnik EER. Uwzględnia on nakład energetyczny poniesiony na uzyskanie założonego efektu energetycznego. W przypadku badanej instalacji efektem była ilość chłodu możliwa do magazynowania w danych warunkach badań. Nakładem energetycznym było wykorzystanie energii elektrycznej na potrzeby pracy pompy ciepła oraz urządzeń wspomagających pracę całej instalacji (pompa obiegowa, zasilanie czujników pomiarowych). Na podstawie danych pomiarowych obliczono, że wartość współczynnika wydajności chłodniczej wyniosła od 3,5 do 4,9. Najwyższą wartością EER charakteryzują się serie pomiarowe z kapsułami o średnicach 80 mm i 70 mm. Efekt ten jest wynikiem stabilniejszych stanów pracy tych dwóch wypełnień akumulatora niż w przypadku kapsuł 60 mm. Maksymalna wartość 4,9 wystąpiła w przypadku kapsuł o średnicy 70 mm przy najniższej prędkości przepływu HTF i kapsuł 80 mm przy najwyższej prędkości HTF. Uzyskane wyniki uznano za zadowalające. Zaobserwowano również, że wraz ze wzrostem czasu ładowania akumulatora obniża się wartość EER.

4. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy ich wyników potwierdzono możliwość efektywnego magazynowania chłodu z wykorzystaniem przemiany fazowej woda-lód w kulistych kapsułach wypełniających walcowy zbiornik. Wyniki pomiarów wskazały, że sprawności magazynowania powyżej 90% można uzyskać w przypadku kapsuł o średnicach 70 mm i 80 mm. Najwyższe wartości pojemności chłodniczej również uzyskano w badaniach z kapsułami 70 mm i 80 mm. Wyniosły one od 15,2 kWh do 16,9 kWh, co daje wartość wskaźnikową odpowiednio 76,4 kWh i 84,8 kWh na metr sześcienny złoża w prototypowym akumulatorze. Uzyskane wartości współczynnika wydajności chłodniczej mieściły się w zakresie od 3,4 do 4,9, przy czym w przypadku kapsuł o średnicach 70 mm i 80 mm wyniosły one od 3,8 do 4,9. Maksymalne wartości EER wystąpiły w układzie z akumulatorem chłodu z kapsułami o średnicy 70 mm i 80 mm przy strumieniu masy wodnego roztworu glikolu przepływającego między akumulatorem a pompą ciepła odpowiednio 0,084 kg/s oraz 0,089 kg/s. Mniej korzystne wyniki pomiarów, uzyskane w badaniach z kapsułami o średnicy 60 mm były głównie skutkiem mniejszej stabilności temperatury wodnego roztworu glikolu spowodowanym procesem odszraniania wymiennika pompy ciepła oraz intensywnych drgań kapsuł w trakcie procesu ładowania akumulatora. Drgania kapsuł wyraźnie utrudniały przemianę fazową woda-lód. Przemiana ta następowała dopiero w dłuższym czasie trwania testu, porównywalnym z czasem trwania procesu ładowania magazynu z kapsułami o średnicy 80 mm. Przeprowadzone badania eksperymentalne wykazały również, że w przypadku zastosowania kapsuł o średnicach 70 mm i 80 mm występują bardzo stabilne warunki pracy magazynu chłodu. Brak jest zauważalnego problemu destabilizacji temperatury nośnika chłodu w wyniku konieczności odszraniania wymiennika ciepła pompy ciepła. W trakcie badań nie zaobserwowano znaczących problemów eksploatacyjnych prototypu akumulatora chłodu. Zostały również potwierdzone przyjęte założenia w odniesieniu do niskiej rozszerzalności cieplnej kapsuł w procesie zmiany fazy woda-lód oraz braku reakcji chemicznych obiegowego czynnika roboczego z materiałem zbiornika oraz kapsuł.

Wykaz oznaczeń

A	– pole powierzchni, m ² ,
c_p	– pojemność cieplna właściwa, J kg ⁻¹ K ⁻¹ ,
d_p	– średnica kapsuły, m,
EER	– współczynnik wydajności chłodniczej, -,
HCT	– pojemność cieplna akumulatora, kWh,
L	– ciepło przemiany fazowej, J kg ⁻¹ ,
m	– masa, kg,
\dot{m}	– strumień masy, kg s ⁻¹ ,
N	– liczba, sztuki,
P_{el}	– zużycie energii elektrycznej, kWh,
Q_{cs}	– ilość chłodu, kWh,
\dot{Q}_{cs}	– moc chłodnicza, kW,
t	– temperatura, °C,
U	– prędkość, m s ⁻¹ ,
V	– objętość, m ³ ,
ε	– porowatość, -,
λ	– współczynnik przewodności cieplnej, W m ⁻¹ K ⁻¹ ,
η	– sprawność, -,

- ρ – gęstość, kg m^{-3} ,
 ν – współczynnik lepkości kinematycznej, $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$,
 τ – czas, s, min,
 φ – wartość odniesiona do złoza kapsuł.

Indeksy dolne

- A* – akumulator,
cs – chłód,
fin – wartość końcowa,
htf – nośnik ciepła/chłodu w instalacji,
i – lód,
in – dół akumulatora – T1,
init – początek pomiarów,
iv – wartość chwilowa,
out – góra akumulatora – T5,
p – kapsuła,
pc – przemiana fazowa woda-lód,
sf – wartość odniesiona do akumulatora bez kapsuł,
w – woda.

L I T E R A T U R A

- [1] Feliński P., R. Sekret, P. Starzec. 2018. „Wpływ wykorzystania parafiny w kolektorze próżniowo-rurowym na uzysk ciepła z energii promieniowania słonecznego w instalacji ciepłej wody użytkowej”. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 49 (11): 444-449.
- [2] K. Nogaj, M. Turski, R. Sekret. 2017. „Wykorzystanie materiałów zmienno fazowych PCM do akumulacji ciepła w systemach ciepłowniczych. Cz. 2 – Analiza wybranej sieci ciepłowniczej”. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo i Wentylacja*, 48 (3): 90-94.
- [3] K. Nogaj, M. Turski, R. Sekret. 2017. „Wykorzystanie materiałów zmienno fazowych PCM do akumulacji ciepła w systemach ciepłowniczych. Cz. 1 – Metodyka wyboru materiału PCM”. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo i Wentylacja*, 48(2): 47-52.
- [4] Jachura A., R. Sekret. 2017. „Wpływ na środowisko procesu wytwarzania kolektora rurowo-próżniowego zintegrowanego z materiałem zmienno fazowym”. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo i Wentylacja*, 48 (1): 3-8.
- [5] Feliński P., M. Turski, R. Sekret. 2013. „Magazynowanie ciepła niskotemperaturowego powstałego w wyniku konwersji fototermicznej – Część II”. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 44 (11): 466-469.
- [6] Feliński P., M. Turski, R. Sekret. 2013. „Magazynowanie ciepła niskotemperaturowego powstałego w wyniku konwersji fototermicznej – Część I”. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 44 (10): 416-421.
- [7] Asgharian H., E. Baniyadi. 2019. „Experimental and numerical analyses of a cooling energy storage system using spherical capsules”. *Appl. Therm. Eng.* (149): 909-923.
- [8] Cerezo J. F. Lara, R.J. Romero, A. Rodríguez. 2021. „Analysis and Simulation of an Absorption Cooling System Using a Latent Heat Storage Tank and a Tempering Valve”. *Energies* (14): 1376.
- [9] Mongibello L., G. Graditi. 2016. „Cold Storage for a Single-Family House in Italy”. *Energies* (9): 1043.
- [10] Prabakaran R. S. Sidney, D. Mohan Lal, C. Selvam, S. Harish. 2019. „Solidification of Graphene-Assisted Phase Change Nanocomposites inside a Sphere for Cold Storage Applications”. *Energies* (12): 3473.
- [11] W.A. Qureshi, N.-K.C. Nair, M.M. Farid. 2011. „Impact of energy storage in buildings on electricity demand side management”. *Energy Convers. Manag.* (52): 2110-2120.
- [12] Avghad S.N., A.J. Keche, A. Kousal. 2016. „Thermal energy storage: A review”. *J. Mech. Civ. Eng.* (13), 72-77.
- [13] Basecq V., G. Michaux, C. Inrad. 2013. „Short-term storage systems of thermal energy for buildings: A review”. *Adv. Build. Energy Res.* (7): 66-119.
- [14] Mehling H., L.F. Cabeza. 2008. „Heat and Cold Storage with PCM. An Up to Date Introduction into Basic and Applications” *Springer: Berlin/Heidelberg*, Germany, 2008.
- [15] Chaiyat N. 2015. „Energy and economic analysis of a building air conditioner with a phase change material”. *Energy Convers. Manag.* (94): 150-158.
- [16] Allouche Y., S. Varga, C. Bouden, A.C. Oliveira. 2015. „Experimental determination of the heat transfer and cold storage characteristics of a microencapsulated phase change material in a horizontal tank”. *Energy Convers. Manag.* (94): 275-285.
- [17] Rahdar H.H., A. Emamzadeh. 2016. „Ataei, A. A comparative study on PCM and ice thermal energy storage tank for air-conditioning systems in office buildings”. *Appl. Therm. Eng.* (96): 391-399.
- [18] Souayfane F., F. Fardoun, P.H. Biwole. 2016. „Phase change materials (PCM) for cooling applications in buildings: A review”. *Energy Build.* (129): 396-431.
- [19] Pardiñas A.A., M.J. Alonso, R. Diz, K.H. Kvalsvik, J. Fernández-Seara. 2017. „State-of-the-art for the use of phase-change materials in tanks coupled with heat pumps”. *Energy Build.* (140): 28-41.
- [20] Ma Z., H. Ren, W. Lin. 2019. „A review of heating, ventilation and air conditioning technologies and innovations used in solar-powered net zero energy Solar Decathlon houses”. *J. Clean. Prod.* 2019, (240): 118158.
- [21] Tola V., S. Arena, M. Cascetta, G. Cau. 2020. „Numerical Investigation on a Packed-Bed LHTES System Integrated into a Micro Electrical and Thermal Grid”. *Energies* (13): 2018.
- [22] Zender-Świercz E. 2021. „A Review of Heat Recovery in Ventilation”. *Energies* (14): 1759.
- [23] Cervera-Vazquez J., C. Montagud-Montalava, J.M. Corberan. 2016. „Sizing of the buffer tank in chilled water distribution air-conditioning systems”. *Sci. Technol. Built Environ.* (22): 290-298.
- [24] Guo L., H. Ye. 2019. „Numerical and Experimental Study on a High-Power Cold Achieving Process of a Coil-Plate Ice-Storage System”. *Energies* (12): 4085.
- [25] Kang Z. R. Wang, X. Zhou, G. Feng. 2017. „Research Status of Ice-storage Air-conditioning System”. *Procedia Eng.* (205): 1741-1747.
- [26] Chung-Tai W., F. Chih-Ling, T. Yao-Hsu. 2015. „Application of an ice thermal energy storage system as ways of energy management in a multi-functional building”. *J. Renew. Sustain. Energy* (7): 1-7.
- [27] Patent. Storage Tank Device for an Energy Storage System and Energy Storage System with a Storage Tank Device. Available online: <https://patents.google.com/patent/DE102010037474A1/de> (accessed on 5 April 2021).
- [28] Hollmuller P., F. De Oliveira, O. Graf, W. Thiele. 2017. „Solar assisted heat pump with ice storage for a 19,000 m² retrofitted multi-family building complex”. *Energy Procedia* (122): 271-276.
- [29] Davies T.W. 2005. „Slurry ice as a heat transfer fluid with a large number of application domains”. *Int. J. Refrig.* (28): 108-114.
- [30] Waquas, A., Z. Ud Din. 2013. „Phase change material (PCM) storage of free cooling of buildings – A review”. *Renew. Sustain. Energy Rev.* (18): 607-625.
- [31] Moreno P., C. Solé, A. Castell, L.F. Cabeza. 2014. „The use of phase change materials in domestic heat pump and air-conditioning system for short term storage: A review”. *Renew. Sustain. Energy Rev.* (39): 1-13.
- [32] Oró E., A. de Gracia, A. Castell, M.M. Farid, L.F. Cabeza. 2012. „Review on phase change materials (PCMs) for cold thermal energy storage applications”. *Appl. Energy* (99): 513-533.
- [33] Podara C.V., I.A. Kartsonakis, C.A. Charitidis. 2021. „Towards Phase Change Materials for Thermal Energy Storage: Classification, Improvements and Applications in the Building Sector”. *Appl. Sci.* (11): 1490.
- [34] Raj V.A., R. Velraj. 2010. „Review on free cooling of buildings using phase change materials”. *Renew. Sustain. Energy Rev.* (14): 2819-2829.
- [35] Farid M.M., A.M. Khudhair, S.A.K. Razack, S. Al-Hallaj. 2004. „A review on phase change energy storage: Materials and applications”. *Energy Convers. Manag.* 2004, (45): 1597-1615.
- [36] Peng G., G. Dou, Y. Hu, Y. Sun, Z. Chen. 2020. „Phase Change Material (PCM) Microcapsules for Thermal Energy Storage”. *Adv. Polym. Technol.* doi:10.1155/2020/9490873.
- [37] Zalba B., J.M. Marin, L.F. Cabeza, H. Mehling. 2003. „Review on thermal energy storage with phase change: Materials, heat transfer analysis and applications”. *Appl. Therm. Eng.* (23): 251-283.
- [38] Pasupathy A., R. Velraj, R.V. Seeniraj. 2008. „Phase change material-based building architecture for thermal management in residential and commercial establishments”. *Renew. Sustain. Energy Rev.* (12): 39-64.
- [39] Medved S., C. Arkar. 2008. „Correlation between the local climate and free-cooling potential of latent head storage”. *Energy Build.* (40): 429-437.
- [40] Genc A.M., Z.H. Karadeniz, O. Ekren, M. Toksoy. 2019. „A Novel Spherical Packed Bed Application on Decentralized Heat Recovery Ventilation Units. *E3s Web Conf.* (111): 01012, doi:10.1051/e3s-conf/201911101012.
- [41] Kalaiselvan S., R. Parameshwaran. 2014. „In Thermal Energy Storage Technologies for Sustainability. Systems Design, Assessment and Applications, Chapter 5 – Latent Thermal Energy Storage”, 1st Edition, *Academic Press*, 83-126.

Różnica między obliczeniowym i pomiarowym wykorzystaniem energii do ogrzewania w budynkach wielorodzinnych

Difference Between Calculated and Measured Energy Consumption for Heating in Multi-Family Buildings in Poland

DOI: 10.15199/9.2021.12.2

KAROL BANDURSKI
KATARZYNA RATAJCZAK
ŁUKASZ AMANOWICZ

Słowa kluczowe: *performance gap, budynki wielorodzinne, certyfikacja energetyczna, obliczanie efektywności energetycznej, energia końcowa, zachowanie użytkowników, modelowanie energetyczne budynku, metoda miesięczna, budynki energooszczędne*

Streszczenie

Metody wyznaczania charakterystyki energetycznej budynków powinny być weryfikowane, aby mogły być skutecznym narzędziem w procesie opracowywania energooszczędnych rozwiązań oraz aby pomagały w kształtowaniu polityki energetycznej. W niniejszym artykule porównano zbiór obliczonych wartości z *Centralnego rejestru charakterystyki energetycznej budynków* z wartościami zmierzonymi w budynkach poddawanych termomodernizacji, opublikowanymi przez GUS, a także danymi oszacowanymi we współpracy przez GUS i Rząd RP. Analiza wykazała, że wartości szacunkowe i obliczeniowe zaniżają średnie wykorzystanie ciepła na cele grzewcze. Średnie zmierzone wykorzystanie ciepła jest o 12% większe niż średnie obliczone i o 5% większe niż oszacowane. Natomiast rozrzut wartości zmierzonych jest 2,3 razy większy niż rozrzut wartości obliczonych. Wykazano również, że dla analizowanej bazy danych budynków termomodernizowanych średnie wykorzystanie ciepła spadło na skutek termomodernizacji o 25%, a rozrzut wartości rocznego wykorzystania ciepła 1,6 razy. Niniejszy artykuł potwierdza tezę, że obecna *Metodologia* wymaga ciągłej i systemowej weryfikacji lub zastąpienia innymi narzędziami gwarantującymi wzrost krajowej efektywności energetycznej.

Key words: *performance gap, multifamily residential buildings, multi-unit residential buildings, energy certification, building energy performance, occupant behavior, building energy modeling, monthly method, energy efficient buildings*

Abstract

Methods for determining the energy performance of buildings should be verified so that they can be an effective tool in the process of developing energy-efficient solutions and be helpful in shaping energy policy. This paper compares the set of calculated values from the Polish Central Energy Performance of Buildings Registry with the values measured in buildings before and after thermal renovation, published by the Statistics Poland, as well as the data estimated by cooperation of the Statistics Poland and the Polish Government. The analysis showed that estimated and calculated values understate the average energy consumption for heating purposes. The mean measured energy consumption is 12% and is 5% higher than the mean calculated energy consumption and the estimated energy consumption respectively. The dispersion of measured values is 2.3 times larger than the dispersion of calculated values. It was also shown that, acc. to the analyzed database of thermally renovated buildings, the mean energy consumption of thermally renovated buildings decrease by 25% and the dispersion of annual energy consumption values decrease 1.6 times. This paper confirms the thesis that the current Polish methodology of building energy performance calculation needs a continuous and systematic verification or replacement by other tools guaranteeing the increase of national energy efficiency.

© 2006-2021 Wydawnictwo SIGMA-NOT Sp. z o.o.
All right reserved

dr inż. Karol Bandurski,
osoba do kontaktu: karol.bandurski@put.poznan.pl
ORCID ID 0000-0001-8578-7233
dr inż. Katarzyna Ratajczak ORCID ID 0000-0002-6950-8262
dr inż. Łukasz Amanowicz ORCID ID 0000-0002-2903-3805
Instytut Inżynieria Środowiska i Instalacji Budowlanych,
Politechnika Poznańska

1. Wstęp

W artykule [1] zwróciliśmy uwagę, że z punktu widzenia obecnych ogólnostanowisk, jak i krajowych trendów w aspekcie energooszczędności, zagadnienia weryfikacji narzędzi do obliczeń charakterystyki energetycznej budynków służących do wspierania podejmowania decyzji

odnośnie do projektowania i modernizacji budynków są istotne i powinny znaleźć się w centrum zainteresowania ustawodawcy, inżynierów oraz ośrodków naukowych związanych z branżą budowlaną. W niniejszym artykule wykorzystaliśmy dostępne polskie bazy danych, aby odpowiedzieć na następujące pytanie:

Czy obliczona charakterystyka energetyczna sporządzana wg Metodologii pokrywa się z wynikami pomiarów w przypadku budynków wielorodzinnych?

Według naszej wiedzy jest to pierwsza próba porównania obliczeniowej charakterystyki energetycznej budynków z wynikami pomiarów, bazująca na obszernym zbiorze danych dotyczących budynków wielorodzinnych. Dotychczasowe prace skupiały się na pojedynczych obiektach, np. [2]-[6].

2. Dane

W niniejszym artykule przeanalizowano i porównano dwa zbiory danych:

- *Rejestr charakterystyk energetycznych budynków* [7] (*Rejestr*), który obejmuje wszystkie świadectwa charakterystyki energetycznej budynków od 2015 roku, dotyczące zarówno budynków nowo wznoszonych, jak i istniejących. wykorzystano następujące informacje z rejestru: rok wpisania do rejestru, rodzaj budynku, lokalizacja budynku, zapotrzebowanie na energię pierwotną i końcową na cele grzewcze, rok oddania budynku do użytku, powierzchnia użytkowa.

- Dane z publikacji *Opracowanie metodologii i przeprowadzenie badania skali działań termomodernizacyjnych budynków mieszkalnych wielomieszkańczych w celu poprawy ich energochłonności oraz ocena potrzeb i planowanych działań w tym kierunku* [8] (*Termo*), które obejmowały informacje z ankiety przeprowadzonej wśród właścicieli i zarządców wielorodzinnych budynków termomodernizowaniach. Ponieważ nie ma dostępu do danych jednostkowych z tego badania, a jedynie do danych agregowanych wg różnych kategorii, m.in. wg podziału terytorialnego, wybrano więc gminy, z których pochodziła tylko jedna ankieta, aby wykorzystane dane dotyczyły tylko jednego budynku.

Do analizy porównawczej wykorzystano również średnie wykorzystanie energii do ogrzewania w gospodarstwach domowych z *Efektywność wykorzystania energii w latach 2009-2019* [9], oszacowane przez GUS i Rząd RP na podstawie różnych źródeł informacji opisanych w *Programie badań statystycznych statystyki publicznej* [10].

3. Metodologia

Przed przeprowadzeniem analizy należało ograniczyć zbiory danych w taki sposób, aby dotyczyły one tej samej grupy budynków. *Rejestr* zawiera ponad 60 tys. wpisanych charakterystyk energetycznych, jednak zdecydowana większość z nich to budynki zduplikowane z powodu błędów we wprowadzonych charakterystykach tych samych obiektów – nie ma możliwości usunięcia błędnie wprowadzonej do rejestru charakterystyki energetycznej i można jedynie uzupełnić ją na nowo (powstaje nowy rekord dla tego samego budynku). Dlatego pierwszym zabiegiem było usunięcie wszystkich rekordów tych budynków, które miały więcej niż jeden wpis (usuwanie wszystkie, ponieważ nie otrzymano informacji o tym, który wpis jest poprawny) oraz usunięcie tych, w których nie znaleziono kompletu informacji wyszczególnionych w punkcie 2. *Dane*.

W ten sposób pozostało ponad 28 tys. rekordów. Kolejne kroki miały na celu wyodrębnienie wiarygodnych charakterystyk dotyczących budynków wielorodzinnych, wybudowanych przed rokiem 2010 (okres zawężono, aby dopasować go do zakresu czasowego drugiej bazy danych):

- wielorodzinne budynki określono (arbitralnie) jako budynki mieszkalne o powierzchni użytkowej mniejszej niż 400 m²,

- zakres wartości wiarygodnych energii końcowej ustalono (arbitralnie) jako ≤ 600 kWh/(m²·rok) i ≥ 30 kWh/(m²·rok).

W wyniku selekcji otrzymano zbiór liczący 2713 budynków.

Druga baza danych, *Termo*, opierała się na ankietach z 11976 budynków. Jednak po wyselekcjonowaniu jedynie tych obiektów, dla których możliwym było określenie niezagregowanych danych (patrz punkt 2. *Dane*) pozostało 289 budynków. W kolejnych krokach wybrano tylko te obiekty, dla których była podana wartość wykorzystania ciepła na cele centralnego ogrzewania na rok przed i na rok po termomodernizacji. Tak samo jak w przypadku *Rejestru* odrzucono wszystkie budynki o powierzchni użytkowej mniejszej niż 400 m², wykorzystaniu ciepła większym od 600 kWh/(m²·rok) i mniejszym od 30 kWh/(m²·rok). Selekcja zakończyła się otrzymaniem zbioru liczącego 88 wartości energii wykorzystanej na cele ogrzewania budynków (zawierały się w tym zarówno dane sprzed, jak i po termomodernizacji).

Dane z *Rejestru* były wyznaczone na podstawie *Metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej (Metodologia)*, na podstawie ministerialnych danych pogodowych [11]. Natomiast pobory ciepła raportowane z bazy *Termo* odbywały się w innych warunkach meteorologicznych. Aby porównując obydwie bazy danych móc wykluczyć różnice wynikające z innych warunków meteorologicznych skorygowano odczytane pobory ciepła metodą stopniodni. Na podstawie danych Eurostat [12] wyznaczono średnią liczbę stopniodni na terenie Polski w latach 1979-2000 – 3658 stopniodni. Następnie, z tej samej bazy danych odczytano liczbę stopniodni dla Polski w latach, z których pochodzą dane o poborze ciepła ($Q_{H,mes}$) z bazy *Termo*, i znormalizowano wartości poborów ($Q_{H,mes,N}$) wg równania:

$$Q_{H,mes,N} = Q_{H,mes} \frac{\text{średnia liczba stopniodni (1979-2000)}}{\text{liczba stopniodni z roku, z którego pochodzi odczyt } Q_{H,mes}}$$

gdzie: $Q_{H,mes}$ – wartość poboru ciepła z bazy danych, $Q_{H,mes,N}$ – znormalizowana korektą klimatyczną wartość poboru ciepła.

Ponieważ dane ministerialne wykorzystują dane z lat 1971-2000, również dla tego okresu powinna być określona liczba stopniodni (a nie tylko dla okresu 1979-2000). Niestety nie dysponowano danymi z lat 1971-1978. W tabeli zamieszczono zastosowane przeliczniki.

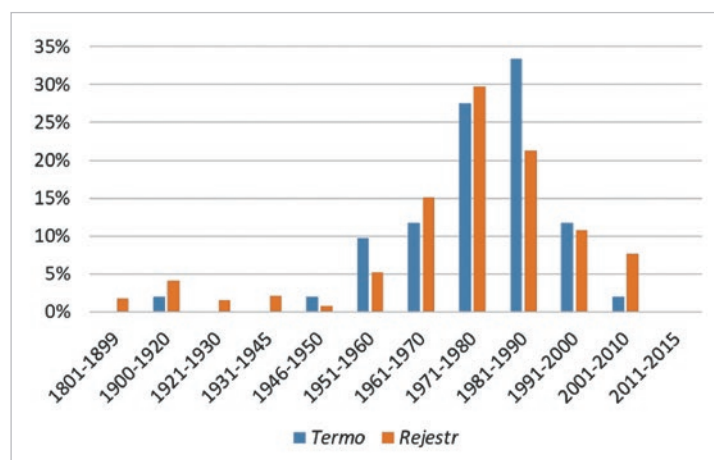
Na potrzeby punktu 5. *Dyskusja* (patrz pkt. 5.2 *Wpływ różnic w charakterystyce zbiorów na wynik analizy*) przeprowadzano również analizę ograniczając zbiory *Rejestru* i *Termo* do budynków wnoszonych tylko w XX w.

4. Wyniki

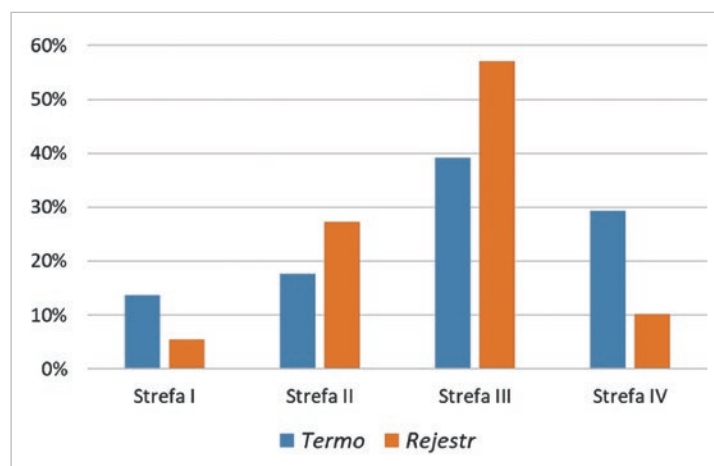
W pierwszym kroku porównano charakterystyki budynków z badanych zbiorów danych (po ich ograniczeniu na potrzeby przeprowadzonej analizy), aby sprawdzić, czy reprezentują one podobny zasób budowlany:

TABELA. Przeliczniki do korekty klimatycznej odczytanych poborów ciepła w poszczególnych latach wyznaczone jako stosunek średniej liczby stopniocdni w latach 1979-2000 do liczby stopniocdni w danym roku

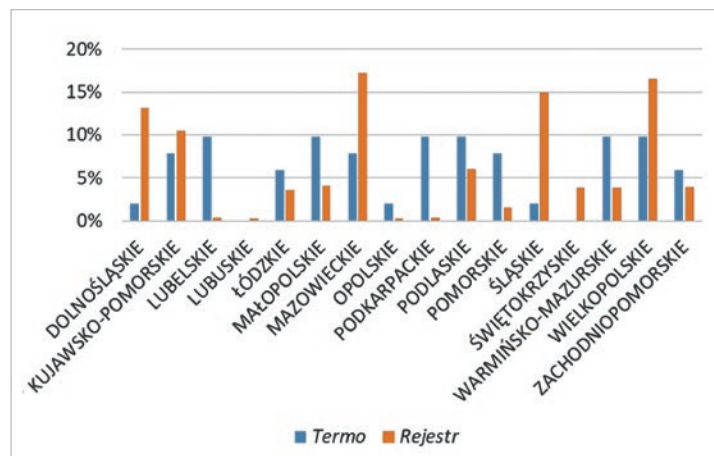
Rok	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Przelicznik	1,06	0,93	1,10	1,03	1,04	1,18	1,18	1,11	1,11



Rys. 1. Względna liczba budynków wznoszonych w danym okresie w analizowanych bazach danych



Rys. 2. Względna liczba budynków znajdujących się w danej strefie klimatycznej w analizowanych bazach danych



Rys. 3. Względna liczba budynków znajdujących się w danym województwie w analizowanych bazach danych

- rok wznoszenia budynku, który w przybliżeniu odpowiada standardowi energetycznemu (rys. 1),
- strefa klimatyczna budynku, która uwzględnia zróżnicowanie liczby stopniocdni na terenie Polski (rys. 2),
- lokalizacja budynku (rys. 3).

Na podstawie wykresów przedstawionych na rys. 1-3 można uznać, że analizowane zbiory danych reprezentują zasób o podobnej charakterystyce pod względem roku wznoszenia i strefy klimatycznej. Najistotniejsze różnice to:

- *Termo* obejmuje względnie więcej budynków z lat 1981-1990 oraz 1951-1960,
- *Rejestr* obejmuje względnie więcej budynków z lat 2001-2010,
- w bazie *Termo* jest względnie więcej budynków z IV i I strefy klimatycznej, ale po zsumowaniu liczby budynków dla stref I i II oraz III i IV proporcje w bazie *Termo* i *Rejestr* są podobne,
- udział budynków z poszczególnych województwach jest bardziej równomierny w bazie *Termo*.

W kolejnym kroku, aby odpowiedzieć na postawione pytanie badawcze, na rys. 4 porównano rozkład jednostkowych wartości obliczonej energii końcowej (*Rejestr*) i energii zmierzonej (*Termo*). Dodatkowo na wykresie podano wartość wykorzystania energii do ogrzewania w gospodarstwach domowych oszacowaną przez Rząd RP i GUS dla 2013 r., z uwzględnieniem korekty klimatycznej [9] – 169 kWh/(m²·rok) (wybór roku to średnia z lat, z których pochodziły dane w bazie *Termo*). Mediany analizowanych bazy *Rejestr* i *Termo* to odpowiednio 139 i 144 kWh/(m²·rok), natomiast średnie to 158 i 178 kWh/(m²·rok). Najbardziej zbliżone są wartości median, różnica to 4% względem mediany bazy *Rejestr*. Większe różnice występują między wartościami średnimi i rozrzutem licznym między pierwszym i trzecim kwartyłem zbioru (czyli wartością, dzielącą zbiór obserwacji na cztery równe, co do ilości elementów, grupy). Średnia z wartości mierzonych jest o 12% większa niż średnia z wartości obliczonych (różnica A, rys. 4) i o 5% większa niż szacunki GUS (różnica B, rys. 4). Rozrzut wartości zmierzonego poboru ciepła, między pierwszym a trzecim kwartyłem, jest 2,3 razy większy niż w przypadku obliczonej energii końcowej.

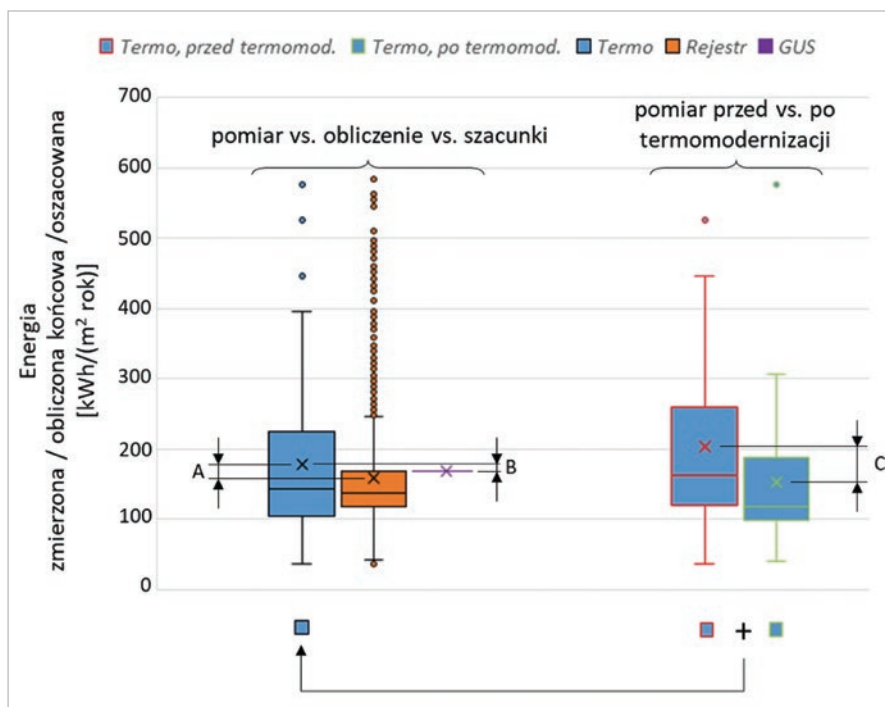
Średnia wartość wykorzystania ciepła w budynkach przed termomodernizacją (baza *Termo*) to 203 kWh/(m²·rok), a po termomodernizacji (baza *Termo*) to 153 kWh/(m²·rok), czyli spadek o 25%. Na skutek termomodernizacji zmniejszył się również 1,6 razy rozrzut wartości wykorzystania ciepła na cele ogrzewania pomieszczeń, liczony między pierwszym a trzecim kwartyłem.

5. Dyskusja

5.1. Przyjęte założenia

Przeprowadzona analiza opiera się na założeniach, które należy uwzględnić przy ocenie wiarygodności otrzymanych wyników:

- obydwie bazy są równie reprezentatywne dla całego zasobu budynków wielorodzinnych (>400 m² powierzchni użytkowej) w Polsce;



Rys. 4. Rozkład wartości wykorzystania energii (energii zmierzonej, obliczonej końcowej i oszacowanej) na potrzeby ogrzewania pomieszczeń dla analizowanych baz danych. Znak (x) wskazuje średnią wartość, prostokąt obejmuje zakres wartości od pierwszego do trzeciego kwartyla, natomiast linia pośrodku prostokąta wskazuje medianę (drugi kwartyl). Na wykresie oznaczono różnicę między średnim zmierzonym i obliczonym wykorzystaniem ciepła (A), średnim zmierzonym i oszacowanym wykorzystaniem ciepła (B) oraz średnim zmierzonym wykorzystaniem ciepła dla budynków przed i po termomodernizacji (C).

- stopniodni wyznaczone dla lat 1979-2000 przez Eurostat odpowiednio wiernie oddają liczbę stopniodni dla całej Polski jaka wynikałaby z danych ministerialnych, którą trudno jest wyznaczyć z uwagi na brak reprezentatywnego roku dla całej Polski (istnieją tylko dane dla poszczególnych lokalizacji);

- osoby wypełniające ankiety na potrzeby bazy *Termo* był kompetentne i poprawnie zaraportowały pobory ciepła przez budynki, zarówno co do wartości, jak i roku;

- dane o zmierzonych poborach ciepła (baza *Termo*) są wyznaczone dla roku kalendarzowego poprzedzającego lub następującego po termomodernizacji, ewentualnie jeżeli podano sumę wartości dla kolejnych (lub poprzedzających) 12 miesięcy, ale nie z jednego roku kalendarzowego, to nie wpływa to istotnie na wyniki;

- certyfikatorzy, których obliczenia stanowią bazę *Rejestr*, wykonywali poprawnie obliczenia wg *Metodologii*.

5.2. Wpływ różnic w charakterystyce zbiorów na wynik analizy

Można by uznać, że istniejące różnice w charakterystyce badanych zbiorów danych mogły wpłynąć na wynik analiz, czyli przede wszystkim na rozbieżność między wynikami pomiarów oraz obliczeń. Najbardziej istotna w tym kontekście wydaje się proporcjonalnie większa liczba budynków nowszych, z XXI w., bardziej energooszczędnych, w bazie *Rejestr*. Jednak jak zaznaczono w punkcie 3. *Metodologia* przeprowadzono również analizę obydwu baz ograniczonych tylko do budynków wzniesionych w XX w. Wyniki dla tej analizy były praktycznie takie same jak dla analizy rozszerzonej.

5.3. Czy różnice są istotne?

Obydwie zdiagnozowane różnice są istotne, ponieważ odnoszą się nie do pojedynczych budynków czy gospodarstw domowych, gdzie znaczenie mogłoby mieć dokładność określania wartości poszczególnych parametrów cieplnych przegród budynku czy sposobu użytkowania, ale pewnych (w założeniu) reprezentatywnych próbek populacji zasobu budynków wielorodzinnych Polski. Oznacza to, że różnica jest ogólną tendencją, a nie jedynie studium przypadku.

Pierwszą różnicę (12%), między wartościami zmierzonymi (*Termo*) i obliczonymi (*Rejestr*), warto porównać z wykresem przedstawionym w artykule wprowadzającym [1] dla budynków pasywnych. Dokładniej to porównanie jest omówione w [13]. W tym przykładzie różnica między średnimi wartościami obliczonymi (za pomocą programu PHPP) a zmierzonymi była niezauważalna (<2%) w przypadku budynków pasywnych, a dla budynków niskoenergetycznych wartość zmierzona była o 4% mniejsza niż wartość obliczona. Czyli tendencja była odwrotna – obliczenia co najwyżej przeszacowywały rzeczywiste zużycie – a sama różnica była trzykrotnie mniejsza.

Drugą różnicę (5%) między szacunkami Rządu i GUS, opartymi na pewnych danych pomiarowych, a pomiarami jednostkowymi (baza *Termo*) warto rozważyć mając na uwadze, że obydwie wartości mają reprezentować średnie wartości rzeczywiste (zmierzone) dla polskiego zasobu budynków mieszkalnych. Istnieje jednak znacząca różnica przy ich wyznaczaniu: wartość GUS dotyczy wszystkich budynków mieszkalnych, a baza *Termo* tylko budynków wielorodzinnych. Ponieważ budynki wielorodzinne charakteryzują się mniejszym wykorzystaniem ciepła na cele grzewcze w przeliczeniu na powierzchnię użytkową, można przypuszczać, że różnica byłaby większa, gdyby ograniczyć szacunki GUS do budynków wielorodzinnych lub rozszerzyć bazę *Termo* o budynki jednorodzinne. Dane GUS służą prawdopodobnie do oceniania i kreowania krajowej polityki energetycznej, dlatego warto poszukać przyczyny tej różnicy. Jedną z nich może być określenie granicy bilansowej. W przypadku analizy GUS granica może być tylko wokół poszczególnych lokali, natomiast w bazie *Termo* dotyczyła ona całych budynków, łącznie ze strefami komunikacyjnymi.

Jedyną wartością zbieżną obydwu baz danych jest mediana. Jednocześnie istnieje duża różnica w rozrzucie danych, która jest szczególnie widoczna dla trzeciego kwartyla. Może to oznaczać, że w przypadku danych rzeczywistych (zmierzonych) średnia jest zwiększana przez grupę budynków, które wykorzystują więcej ciepła niż wynikałoby to z obliczeń z uwagi na wyjątkowo intensywne czynniki społeczne lub techniczne. Grupa ta nie ma odzwierciedlenia w bazie *Rejestr*, ponieważ tam wszystkie parametry użytkowe są przyjmowane z *Metodologii* i odpowiadają typowemu (przeciętnemu) oraz poprawnemu użytkownikowi, z kolei wpływ problemów

technicznych może być niedoszacowany lub ich istnienie w ogóle nie zdiagnozowane. W rzeczywistości w części budynków pojedyncze gospodarstwa domowe zdecydowanie zawyżają wykorzystanie ciepła przez skrajnie nie-energooszczędne użytkowanie lokali albo istnieje jakaś wada techniczna budynku (instalacji lub obudowy), np. nieszczelności czy wadliwe sterowanie instalacją grzewczą, która generuje wysokie straty ciepła zawyżające summaryczne wykorzystanie ciepła względem przewidywań.

6. Podsumowanie

Celem niniejszego artykułu było sprawdzenie czy na dużej próbie budynków wartości zmierzonego i obliczonego, wg *Metodologii* lub szacunków rządowych oraz GUS, wykorzystania ciepła do ogrzewania budynków wielorodzinnych są zbliżone. Wykazano, że istnieją istotne różnice zarówno w wartości średniej, jak i rozrzucie danych:

- średnia wartość z pomiarów jest o 12% większa niż obliczona wg *Metodologii* i o 5% większa niż wynika z szacunków Rządu RP i GUS,
- rozrzut wartości między pierwszym i trzecim kwartylem jest 2,3 razy większy dla zmierzonego wykorzystania ciepła niż dla obliczonej energii końcowej.

Co ciekawe program PHPP, który tak jak *Metodologia* opiera się na metodzie miesięcznej, nie generuje takich niedokładności przy podobnym badaniu [13]. Po drugie różnica sugeruje, że obecnie wykorzystywane metody obliczeniowe i szacunkowe zaniżają rzeczywiste zużycie, co jest niebezpieczne w kontekście dążenia do rzeczywistego obniżenia wykorzystania energii.

Niniejszy artykuł jest głosem polemicznym w dyskusji na temat wiarygodności danych obliczeniowych dotyczących zapotrzebowania na energię w budynkach. Przeprowadzone porównanie danych z dostępnych baz dla budynków wielorodzinnych ujawniło zauważalne różnice. Niniejszy artykuł oraz poprzedni [1] nie są jedynymi głosami. W publikacji internetowej [14] również wskazano na konieczność rewizji certyfikacji energetycznej budynków. Pokreślono negatywne skutki, jakie niesie za sobą brak wiarygodności, powodujący brak zaufania inwestorów, a także niechęć do kierowania się certyfikatami w procesie podejmowania decyzji. Na omawiane rozbieżności wskazują również wyniki badań przeprowadzonych w Niemczech, Irlandii czy Holandii, opisane odpowiednio w artykułach [15], [16] i [17]. Spostrzeżenia te znalazły odzwierciedlenie w projekcie komisji Europejskiej [18] pt. *Efektywność energetyczna – Rewizja dyrektywy w sprawie charakterystyki energetycznej budynków*, pod którym swoje komentarze pozostawiły 243 osoby i instytucje, dzieląc się swoimi spostrzeżeniami. Naszym zdaniem dalsze badania powinny dążyć do dokładniejszego wyjaśnienia opisanych w niniejszym artykule różnic oraz przygotowania propozycji wyeliminowania ich przyczyn. Obecna sytuacja powoduje nieplanowane wyższe wykorzystanie energii w stosunku do zamierzonego w projekcie lub przeciętnego dla danego typu i standardu obiektu, a zatem negatywnie wpływa na przebieg transformacji energetycznej, jej kontrolę, a co za tym idzie społeczne zaufanie do tych zmian.

LITERATURA

[1] Bandurski K., K. Ratajczak, Ł. Amanowicz. 2021. „Transformacja energetyczna a Metodologia sporządzania charakterystyki energetycznej budynków”, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo Wentylacja*, 52(10): 20-26, 2021, doi: 10.15199/9.2021.10.3.

- [2] Bandurski K. 2021. „Wpływ użytkowników na bilans energetyczny budynków mieszkalnych – badania i modelowanie”, Politechnika Poznańska.
- [3] Cholewa T., A. Siuta-Olcha. “Experimental investigations of a decentralized system for heating and hot water generation in a residential building,” *Energy Build.*, vol. 42, no. 2, pp. 183-188, 2010, doi: 10.1016/j.enbuild.2009.08.013.
- [4] Cholewa T., A. Siuta-Olcha, M.A. Skwarczyński. “Experimental evaluation of three heating systems commonly used in the residential sector,” *Energy Build.*, vol. 43, no. 9, pp. 2140–2144, 2011, doi: 10.1016/j.enbuild.2011.04.026.
- [5] Sekret R., „Obniżenie parametrów temperaturowych miejskiej sieci ciepłowniczej”, *Nowoczesne Ciepłownictwo*. <https://nowoczesneciepownictwo.pl/obnizenie-parametrow-temperaturowych-miejskiej-sieci-ciepowniczej/> (accessed Nov. 09, 2021).
- [6] Dzierżgowski M. 2004. „Wpływ użytkownika mieszkań przy różnej temperaturze powietrza wewnętrznego, na warunki pracy instalacji c.o. oraz rozliczanie kosztów ogrzewania w budynkach wielorodzinnych”, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 35 (7-8): 17-23.
- [7] Ministerstwo Rozwoju i Technologii, „Centralny rejestr charakterystyki energetycznej budynków”. <https://rejestrcheb.mrpit.gov.pl/> (accessed Oct. 13, 2021).
- [8] Główny Urząd Statystyczny, „Opracowanie metodologii i przeprowadzenie badania skali działań termomodernizacyjnych budynków mieszkalnych wielomieszkańczych w celu poprawy ich energochłonności oraz ocena potrzeb i planowanych działań w tym kierunku”. <https://stat.gov.pl/statystyki-eksperymentalne/srodowisko-efektywnosc-energetyczna/opracowanie-metodologii-i-przeprowadzenie-badania-skali-dzialan-termomodernizacyjnych-budynkow-mieszkalnych-wielomieszkanowych-w-celu-poprawy-ich-energochlonnosci-oraz-oc> (accessed Oct. 13, 2021).
- [9] Główny Urząd Statystyczny, „Efektywność wykorzystania energii w latach 2009-2019”. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/efektywnosc-wykorzystania-energii-w-latach-2009-2019,9,4.html> (accessed Oct. 13, 2021).
- [10] Główny Urząd Statystyczny, „1.44 Rynek materiałowy i paliwowo-energetyczny”. <http://form.stat.gov.pl/formaty/badanie.php?rok-pbssp=2021&bid=138> (accessed Oct. 13, 2021).
- [11] Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju, „Dane do obliczeń energetycznych budynków.” <https://archiwum.miiir.gov.pl/strony/zadania/budownictwo/charakterystyka-energetyczna-budynkow/dane-do-obliczen-energetycznych-budynkow-1/> (accessed Oct. 13, 2021).
- [12] EUROSTAT, “Cooling and heating degree days by country – annual data.” <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submit-ViewTableAction.do> (accessed Nov. 09, 2021).
- [13] Johnston D., M. Siddall, O. Ottinger, S. Peper, W. Feist, “Are the energy savings of the passive house standard reliable? A review of the as-built thermal and space heating performance of passive house dwellings from 1990 to 2018,” vol. 13, pp. 1605–1631, 2053, doi: 10.1007/s12053-020-09855-7.
- [14] “‘Inaccurate’ EU energy labels for buildings up for review – EURACTIV.com.” <https://www.euractiv.com/section/energy-environment/news/inaccurate-eu-energy-labels-for-buildings-up-for-review/> (accessed Nov. 13, 2021).
- [15] M. Sunikka-Blank, R. Galvin, “Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption,” <https://doi.org/10.1080/09613218.2012.690952>, vol. 40, no. 3, pp. 260–273, 2012, doi: 10.1080/09613218.2012.690952.
- [16] Coyne B., E. Denny, “Mind the Energy Performance Gap: testing the accuracy of building Energy Performance Certificates in Ireland,” *Energy Effic.*, vol. 14, no. 6, pp. 1–28, Aug. 2021, doi: 10.1007/S12053-021-09960-1/TABLES/22.
- [17] P. van den Brom, A. Meijer, and H. Visscher, “Performance gaps in energy consumption: household groups and building characteristics,” *Build. Res. Inf.*, vol. 46, no. 1, pp. 54–70, Jan. 2018, doi: 10.1080/09613218.2017.1312897.
- [18] “Energy efficiency – Revision of the Energy Performance of Buildings Directive.” https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12910-Energy-efficiency-Revision-of-the-Energy-Performance-of-Buildings-Directive_en (accessed Nov. 13, 2021).

Fakty i mity dotyczące rur preizolowanych stosowanych w ciepłownictwie – Część I

The Myth&Facts Concerning District Heating Preinsulated Bonded Pipes – Part I

DOI: 10.15199/9.2021.12.3

EWA KRĘCIELEWSKA
IRENEUSZ IWKO

Słowa kluczowe: rury preizolowane, systemy ciepłownicze, właściwości cieplne, właściwości mechaniczne

Streszczenie

Artykuł systematyzuje informacje dotyczące rur preizolowanych przeznaczonych do stosowania w polskich systemach ciepłowniczych. Omówiono w nim czynniki, które wpływają na właściwości cieplne i mechaniczne rur preizolowanych wykonanych zgodnie z PN-EN 253, zarówno nowych jak i po kilkuletniej eksploatacji.

Keywords: preinsulated pipes, district heating systems, thermal properties, mechanical properties

Abstract

Following article trying to systematize the knowledge concerning preinsulated bonded pipes for District Heating systems in Poland. It consider and discuss the factors which affects to thermal and mechanical properties of district heating bonded pipes manufactured in accordance with PN-EN 253 both factory new and after many years operation.

© 2006-2021 Wydawnictwo SIGMA-NOT Sp. z o.o.
All right reserved

I. Przeznaczenie rur preizolowanych

Elementy służące do budowy rurociągów PREIZOLOWANYCH izolowane są cieplnie i przeciwwilgociowo w fabryce. Produkowane są z różnego rodzaju materiałów, przy czym dotyczy to zarówno rur przewodowych, izolacji cieplnej, jak i rur osłonowych.

Systemy rurociągów preizolowanych można wyróżnić wg kilku charakteryzujących je cech wspólnych [1]:

– przenoszenie naprężeń między rurą przewodową a płaszczem

- systemy zespolone
- systemy ślizgowe
 - elastyczność układu
- systemy sztywne
- systemy giętkie
 - metoda produkcji
- systemy produkowane tradycyjnie
- systemy produkowane metodą półciąglą
- systemy produkowane metodą ciągłą
 - liczby rur przewodowych w jednym płaszczu osłonowym

- systemy jednorzędowe
- systemy dwurzędowe
- systemy wielorzędowe

mgr inż. Ewa Kręcielewska; ewa.kręcielewska@veolia.com
VEOLIA Energia Warszawa S.A.
mgr inż. Ireneusz Iwko – LOGSTOR Polska Sp. z o.o.

– przeznaczenie do otoczenia w którym będą zainstalowane

- systemy do układania bezpośrednio w gruncie
- systemy do układania napowietrznie
- systemy do układania wewnątrz obiektów budowlanych.
- parametry robocze nośnika ciepła/ chłodu
 - systemy do wody gorącej
 - systemy do pary
 - systemy do wody lodowej.

Niniejszy artykuł dotyczy rur preizolowanych jednorzędowych, zespolonych, sztywnych, układanych bezpośrednio w gruncie (nazywanych dalej rurami preizolowanymi), podlegających wymaganiom i metodom badań opisanym w normie PN-EN 253:2020-01.

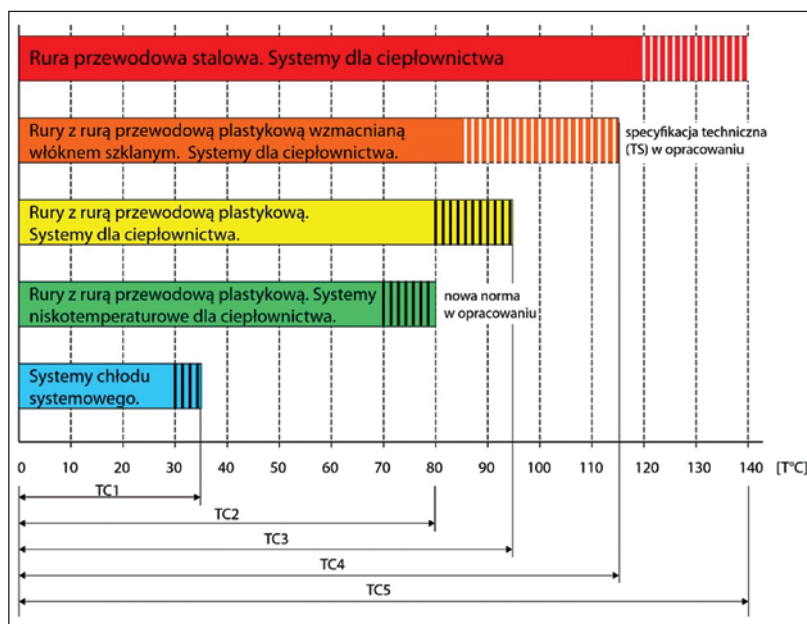
Zgodnie z PN-EN 13941-1 rury preizolowane przeznaczone są one do przesyłu uzdatnionej wody o:

- ciśnieniu $\leq 2,5$ MPa,
- zmiennej temperaturze $\leq 120^{\circ}\text{C}$,
- szczytowej temperaturze $\leq 140^{\circ}\text{C}$ przez maksimum 300 godzin w ciągu roku.

Wymagania dotyczące projektowania i montażu tych rur zawarte są w normach PN-EN 13941-1:2019-06 oraz PN-EN 13941-2:2019-06.

Obecnie Grupa robocza WG13 Komitetu Technicznego CEN TC 107 opracowuje zmianę do normy EN 13941-1. Dokument [2] wprowadzi nowe Klasy temperatur (rys. 1), które będą miały wpływ na:

– wymagania techniczne dotyczące materiałów (rury przewodowe, izolacja, osłony),



Symbole:

EN norma europejska
T temperatura czynnika [°C]
TC klasa temperaturowa rurociągu
TS specyfikacja techniczna

□ ciągła temperatura pracy

▨ chwilowa max. temperatura pracy określana w godz/rok

Rys. 1. Klasy temperatury (TC) wg projektu EN 13941-1

– metodykę obliczeń statycznych rurociągów,
– wymagania odnośnie do montażu i eksploatacji rurociągów.

Maksymalne wartości temperatury pracy rurociągów klasy TCs (przeznaczonych do pracy w ciepłownictwie, z przewodową rurą stalową) wynoszą:

- temperatura ciągła 120°C,
- temperatura chwilowa (szczytowa) 140°C,

co oznacza, że zaproponowane zmiany w normie EN 13941-1 nie będą dotyczyły rur preizolowanych objętych wymaganiami normy EN 253.

II. Wymagania dotyczące zespolonego systemu preizolowanego i jego poszczególnych elementów

Zespolony zespół rurowy tworzą:

- rura przewodowa: stal niestopowa niskowęglowa P235GH (gatunek określony w PN-EN 13941-1),
- izolacja ze sztywnej (twardej) pianki poliuretanowej (PUR), w trzech typoszeregach grubości,
- osłona: PE-HD z barierą dyfuzyjną lub bez bariery.

W kolejnych punktach przedstawiono wymagania dla zespolonego systemu preizolowanego i jego poszczególnych elementów, które określone są w normie PN-EN 253:2020-01.

1. Rury przewodowe:

- ze świadectwem jakości 3.1 wg PN-EN 10204,
- z ukosowanymi końcami zgodnie z PN-ISO 6761,
- wymiary i masy wg PN-EN 10220,
- warunki techniczne dostaw, tolerancje grubości ścianki wg
 - PN-EN 10217-5 – rury ze szwem spawane łukiem krytym

- PN-EN 10216-2 – rury bez szwu
- PN-EN 10217-2 – rury ze szwem wzdłużnym zgrzewane elektrycznie
 - powierzchnia zewnętrzna rury przed zaizolowaniem, przygotowana wg PN-EN ISO 8501, odpowiadająca stopniom czystości A, B lub C. W normie ustalono szereg stopni skorodowania i stopni przygotowania powierzchni stali. Różne stopnie zdefiniowano opisowo w połączeniu z fotografiami, które stanowią reprezentatywne przykłady, w granicach tolerancji, każdego stopnia.

– **piaskowanie/śrutowanie rur przewodowych – opcjonalnie**, jeśli przed zaizolowaniem niespełnione są wymagania PN-EN ISO 8501.

2. Osłona PE-HD:

– oddzielnie produkowana rura (metoda tradycyjna) lub osłona wytłaczana bezpośrednio na izolację termiczną metodą ekstruzji (metoda CONTI/OPTI),

- średnice i grubości osłony wg PN-EN ISO 3126,
- z barierą dyfuzyjną lub bez bariery,
- wymagania i metody badań surowca (granulatu) wg normy PN-EN 253,
- wymagania i metody badań osłony wg normy PN-EN 253,
- koronowanie rury osłonowej.

Koronowanie to proces krótkiego wyładowania elektrycznego o wysokiej częstotliwości prowadzony w niewielkiej odległości od powierzchni polietylenu, umożliwiający obróbkę powierzchni nadając jej przyczepność. Podczas koronowania następuje rozrywanie łańcuchów PE. Jednocześnie pod wpływem wyładowania elektrycznego następuje rozpad cząsteczek tlenu do postaci atomowej (ozon). Atomy tlenu wiążą się z końcówkami rozerwanego łańcucha, powierzchnia materiału staje się aktywna chemicznie (chropowata).

• **Proces koronowania prowadzony jest na wewnętrznej powierzchni rur PE-HD (nie dotyczy osłon produkowanych metodą wytłaczania ekstruzyjnego),**

• **Powierzchnia poddana koronowaniu z upływem czasu traci przyczepność (rura osłonowa nie może być długo składowana przed „zapiankowaniem”).**

• **Koronowanie powoduje trwałe uszkodzenie bariery dyfuzyjnej EVOH umieszczonej na wewnętrznej powierzchni rury PE-HD.**

3. Zespół rurowy

– wytrzymałość na ścinanie osiowe przed i po starzeniu w temperaturze 23°C i 140°C

- $\tau_{ax 23^{\circ}C}$ przed starzeniem $\geq 0,12$ MPa
- $\tau_{ax 23^{\circ}C}$ po starzeniu $\geq 0,12$ MPa (I kryterium) oraz $\tau_{ax 23^{\circ}C}$ po starzeniu $\geq (0,45 \cdot \tau_{ax 23^{\circ}C}$ przed starzeniem) MPa (II kryterium)

- $\tau_{ax 140^{\circ}C}$ przed i po starzeniu $\geq 0,08$ MPa

– współosiowość rury przewodowej i osłonowej wg normy PN-EN 253,

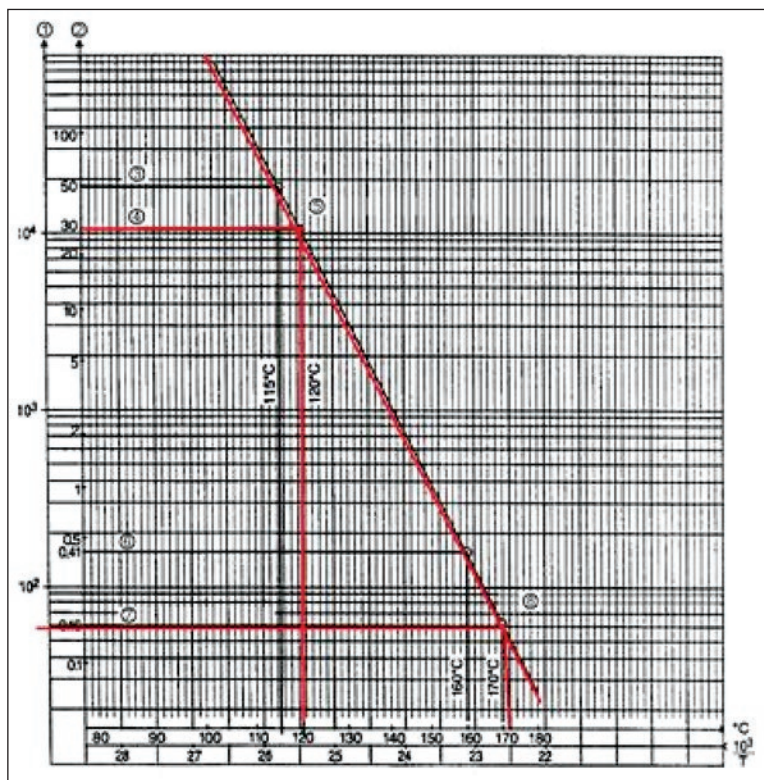
– wodoszczelność liniowa wg normy PN-EN 253,

– udarność wg normy PN-EN 253,

– udział pustych przestrzeni i pęcherzy w pianie PUR wg normy PN-EN 253.

Wymagania i metody badań rur preizolowanych opisane są w normie PN-EN 253:2020-01.

W nowej edycji normy wprowadzono zmiany, z których najważniejsze to:



Rys. 2. Zależność między przewidywaną trwałością w ciągłej temperaturze pracy, a czasem i temperaturą przyspieszonych badań starzeniowych

a) Skrócenie czasu starzenia próbek przed badaniem ścinania osiowego

W poprzednich edycjach normy EN 253 parametry przyspieszonego starzenia (długość procesu, temperatura) były określone zgodnie z zależnością Arrheniusa (rys. 2).

W normie PN-EN 253:2020 skrócono proces starzenia z 1450 godzin (dwa miesiące) do 168 godzin (tydzień), co uzasadniono wynikami szeroko zakrojonych prac prowadzonych w latach 2012-2016 przez Niemiecką Grupę Badawczą (ale, jak napisano w normie konieczne są dalsze badania wartości energii aktywacji, której obniżenie ze 150 kJ/(mol·K) do 99 kJ/(mol·K) uzasadniało skrócenie procesu starzenia).

b) Usunięcie badania pełzania (odkształcenia pod wpływem obciążenia).

Pełzanie jest to odkształcenie pianki pod wpływem stałych obciążeń w podwyższonej temperaturze, występujące na skutek promieniowego ściskania izolacji w wyniku poprzecznych przemieszczeń rur w strefach kompensacji i na trójnikach odgałęźnych. Zachowanie się pianki przy pełzaniu jest bardzo istotnym parametrem mającym wpływ na wieloletnią eksploatację rur preizolowanych [3].

Długotrwałe oddziaływanie wysokich naprężeń ściskających powodować może trwałe odkształcenie izolacji, a w rezultacie zniszczenie izolacji i przemieszczenie rury przewodowej względem płaszcza osłonowego.

Na rysunku 3 przedstawiono wyniki badań pełzania prowadzonych w LB Veolia Energia Warszawa dla jednego z polskich producentów rur preizolowanych, które potwierdziły możliwość stosowania rur preizolowanych przewidzianych na minimum 30 lat pracy w temperaturze 120°C.

c) Usunięcie metody pozwalającej na ocenę wpływu na trwałość termiczną zespołów rurowych krótkotrwałych obciążeń temperaturą chwilową wyższą niż +120°C (w większości polskich przedsiębiorstw cieplowniczych temperatura szczytowa jest wyższa, niż 120°C).

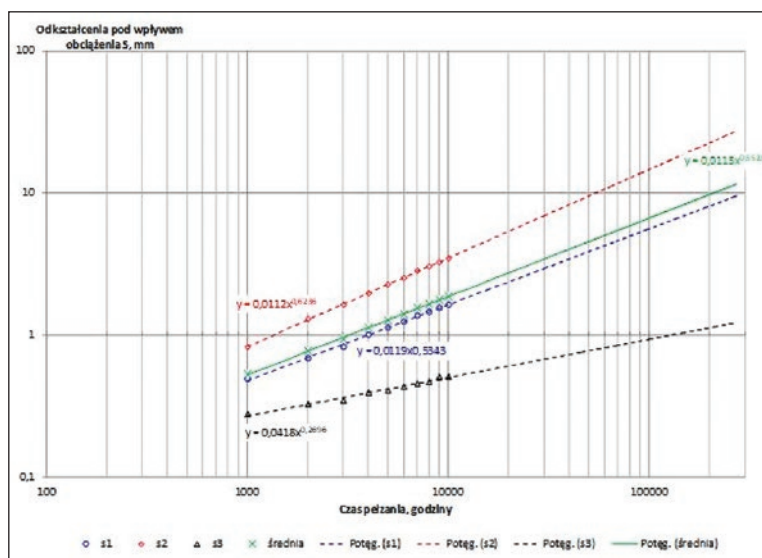
Wyniki badania wytrzymałości na ścinanie osiowe po starzeniu oraz badania pełzania, spełniające kryteria określone w normie, potwierdziły wytrzymałość na obciążenia mechaniczne i termiczne (wytrzymałość na ściskanie w strefach kompensacji i wytrzymałość na ścinanie pomiędzy kompensatorami) zespołów preizolowanych przy ciągłej temperaturze nośnika ciepła 120°C.

Skrócenie czasu procesu starzenia, usunięcie badania pełzania oraz brak innych badań potwierdzających możliwość oceny w zakresie minimum 30 letniej eksploatacji oznacza, że wyniki badań rur preizolowanych prowadzone wg normy PN-EN 235:2020-01 pozwalają tylko na ocenę wyrobów nowych, natomiast na podstawie wieloletnich badań w Laboratorium Badawczym VEOLIA można mieć wątpliwości, czy rzeczywiście potwierdzają właściwości użytkowe w ciągu długoletniej eksploatacji.

d) Zlikwidowanie Załącznika C (normatywnego) *Obliczeniowa ciągła temperatura pracy (CCOT)*.

Metoda obliczenia żywotności rurociągów opisana w poprzednich edycjach normy PN-EN 253 polegała na badaniu wytrzymałości na ścinanie w kierunku stycznym zespołu rurowego poddanego przyspieszonemu starzeniu w warunkach podwyższonej temperatury [3].

Określenie czasu starzenia, po którym następowało ścięcie próbki dla naprężeń stycznych o wartości $\tau_{tan} = 0,13$ MPa w warunkach trzech różnych wartości temperatury, pozwalało na obliczenia za pomocą równania *Arrheniusa* tzw. ciągłej temperatury pracy zespołu rurowego (CCOT) wyższej niż 140°C. Była to sprzeczność z wymaganiami normy dotyczącymi wytrzymałości na ścinanie pianek, których obliczeniowa ciągła temperatura pracy wynosiła 120°C a kryterium do oceny wyniku



Rys. 3. Zależność pomiędzy odkształceniem pod wpływem obciążenia S i czasem pełzania t

badania ścinania stycznego przed i po starzeniu wynosiło $\tau_{\text{ian}} = 0,20 \text{ MPa}$.

Metoda badania CCOT oparta na badaniu wytrzymałości na ścinanie stycznne (które nie występuje w normalnej eksploatacji rur) – zamiast ścinania osiowego – budziła od wielu lat wątpliwości. Zlikwidowanie załącznika C i brak nowej metody wyeliminowało w praktyce możliwość uzyskania wartości ciągłej temperatury pracy rurociągów $>120^\circ\text{C}$.

W aktualnych edycjach norm PN-EN 253 oraz PN-EN 13941-1 maksymalna ciągła temperatura pracy wynosi $+120^\circ\text{C}$ z możliwością krótkotrwałego podwyższenia do $+140^\circ\text{C}$ (o czym pisano w rozdziale 1).

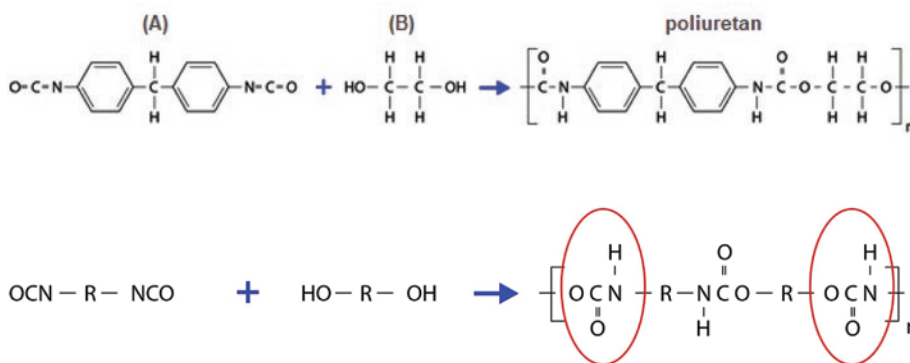
Polskie systemy ciepłownicze to systemy wodne, w okresie sezonu grzewczego pracujące w trybie regulacji jakościowo-ilościowej, ze zmiennym ciśnieniem $\leq 1,6 \text{ MPa}$, zmienną temperaturą $\leq 120^\circ\text{C}$ i maksymalną temperaturą pracy $(120\div 135)^\circ\text{C}$. Oznacza to, że rury preizolowane wykonane wg normy PN-EN 253 mogą być stosowane bez dodatkowych wymagań w zakresie odporności termicznej izolacji.

4. Izolacja z pianki poliuretanowej (PUR)

- właściwości i metody badań wg PN-EN 253,
- wytrzymałość na ściskanie w kierunku promieniowym $\sigma_{10} \geq 0,3 \text{ MPa}$ (kluczowe znaczenie dla stref kompensacyjnych na rurociągach),
- współczynnik przewodzenia ciepła przed starzeniem $\lambda_{50} \leq 0,029 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ raportowany razem z gęstością $\sigma \geq 55 \text{ kg/m}^3$, wymiarem komórek $d \leq 0,5 \text{ mm}$, składem gazów w komórkach zamkniętych i wytrzymałością na ściskanie w kierunku promieniowym $\sigma_{10} \geq 0,3 \text{ MPa}$,
- chłonność wody w podwyższonej temperaturze wg PN-EN 253,
- udział komórek zamkniętych wg PN-EN 253.

4.1. Poliuretan

Poliuretan jest materiałem, który powstaje podczas procesu polimeryzacji czyli reakcji ze sobą dwóch składników: izocyjanianu (A) oraz polioliu (B). Cechą poliuretanu jest występowanie w ich łańcuchach ugrupowań uretanowych.



Z poliuretanów produkowane są:

- włókna elastyczne np. spandex (lycra, elastan),
- elastomery – tworzywa sztuczne o zdolności do odwracalnej deformacji pod wpływem działania sił mechanicznych (np. elementy zawieszenia samochodów),
- pianki (np. tapicerka, izolacje).

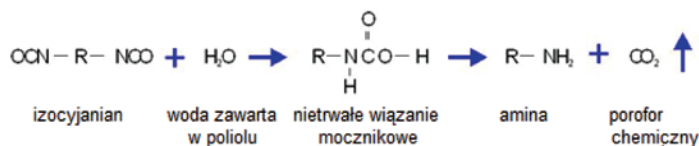
Pianka poliuretanowa (poliuretan o strukturze porowatej) powstaje, gdy obok izocyjanianu i polioliu, dodatkowo zostają zastosowane [4]:

- **środki spieniające (porofory)**, które podczas reakcji polimeryzacji uaktywniają się w postaci gazowej (powodują powstanie zamkniętych komórek zawierających mieszaninę gazów),
- środki powierzchniowo-czynne regulujące wielkość i jednolitość porów oraz stabilizujące je podczas spieniania,
- katalizatory przyspieszające i regulujące szybkość reakcji,
- ewentualnie napelniacze, pigmenty i barwniki.

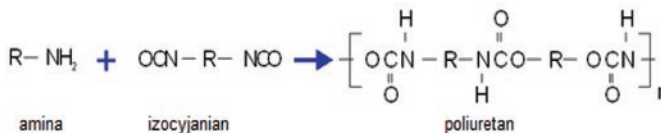
4.2. Porofory

Środki spieniające stosowane do produkcji izolacji w rurach preizolowanych można podzielić na dwa rodzaje:

– **porofor chemiczny** – dwutlenek węgla CO_2 , gaz powstający na skutek reakcji chemicznej wody (dodawanej do polioliu przez producenta systemu PUR) z izocyjanianem, który **zawsze występuje w komórkach nowej pianki poliuretanowej**. CO_2 w trakcie pienienia izolacji powoduje powstanie wiązań mocznikowych, które skutkują polepszeniem właściwości mechanicznych pianki.



Aminy wchodzą w dalszą reakcję z izocyjanianem. Końcowym efektem jest poliuretan o strukturze porowatej.



– **porofory fizyczne**, substancje gazowe, które nie wchodzą w reakcję chemiczną z polioliem i izocyjanianem, czyli nie mają wpływu na modyfikację szkieletu izolacji.

Porofory fizyczne w temperaturze do około $+30^\circ\text{C} \div +50^\circ\text{C}$ występują w postaci płynnej i w takiej postaci podczas mieszania polioliu z izocyjanianem dodawane są przez producenta rur preizolowanych zgodnie z recepturą dostawcy systemu PUR.

W trakcie reakcji egzotermicznej wody z diizocyjanianem difenylometanu (MDI) na skutek wzrostu temperatury mieszanych składników ponad punkt wrzenia płynnego fizycznego poroforu powstaje dodatkowa porcja gazu powodującego lepsze pienienie poliuretanu.

Gaz, który zostaje zamknięty w komórkach izolacji PUR jest mieszaniną gazów obecnych w czasie spieniania:

- CO_2 ,
- poroforu fizycznego (np. freon, pentan, cyklopentan, HFO),
- azotu, tlenu i innych gazów występujących w śladowych ilościach.

Skład mieszaniny gazów w komórkach izolacji zależy od receptury przygotowanej przez dostawcę systemu surowcowego PUR. Według producentów systemów pianki PUR dopuszczalna jest zmiana poroforu fizycznego na inny – bez zmiany nazwy systemu i konieczności wykonywania badań właściwości mechanicznych izolacji.

Możliwe jest niewielka modyfikacja receptury (np. udział katalizatorów, udział poroforu fizycznego) przez producenta rur preizolowanych.

- Aby zachować wymaganą w normie PN-EN 253 wartość współczynnika przewodzenia ciepła przed starzeniem $\lambda_{50} \leq 0,029 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ poroforem fizycznym nie musi być cyklopentan.

- Udział cyklopentanu w ilości większej niż 60% powoduje pogorszenie właściwości mechanicznych sztywnej pianki PUR (wytrzymałość na ścinanie).

- Porofor fizyczny pozwalający na zachowanie przyjętych metod przetwarzania systemów poliuretanowych, musi być substancją czystą ekologicznie, mającą zerowe oddziaływanie na warstwę ozonową, zerowy potencjał niszczenia warstwy ozonowej ODP=0.

- Zgodnie z PN-EN 253 informacja o zastosowanym fizycznym środku porotwórczym ma być podana przez producenta rur preizolowanych na osłonie gotowego wyrobu.

4.3. Współczynnik przewodzenia ciepła pianki PUR

4.3.1. Model teoretyczny

Teoretyczny model współczynnika [5], [6], [7] przewodzenia ciepła izolacji opisać można jako sumę poszczególnych składowych procesu za pomocą wzoru:

$$\lambda_{\text{pianka}} = \lambda_{\text{gas}} + \lambda_{\text{szkielet}} + \lambda_{\text{rad}} \quad (1)$$

gdzie:

λ_{gas} – współczynnik przewodzenia ciepła gazu w komórkach PUR,

$\lambda_{\text{szkielet}}$ – współczynnik przewodzenia ciepła szkieletu PUR,

λ_{rad} – współczynnik przewodzenia ciepła przez promieniowanie.

Pomimo prostoty wzoru teoretyczne obliczenie współczynnika przewodzenia ciepła nie jest łatwe, co jest spowodowane:

- wieloma czynnikami, które mają wpływ na obliczenie wartości teoretycznych poszczególnych składowych,
- różnego udziału składowych w zależności od średniej temperatury izolacji i jej gęstości (rys. 4 i 5).

Składową λ_{rad} można określić za pomocą wzorów:

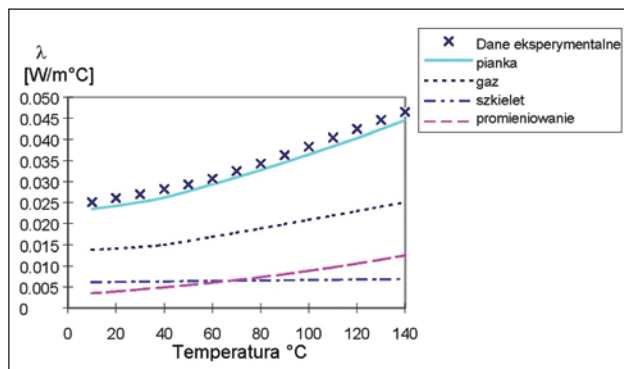
$$\lambda_{\text{rad}} = \frac{16}{3 \cdot K} \cdot \sigma \cdot T^3 \quad (2)$$

gdzie:

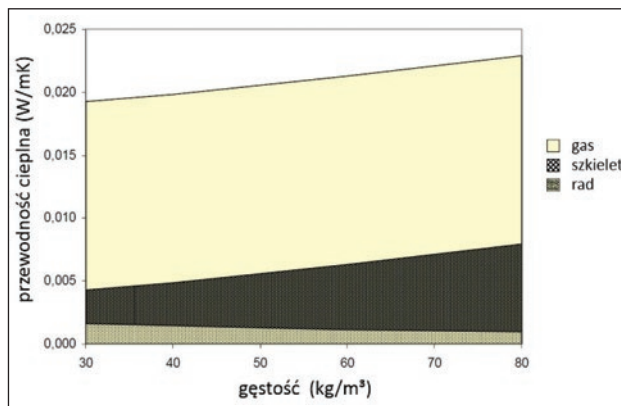
σ – stała Boltzmanna $\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}$,

T – temperatura, K,

K – współczynnik ekstynkcji (promieniowania)



Rys. 4. Zmiana udziału poszczególnych składowych wpływających na wartość λ_{PUR} w zależności od średniej temperatury izolacji



Rys. 5. Zmiana udziału poszczególnych składowych wpływających na wartość λ_{PUR} w zależności od gęstości izolacji

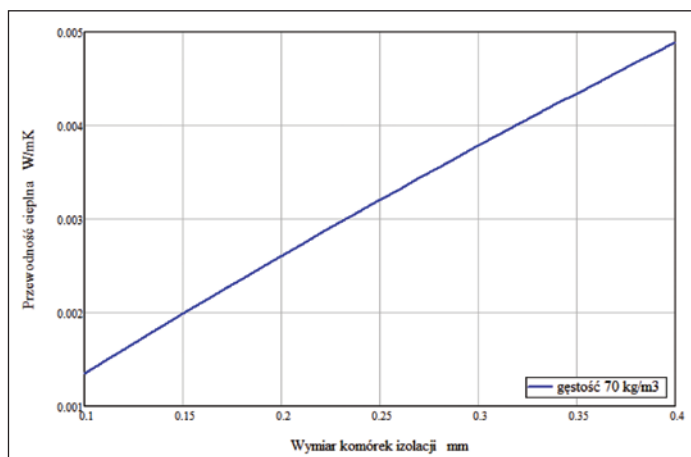
$$K = \rho_{\text{PUR}} \cdot \left(0,0877 \cdot \frac{1}{d \cdot \sqrt{\rho_{\text{PUR}}}} + 3,76 \right) \quad (3)$$

gdzie:

ρ_{PUR} – gęstość pianki PUR, kg/m^3 ,

d – wymiar (średnica) komórek, m.

Zmianę wartości współczynnika przewodzenia ciepła przez promieniowanie λ_{rad} w zależności od wymiaru komórek przy gęstości pianki $\rho = 70 \text{ kg/m}^3$ przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6. Zmiana współczynnika przewodzenia ciepła przez promieniowanie w zależności od wymiaru komórek

Składową $\lambda_{\text{szkielet}}$ można określić za pomocą wzorów:

$$\lambda_{\text{szkielet}} = \left[0,48 \cdot f_s + 0,66 \cdot (1 - f_s) \cdot \frac{\rho_{\text{PUR}}}{\rho_{\text{plastyk}}} \right] \cdot \lambda_{\text{plastyk}}(T) \quad (4)$$

gdzie:

f_s – współczynnik frakcji komórki (rys. 7)

$$f_s = \frac{V_{\text{strut}}}{V_{\text{strut}} + V_{\text{wall}}} \approx 0,95 \quad (5)$$

ρ_{PUR} – gęstość pianki PUR po spienieniu, kg/m^3 ,

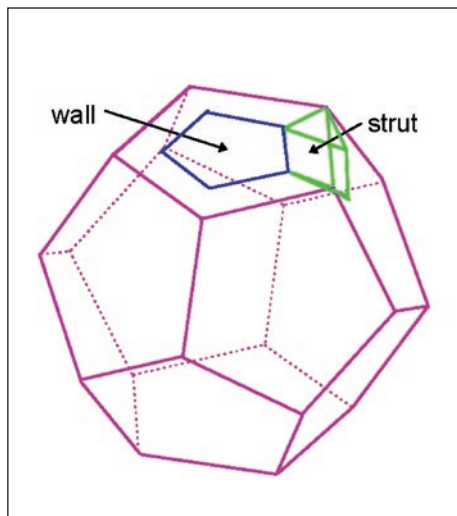
ρ_{plastyk} – gęstość litego poliuretanu, $\rho_{\text{plastyk}} \approx 1225 \text{ kg/m}^3$,

d – wymiar (średnica) komórek, m,

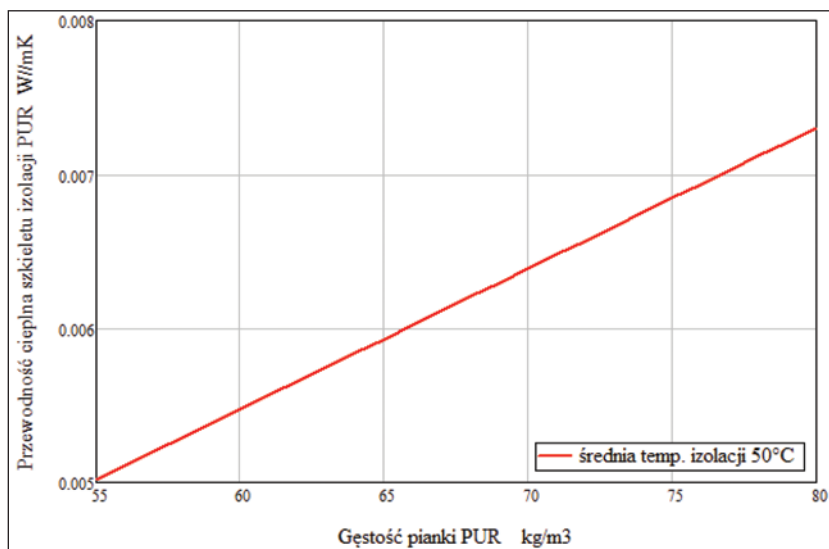
λ_{plastyk} – współczynnik przewodzenia ciepła litego poliuretanu, $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$.

$$\lambda_{\text{plastyk}}(T) = (0,207 \cdot (T - 273) + 218,3) \cdot 10^{-3} \text{ W/mK} \quad [8] \quad (6)$$

gdzie T – temperatura, K.



Rys. 7. Komórka pianki PUR: „wall” – ściana komórki, „strut” – rozpórka ściany komórki



Rys. 8. Zmiana współczynnika przewodzenia szkieletu PUR w zależności od gęstości izolacji

Zmianę współczynnika przewodzenia ciepła szkieletu PUR $\lambda_{szkielet}$ w zależności od gęstości pianki PUR przy średniej temperaturze izolacji $t_m = 50^\circ\text{C}$ przedstawiono na rys. 8.

Wartość współczynnika przewodzenia ciepła mieszaniny gazu w komórkach izolacji PUR λ_{gas} zależy od składu gazu w komórkach izolacji, można ją określić za pomocą wzoru:

$$\lambda_{gas} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i \cdot \lambda_i}{\sum_{j=1}^n y_j \cdot A_{ij}} \quad (7)$$

$$A_{ij} = \frac{\varepsilon \cdot \left[1 + \left(\frac{\lambda_{tr,i}}{\lambda_{tr,j}} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{M_i}{M_j} \right)^{\frac{1}{4}} \right]^2}{\left[8 \cdot \left(1 + \frac{M_i}{M_j} \right) \right]^{\frac{1}{2}}}$$

gdzie:

y_i – frakcja molowa danego gazu w całości,

A_j – współczynnik,

λ_i – współczynnik przewodzenia ciepła gazu, W/(m·K)

$$A_{ij} = \frac{\varepsilon \cdot \left[1 + \left(\frac{\lambda_{tr,i}}{\lambda_{tr,j}} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{M_i}{M_j} \right)^{\frac{1}{4}} \right]^2}{\left[8 \cdot \left(1 + \frac{M_i}{M_j} \right) \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (8)$$

gdzie:

ε – współczynnik empiryczny,

M – masa molekularna gazu, kg/kmol,

A_j – współczynnik.

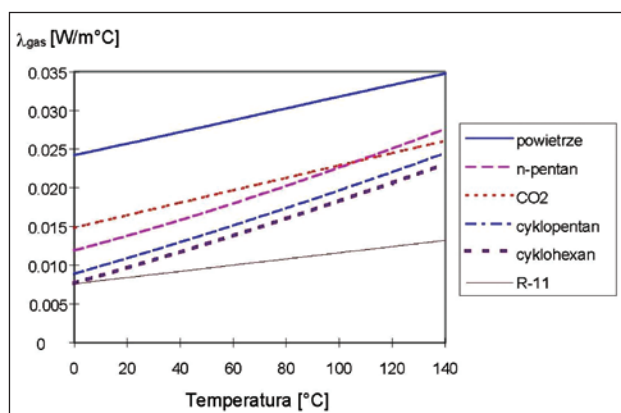
Zależność współczynnika przewodzenia ciepła gazu od temperatury przedstawiono na rys. 9.

Na rysunku 10 przedstawiono wartości współczynnika przewodzenia ciepła gazów w temperaturze 25°C [9], [10].

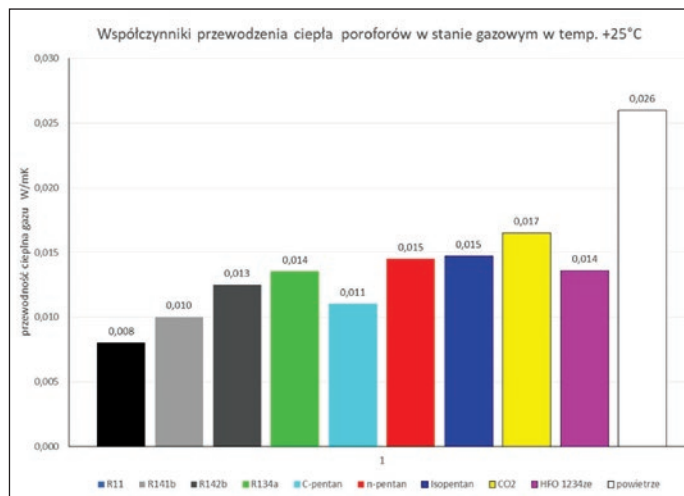
Zamiana poroforu fizycznego na inny (z tej samej grupy) może – lecz nie musi wpłynąć na wartość współczynnika przewodzenia ciepła.

Wartość współczynnika przewodzenia ciepła izolacji zależy od:

- udziału poroforu chemicznego,
- udziału poroforu fizycznego w fazie gazowej i w fazie płynnej,
- ciśnienia gazów w komórkach pianki PUR.



Rys. 9. Zależność współczynnika przewodzenia ciepła gazu od temperatury



Rys. 10. Wartości współczynnika przewodzenia ciepła gazów w temperaturze 25°C

Przykładowo: wartość współczynnika przewodzenia ciepła λ_{gas} pianki spienianej cyklopentanem ($\lambda_{25} = 0,011$ W/(m·K)) może być wyższa, niż pianki spienianej pentanem ($\lambda_{25} = 0,015$ W/(m·K)), jeśli udział CO_2 ($\lambda_{25} = 0,017$ W/(m·K)) w piance spienianej cyklopentanem będzie wyższy, niż w piance spienianej pentanem.

4.3.2. Współczynnik przewodzenia ciepła nowej izolacji

Współczynnik przewodzenia ciepła nowej izolacji zależy od:

- receptury (związanej z zastosowanym systemem surowcowym)
- gęstości pozornej izolacji,
- wymiaru komórek zamkniętych,
- średniej temperatury izolacji,
- metody produkcji rur preizolowanych
- warunków produkcji (np. temperatura otoczenia, kąt nachylenia stołu w przypadku metody tradycyjnej).

Współczynnik przewodzenia ciepła nowej izolacji nie zależy od jej grubości (9).

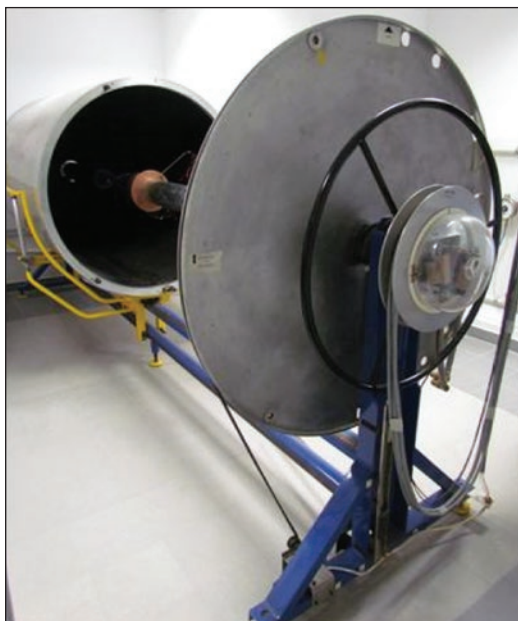
$$\lambda_i = \frac{\ln\left(\frac{D_i}{d_o}\right)}{\frac{2 \cdot \pi \cdot (T_1 - T_4) \cdot L}{\phi} \cdot \frac{1}{\lambda_c} \ln\left(\frac{D_c}{D_i}\right) - \frac{1}{\lambda_s} \ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right)} \quad (9)$$

gdzie:

- D – średnice zewnętrzne, m,
- d – średnice wewnętrzne, m,
- indeks $_i$ – izolacja,
- indeks $_c$ – osłona,
- indeks $_o$ – rura stalowa,
- T_1 – temperatura na wewnętrznej powierzchni rury stalowej, °C,
- T_4 – temperatura na zewnętrznej powierzchni rury osłony, °C,
- $\frac{L}{\phi}$ – jednostkowy strumień ciepła, W/m,
- λ_c – współczynnik przewodzenia ciepła polietylenu, $\lambda_c = 0,4 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$,
- λ_s – współczynnik przewodzenia ciepła stali, $\lambda_s = 50,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$,

Współczynnik przewodzenia ciepła rur preizolowanych badany jest na aparacie rurowym wg PN-EN ISO 8497:1999 (fot. 1), zgodnie z normą PN-EN 253 (metodyka badania jest taka sama w aktualnej, jak i poprzednich edycjach normy).

Współczynnik przewodzenia ciepła nowych rur preizolowanych wyprodukowanych metodą tradycyjną jest

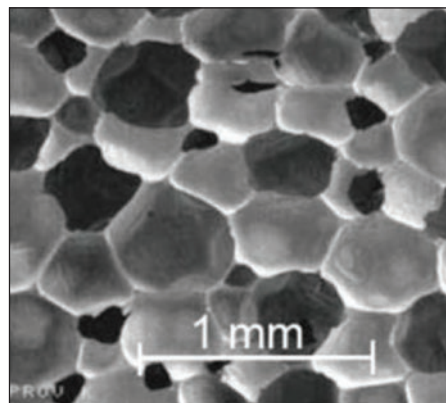


Fot. 1. Stanowisko do badania współczynnika przewodzenia ciepła rur w Laboratorium Badawczym Veolia Energia Warszawa zbudowane wg normy PN-EN ISO 8499:1999

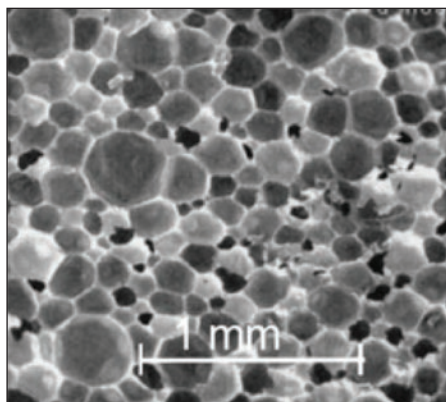
zazwyczaj wyższy, niż rur preizolowanych wyprodukowanych metodą ciągłą (COINTI/OPTI), co wynika głównie z większej średnicy komórek pianki PUR w rurach tradycyjnych (fot. 2 i 3) [3], [11].

Przy średniej gęstości izolacji $\rho \cong 60 \text{ kg/m}^3$ współczynnik przewodzenia ciepła λ_{50} nowej izolacji piennej z zastosowaniem cyklopentanu wynosi [12]:

- $0,026 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ – $0,029 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (metoda tradycyjna, średnica komórek $\phi = 0,25 \text{ mm} - 0,30 \text{ mm}$) – rys. 11,
- $0,022 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ – $0,026 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (metoda CONTI, średnica komórek $\phi = 0,10 \text{ mm} - 0,20 \text{ mm}$) – rys. 12.



Fot. 2. Pianka PUR w rurach preizolowanych produkowanych metodą tradycyjną



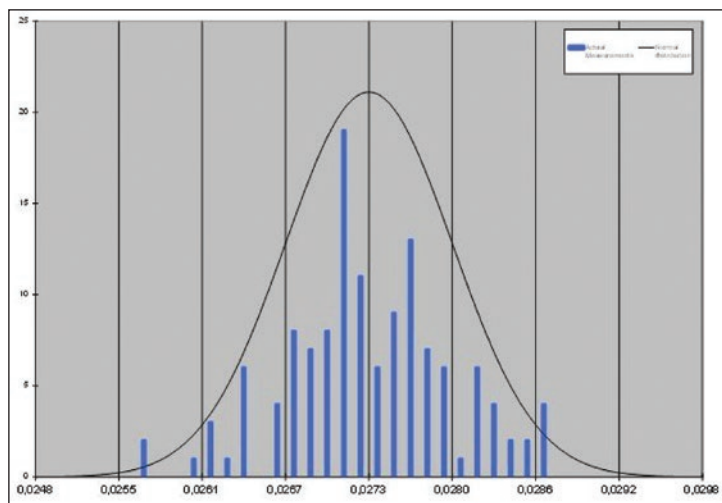
Fot. 3. Pianka PUR w rurach preizolowanych produkowanych metodą CONTI

Pojedyncze pomiary współczynnika przewodzenia ciepła izolacji λ_{50} mogą być niemiernodajne i odbiegać od rzeczywistych wartości λ_{50} rur produkowanych przez wszystkich producentów niezależnie od metod ich produkcji.

Zdaniem autorów niniejszego artykułu najbardziej miarodajne będzie oparcie się producentów rur na wynikach kilkunastu/kilkudziesięciu badań dla tego samego systemu surowcowego i metody produkcji oraz na rachunku prawdopodobieństwa i przyjęcie najbardziej prawdopodobnej wartości wg rozkładu *Gausa*.

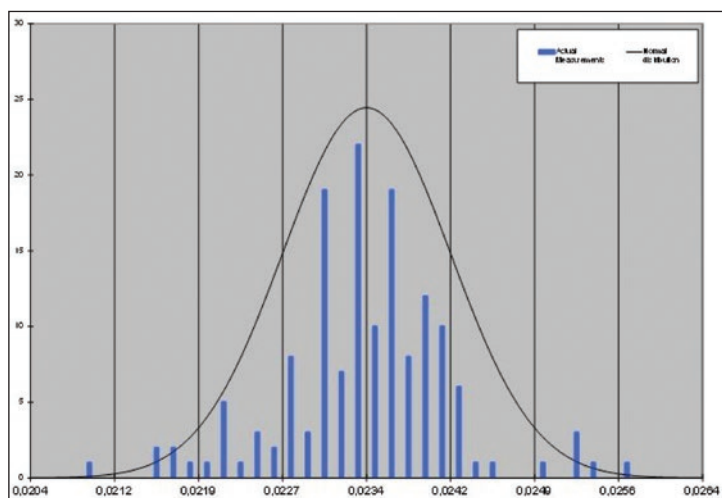
Na rysunkach 11 i 12 przedstawiono wyniki badań współczynnika przewodzenia ciepła λ_{50} izolacji z dwóch systemów surowcowych, które przeprowadzono w latach 2007-2021 [12].

Deklarowana przez producentów rur preizolowanych (w KOT i KDWU) wartość współczynnika przewodzenia ciepła izolacji z pianki PUR $\lambda_{50} \leq 0,029 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (zgodna z wymaganiami normy PN-EN 253) jest wartością realną, bez względu na warunki produkcji, rodzaj zastosowanego poroforu oraz metodę produkcji.



Rys. 11. Współczynnik przewodzenia ciepła izolacji w rurach preizolowanych wyprodukowanych metodą tradycyjną

$$\begin{aligned} \text{Rozkład normalny } \lambda_{50, \text{śr}} &= 0,0273 \text{ (0,028) W/(m}\cdot\text{K)} \\ \lambda_{50, \text{min}} &= 0,0256 \text{ (0,026) W/(m}\cdot\text{K)} \\ \lambda_{50, \text{max}} &= 0,0286 \text{ (0,029) W/(m}\cdot\text{K)} \end{aligned}$$



Rys. 12. Współczynnik przewodzenia ciepła izolacji w rurach preizolowanych wyprodukowanych metodą CONTI

$$\begin{aligned} \text{Rozkład normalny } \lambda_{50, \text{śr}} &= 0,0234 \text{ (0,024) W/(m}\cdot\text{K)} \\ \lambda_{50, \text{min}} &= 0,0210 \text{ (0,022) W/(m}\cdot\text{K)} \\ \lambda_{50, \text{max}} &= 0,0257 \text{ (0,026) W/(m}\cdot\text{K)} \end{aligned}$$

Otrzymanie „lepszej”, niż wymaga norma wartości współczynnika przewodzenia ciepła nowej izolacji, jest – jak wynika z przedstawionych wykresów rozkładu normalnego – możliwe, ale nie jest to wartość, którą charakteryzuje się wyrób produkowany seryjnie.

III. Podsumowanie – część I

1. Powierzchnia zewnętrzna rury stalowej przed zaizolowaniem powinna odpowiadać stopniom czystości A, B lub C wg PN-EN ISO 8501. Tylko, jeśli te wymagania nie są spełnione, rurą należy poddawać procesowi piaskowania lub śrutowania.

2. Proces koronowania prowadzony jest na wewnętrznej powierzchni rur PE-HD (nie dotyczy osłon produkowanych metodą wytłaczania ekstruzyjnego).

3. Powierzchnia poddana koronowaniu z upływem czasu traci przyczepność (rura osłonowa nie może być długo składowana przed „zapiankowaniem”).

4. Koronowanie powoduje trwałe uszkodzenie bariery dyfuzyjnej EVOH umieszczonej na wewnętrznej powierzchni rury PE-HD.

5. Skrócenie czasu procesu starzenia, usunięcie badania pełzania oraz brak innych badań potwierdzających możliwość oceny w zakresie minimum 30 letniej eksploatacji oznacza, że wyniki badań rur preizolowanych prowadzone wg normy PN-EN 235:2020-01 pozwalają tylko na ocenę wyrobów nowych, natomiast na podstawie wieloletnich badań w Laboratorium Badawczym VEOLIA można mieć wątpliwości, czy rzeczywiście potwierdzają właściwości użytkowe w ciągu długoletniej eksploatacji.

6. Polskie systemy ciepłownicze to systemy wodne, w okresie sezonu grzewczego pracujące w trybie regulacji jakościowo – ilościowej, ze zmiennym ciśnieniem $\leq 1,6$ MPa, zmienną temperaturą $\leq 120^\circ\text{C}$ i maksymalną temperaturą pracy (120-135) $^\circ\text{C}$. Oznacza to, że rury preizolowane wykonane wg normy PN-EN 253 mogą być stosowane bez dodatkowych wymagań w zakresie odporności termicznej izolacji.

7. Porofor chemiczny – dwutlenek węgla CO_2 , gaz powstający na skutek reakcji chemicznej wody (dodawanej do polioliu przez producenta systemu PUR) z izocyjanianem, zawsze występuje w komórkach nowej pianki poliuretanowej. CO_2 w trakcie pienia izolacji powoduje powstanie wiązań mocznikowych, które skutkują polepszeniem właściwości mechanicznych pianki.

8. Aby zachować wymaganą w normie PN-EN 253 wartość współczynnika przewodzenia ciepła przed starzeniem $\lambda_{50} \leq 0,029$ W/(m·K) poroforem fizycznym nie musi być cyklopentan.

9. Udział cyklopentanu w ilości większej niż 60% powoduje pogorszenie właściwości mechanicznych sztywnej pianki PUR (wytrzymałość na ścinanie).

10. Porofor fizyczny pozwalający na zachowanie przyjętych metod przetwarzania systemów poliuretanowych, musi być substancją czystą ekologicznie, mającą zerowe oddziaływanie na warstwę ozonową (zerowy potencjał niszczenia warstwy ozonowej: ODP=0).

11. Zgodnie z PN-EN 253 informacja o zastosowanym fizycznym środku porotwórczym ma być podana przez producenta rur preizolowanych na osłonie gotowego wyrobu.

12. Zamiana poroforu fizycznego na inny (z tej samej grupy) może – lecz nie musi wpłynąć na wartość współczynnika przewodzenia ciepła.

13. Współczynnik przewodzenia ciepła nowej izolacji zależy od receptury (związanej z zastosowanym systemem surowcowym), gęstości pozornej izolacji, wymiaru komórek zamkniętych, średniej temperatury izolacji, metody produkcji rur preizolowanych, warunków produkcji (np. temperatura otoczenia, kąt nachylenia stołu w przypadku metody tradycyjnej). Współczynnik przewodzenia ciepła nowej izolacji nie zależy od jej grubości.

14. Współczynnik przewodzenia ciepła nowych rur preizolowanych wyprodukowanych metodą tradycyjną jest zazwyczaj wyższy, niż rur preizolowanych produkowanych metodą ciągłą (COINTI/OPTI), co wynika głównie z większej średnicy komórek pianki PUR w rurach tradycyjnych.

15. Deklarowana przez producentów rur preizolowanych (w KOT i KDWU) wartość współczynnika przewodzenia ciepła izolacji z pianki PUR $\lambda_{50} \leq 0,029$ W/(m·K) (zgodna z wymaganiami normy PN-EN 253) jest wartością realną, bez względu na warunki produkcji, rodzaj zastosowanego poroforu oraz metodę produkcji).

16. Otrzymanie „lepszej”, niż wymaga norma wartości współczynnika przewodzenia ciepła nowej izolacji, jest możliwe, ale z reguły nie jest to wartość, którą charakteryzuje się wyrób wyprodukowany seryjnie.

LITERATURA

- [1] Wymagania Techniczne COBRTI INSTAL „Warunki techniczne wykonania, odbioru i eksploatacji rurociągów preizolowanych w płaszczu osłonowym HDPE układanych bezpośrednio w gruncie”, Zeszyt 2/2013.
- [2] Dokument CEN/TC 107/WG 13 nr N737.
- [3] Ireneusz Iwko. 2011. „Własności cieplne izolacji ze sztywnych tworzyw porowatych – współczynnik przewodzenia ciepła oraz odporność termiczna. – Dyskusja cz. 1”, *INSTAL*, (9): 16-21.
- [4] Wirpsza Z. „Poliuretany”, WNT Warszawa 1992.
- [5] Ireneusz Iwko. 2012. „Własności cieplne izolacji ze sztywnych tworzyw porowatych – współczynnik przewodzenia ciepła oraz odporność termiczna – Dyskusja cz. 2”, *INSTAL* (4): 5-13.
- [6] Lars Valentin Nielsen. 1998. “Material for District Heating Pipes Ph. D. thesis” 30.04.1998.
- [7] IEAProject 2002 no. 5 “How cellular gases influence the insulation properties of district heating pipes and the competitiveness of district energy” 04.2005.
- [8] Ulf Jarfelt “Thermal conductivity of polyurethane foam Best performance” 09.2006.
- [9] Aleksander Prociak „Termoizolacyjne materiały PUR nowej generacji”, Politechnika Krakowska 2008.
- [10] „Reference Correlations of the Thermal Conductivity of Cyclopentane, iso-Pentane, and n-Pentane”, Journal of Physical and Chemical Reference, Data 44, 03310 (2015).
- [11] Ewa Kręcielewska E. 2020. „Wpływ metody produkcji rur preizolowanych na użytkowe właściwości preizolowanych sieci ciepłych”, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja* 51(3)
- [12] Materiały archiwalne LOGSTOR.

NORMY POWOŁANE

- [1] PN-EN ISO 8497 *Izolacja cieplna – Określanie właściwości w zakresie przepływu ciepła w stanie ustalonym przez izolacje cieplne przewodów rurowych*
- [2] PN-EN 10204:2006 *Wyroby metalowe – Rodzaje dokumentów kontroli*
- [3] PN-EN ISO 8501-1:2008 *Przygotowanie podłoży stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów – Wzrokowa ocena czystości powierzchni – Część 1: Stopnie skorodowania i stopnie przygotowania niepokrytych podłoży stalowych oraz podłoży stalowych po całkowitym usunięciu wcześniej nałożonych powłok*
- [4] PN-EN 10216-2+A1:2020-05 *Rury stalowe bez szwu do zastosowań ciśnieniowych – Warunki techniczne dostaw – Część 2: Rury ze stali niestopowych i stopowych z określonymi własnościami w temperaturze podwyższonej*
- [5] PN-EN 10220: 2005 *Rury stalowe bez szwu i ze szwem – Wymiary i masy na jednostkę długości*
- [6] PN-ISO 6761:1996 *Rury stalowe – Przygotowanie końców rur i kształtek do spawania*
- [7] PN-EN 10217-2:2019-05 *Rury stalowe ze szwem do zastosowań ciśnieniowych – Warunki techniczne dostawy – Część 2: Rury ze stali niestopowych i stopowych zgrzewane elektrycznie z określonymi własnościami w temperaturze podwyższonej*
- [8] PN-EN 10217-5:2019-06 *Rury stalowe ze szwem do zastosowań ciśnieniowych – Warunki techniczne dostawy – Część 5: Rury ze stali niestopowych i stopowych spawane lukiem krytym z określonymi własnościami w temperaturze podwyższonej*
- [9] EN 13941-1:2019 (PN-EN 13941-1:2019-06) *Sieci ciepłownicze – Projektowanie i montaż systemu izolowanych termicznie zespołów rur pojedynczych i podwójnych do sieci wody gorącej układanych bezpośrednio w gruncie – Część 1: Projektowanie* EN253:2019 *Rury dla ciepłownictwa – System pojedynczych rur zespolonych do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie – Fabrycznie wykonany zespół rurowy ze stalowej rury przewodowej, izolacji cieplnej z poliuretanu i osłony z polietylenu*
- [10] EN 13941-2:2019 *Sieci ciepłownicze – Projektowanie i montaż systemu izolowanych termicznie zespołów rur pojedynczych i podwójnych do sieci wody gorącej układanych bezpośrednio w gruncie – Część 2: Montaż*
- [11] PN-EN 253+A2:2015-12 *Sieci ciepłownicze – System preizolowanych zespolonych rur do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie – Zespół rurowy ze stalowej rury przewodowej, izolacji cieplnej z poliuretanu i płaszcza osłonowego z polietylenu*
- [12] PN-EN ISO 3126:2006 *Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych – Elementy z tworzyw sztucznych – Sprawdzanie wymiarów*



Jakość mikrobiologiczna powietrza wewnętrznego miejskiej pływalni

Microbiological Indoor Air Quality of Swimming Pool

DOI: 10.15199/9.2021.12.4

ANNA GOTKOWSKA-PŁACHTA

Słowa kluczowe: zanieczyszczenie powietrza, basen, bakterie, grzyby

Streszczenie

W artykule przedstawiono badania jakości mikrobiologicznej powietrza wewnętrznego pływalni miejskiej. Scharakteryzowano biologiczne zanieczyszczenia powietrza określane jako bioaerozole, ich źródła oraz wpływ na życie i zdrowie ludzi. Ponadto omówiono propozycje zalecanych wskaźników mikrobiologicznych wykorzystywanych do oceny zanieczyszczeń powietrza oraz metodę zderzeniową poboru próbek do badań. Podano również zalecenia dotyczące zapewnienia bezpieczeństwa sanitarnego powietrza wewnętrznego w obiektach wykorzystywanych w celach sportowo-rekreacyjnych. W badanym powietrzu pływalni liczebności oznaczanych bakterii (mezofilnych, gronkowców oraz grzybów pleśniowych) były charakterystyczne dla powietrza niezanieczyszczonego. Jedynie liczba bakterii hemolizujących (głównie w pomieszczeniach przebieralni) uznawanych za potencjalnie chorobotwórcze nie spełniała tych kryteriów. Wśród gronkowców zidentyfikowano gatunki (*Staphylococcus capitis*, *S. cohnii*, *S. auricularis* i *S. hominis*), które ze złuszczeniem się naskórkiem i wydzielinami organizmu przedostają się do powietrza i mogą być przyczyną różnych infekcji. Powietrze atmosferyczne przed budynkiem charakteryzowało się mniejszymi liczebnościami bakterii niż powietrze wewnętrzne co może świadczyć o istnieniu wewnętrznych źródeł emisji bioaerozoli. W związku z brakiem uregulowań prawnych i kryteriów dotyczących oceny jakości mikrobiologicznej powietrza na pływalniach, wskazany jest okresowy monitoring tego środowiska w celu wyeliminowania zagrożenia biologicznego i zapewnienia bezpieczeństwa sanitarnego użytkownikom tego typu obiektów.

Keywords: air contamination, swimming pool, bacteria, fungi

Abstract

This paper presents a study of the microbiological quality of indoor air in a municipal swimming pool. Biological air pollutants known as bioaerosols were characterised, along with their sources and their impact on human life and health. Furthermore, proposals for recommended microbiological indicators used to assess air pollution as well as the impact method of sampling for research have been discussed. Recommendations were also given on how to ensure the sanitary safety of indoor air in facilities used for sports and recreation. In the examined air of the swimming pool, the numbers of bacteria (mesophilic bacteria, staphylococci and moulds) were characteristic of unpolluted air quality. Only the number of haemolytic bacteria (mainly in changing rooms) regarded as potentially pathogenic did not fulfil the criteria. Among the staphylococci, species (*Staphylococcus capitis*, *S. cohnii*, *S. auricularis* and *S. hominis*) were identified which, with exfoliating epidermis and body secretions, enter the air and may cause various infections. The ambient air in front of the building was characterised by lower bacterial counts than the indoor air, which may indicate the existence of internal sources of bioaerosol emissions. In the absence of legal regulations as well as criteria for microbiological air quality assessment in swimming pools, periodic monitoring of this environment is advisable to eliminate biological hazard and ensure sanitary safety for users of such facilities.

© 2006-2021 Wydawnictwo SIGMA-NOT Sp. z o.o.
All right reserved

1. Wstęp

Obiekty basenowe wraz z całą infrastrukturą (jacuzzi, sauny, zjeżdżalnie, natryski itp.) służą do wypoczynku i poprawy kondycji fizycznej i psychicznej przebywających tam ludzi.

dr hab. inż. Anna Gotkowska-Płachta; ania@p.uwm.edu.pl
Katedra Inżynierii Ochrony Wód i Mikrobiologii Środowiskowej,
Wydział Geoinżynierii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
w Olsztynie, Polska
ORCID ID 0000-0001-6342-9574

Warunkiem prawidłowego funkcjonowania tych miejsc jest utrzymanie odpowiedniego komfortu cieplnego i zaleceń sanitarno-higienicznych. Przepisy prawne dotyczą głównie zapewnienia bezpieczeństwa fizykochemicznego i mikrobiologicznego wody na pływalniach [22], [26]-[29]. Należy jednak mieć na uwadze, że specyficzne warunki w halach basenowych jak: nadmierne parowanie z lustra wody, podwyższona temperatura (>24°C), wilgotność względna powyżej 60%, ograniczona wymiana powietrza wewnętrznego, sprzyjają rozwojowi różnych mikroorganizmów zanieczyszczających głównie powietrze i degradujących materiały budowlane.

W celu zabezpieczenia elementów budynku przed niekorzystnym wpływem podwyższonej wilgotności wykorzystuje się odpowiednie materiały, systemy wentylacyjne i filtry. Zadaniem tych urządzeń jest wymiana powietrza a tym samym jego oczyszczenie. Jednak pomimo stosowania filtrów, dochodzi do rozprzestrzeniania się drobnych elementów materii organicznej, która osadzając się na załamaniach kanałów wentylacyjnych, anemostatach czy kratkach, jest miejscem namnażania różnych mikroorganizmów. Zanieczyszczone mikroorganizmami systemy wentylacyjne rozprzeczają je w postaci tak zwanego bioaerozolu. W jego skład wchodzi bakterie i grzyby, ich toksyny, wirusy, pyłki, enzymy i inne cząstki pochodzenia biologicznego [15].

Obecność bioaerozoli może być niebezpieczna ponieważ są one odpowiedzialne za nieprawidłowości w układzie odpornościowym, takie jak alergie i infekcje (astma, alergię, nieżyt nosa, zapalenie oskrzeli, stan zapalny spojówek, niewydolność płuc, schorzenia układu sercowo-naczyniowego, zapalenie przewodu pokarmowego i in.) [17], [14], [21], [23]. Grzyby pleśniowe z rodzajów *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicillium*, które mogą wytwarzać mykotoksyny zaliczane do najsilniejszych trucizn naturalnych, są często identyfikowane w systemach dystrybucji powietrza. Kanały powietrzne zasiedlają również potencjalnie chorobotwórcze bakterie w tym z rodzaju *Legionella*, odpowiedzialne za legionellozę czyli choroby związane głównie z chorobami układu oddechowego [4], [9], [18]. Również duże liczebności mikroorganizmów uważanych za niechorobotwórcze, szczególnie gdy ich skład jest nieodróżniony i zdominowany przez pojedyncze gatunki wskazuje na mikrobiologiczne zanieczyszczenie powietrza. W związku z tym skład ilościowy i jakościowy mikroorganizmów obecnych w powietrzu, jest jednym z głównych wskaźników zanieczyszczenia tego środowiska. [10], [2]. W obiektach sportowych podczas aktywności fizycznej następuje zwiększona emisja drobnoustrojów jak i ich wchłanianie do głębszych partii układu oddechowego a tym samym większe narażenie na ryzyko infekcyjne związane z zanieczyszczeniem mikrobiologicznym powietrza. Biorąc to pod uwagę regularne monitorowanie jakości powietrza w miejscach rekreacyjnych powinno być wykonywane regularnie [1]. Pomimo istniejących zagrożeń związanych z bioaerozolami w Polsce jak i na świecie nie ma ujednoczonych kryteriów ani wartości normatywnych, określających mikrobiologiczną jakość powietrza wewnętrznego [3]. Wpływa to na niedostateczny monitoring tego środowiska w aspekcie bezpieczeństwa jego użytkowników i trudności w określeniu efektów działania bioaerozoli na narażonych użytkowników pomieszczeń [6].

2. Cel badań

Z uwagi na fakt, że narażenie na aerozole biologiczne w środowisku pomieszczeń jest wciąż niedostatecznie zbadane a skład bioaerozolu w obiektach sportowych identyfikowany jest bardzo rzadko celem niniejszego artykułu było określenie jakości mikrobiologicznej powietrza wewnątrz hali basenowej obiektu sportowego miasta Olsztyn.

3. Teren i metodyka badań

Badania jakości powietrza przeprowadzono w pływalni miejskiej, z której korzysta dziennie około 300 osób. Obiekt składa się z części sportowej i rekreacyjnej.

Ma dwa baseny (większy o powierzchni 525 m² i głębokości 1,2-2 m i mniejszy do nauki pływania o powierzchni 75 m² i głębokości 0,9 m) trzy jacuzzi, dwie sauny i wyposażony jest w system wentylacji mechanicznej, nawiewno-wywiewnej.

Próbki powietrza pobierano wewnątrz hali basenowej w pomieszczeniach przebieralni oraz na zewnątrz budynku przed obiektem jako tło badań. Równolegle sprawdzano wilgotność oraz temperaturę powietrza.

Badania próbek powietrza atmosferycznego prowadzono metodą zderzeniową za pomocą próbnika powietrza MAS 100 Eco™, firmy MERCK, zgodnie z zaleceniami Polskich Norm [PN-Z-04111-1]. Aparat wyposażony w perforowaną głowicę (400 otworów o średnicy 1 mm), zasysa powietrze z prędkością 100 l/min, co odpowiada ścisłym wymaganiom kontroli powietrza zalecanym dla stref czystych. Powietrze przechodząc przez jeden otwór trafia w jeden punkt na powierzchnię podłoża w standardowej szalce *Petrie*go. Do korekty wyniku zanizonego wprowadza się tablicę poprawek statystycznych według *Fellera*. Tablica oparta jest na założeniu, że w miarę wzrostu liczby cząstek uderzających o powierzchnię płytki spada prawdopodobieństwo, że kolejna cząsteczka trafi do pustego otworu (specyfikacja urządzenia firmy MERCK).

Objętość zasysanego powietrza ustalono eksperymentalnie uwzględniając optymalny rozwój mikroorganizmów. Dla każdej grupy drobnoustrojów wykonywano 3 powtórzenia tej samej próby. Po pobraniu próbek płytki przewieziono do laboratorium i inkubowano w termostacie w odpowiedniej temperaturze, dobranej do optymalnego wzrostu mikroorganizmów. Liczbę wyhodowanych mikroorganizmów przeliczono i podano jako jtk (jednostki tworzące kolonie) w 1m³ powietrza według wzoru:

$$X_z = \frac{a \cdot 1000}{V_o}$$

gdzie:

X_z – liczba komórek bakterii lub grzybów występująca w 1 m³ powietrza, jtk/m³,

a – średnia liczba wyrosłych kolonii na pożywce,

V_o – objętość powietrza przepuszczonego przez próbnik.

Zakres badań mikrobiologicznych obejmował oznaczenie:

– ogólnej liczby (jtk/m³) bakterii heterotroficznych mezofilnych i hemolizujących wyrosłych na podłożu bulion – agarowym z odwołknioną krwią baranią w temperaturze 37°C po 48 h inkubacji,

– liczby gronkowców mannitolododatnich i ujemnych (jtk/m³) wyrosłych na podłożu *Chapmana* w temperaturze 37°C po 24 h inkubacji. Identyfikację charakterystycznie wyrosłych kolonii prowadzono na podstawie barwienia metodą Grama i obserwacji pod mikroskopem, wstępnych testów fenotypowych (katalaza, oksydaza), zdolności hemolizy na podłożu krwawym. Końcową identyfikację przeprowadzono przy użyciu testów API Staph (firmy BioMerieux),

– ogólnej liczby (jtk/m³) bakterii *Pseudomonas fluorescens* po 72 h inkubowanych w 28°C wyrosłych na podłożu *Kinga B*,

– ogólnej liczby (jtk/m³) bakterii *Pseudomonas aeruginosa* po 24-48 h inkubowanych w 44°C wyrosłych na podłożu *Kinga A*,

– ogólnej liczby (jtk/m³) grzybów pleśniowych wyrosłych na podłożu RBC w temperaturze 28°C po 5 dniach

inkubacji. Pleśnie identyfikowano na podstawie obserwacji makroskopowych i mikroskopowych do rodzaju wędług klucza *Fassatiowej* [8].

4. Kryteria oceny jakości mikrobiologicznej powietrza wewnętrznego

W Polsce i na świecie nie ma jednolitych powszechnie akceptowanych wartości referencyjnych oraz zaleceń metodycznych związanych z jakością powietrza wewnętrznego. Uzyskane wyniki badań analizowano opierając się na kryteriach dotyczących jakości powietrza w pomieszczeniach zamkniętych zgodnie z danymi przedstawionymi w tab. 1, [16] i propozycjami dopuszczalnych ilości drobnoustrojów w pomieszczeniach zaproponowane przez Zespół Ekspertów ds. Czynników Biologicznych Międzyresortowej Komisji ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy przedstawionymi w tab. 2 [11].

Oceny zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego przed budynkiem hali basenowej dokonano na podstawie Polskich Norm [24], [25] dotyczących oceny stopnia bakteriologicznego i mikologicznego zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego (tab. 3). Powyższe normy wycofano w 2015 roku jednak ze względu na brak ich zastąpienia i nowelizacji, nadal są stosowane do oceny czystości mikrobiologicznej powietrza zewnętrznego lub w pomieszczeniach niezakwalifikowanych jako czyste.

5. Omówienie wyników badań

W badanym powietrzu wewnętrznym hali basenowej średnia oznaczona liczebność heterotroficznych bakterii mezofilnych wynosiła od 400 jtk/m³ (hala basenu), do 1940 jtk/m³ (przebieralnia w obiekcie). Wartości te były niższe niż dopuszczalne poziomy bakterii (od 2000 do 3000 jtk/m³) określonych dla pomieszczeń przeznaczonych na działalność sportową [16], mieszkalną i użyteczności publicznej (5000 jtk/m³) [11] oraz basenów miejskich ($\leq 4,000$ jtk m⁻³) [12]. W badanym powietrzu nie stwierdzono obecności bakterii charakterystycznych dla aerozolu wodnego *Pseudomonas fluorescens* ani *P. aeruginosa*. Odnotowano jednak podwyższone liczebności (255-580 jtk/m³) bakterii hemolizujących uznawanych za potencjalnie chorobotwórcze mających zdolność do rozkładu czerwonych krwinek, które powinny mieścić się między 100 a 150 komórkami w 1 m³ badanego powietrza [16]. Zdolność do hemolizy mają często przenoszone drogą powietrzną gronkowce bytujące na skórze i błonach śluzowych człowieka [30]. Liczebność tych bakterii w badanym powietrzu była jednak niewielka i wahała się średnio od kilku (w hali niecki basenowej) do kilkunastu komórek (w pomieszczeniu przebieralni). Wśród oznaczonych gronkowców zidentyfikowano gatunki zaliczane do potencjalnie chorobotwórczych (*Staphylococcus capitis*, *S. cohnii*, *S. auricularis* i *S. hominis*).

TABELA 1. Dopuszczalny stopień mikrobiologicznego zanieczyszczenia (jtk/m³) pomieszczeń użytkowych wg Krzysztofika (1992)

TABLE 1. Acceptable level of microbial contamination (jtk/m³) of utility premises according to Krzysztofika (1992)

Rodzaj pomieszczenia użytkowego	Liczba bakterii	Liczba bakterii hemolizujących	Liczba grzybów
Powietrze zewnętrzne	3000	100	1000
Pomieszczenia szkolne:			
sale wykładowe	1500	50	200
sale do ćwiczeń	2000	100	200
sala gimnastyczna	3000	150	300

TABELA 2. Propozycje zalecanych stężeń drobnoustrojów i endotoksyny w powietrzu pomieszczeń opracowane przez Zespół Ekspertów ds. Czynników Biologicznych

TABLE 2. Proposals of microbial and endotoxin concentrations in the indoor air recommended by the Team of Experts for Biological Agents

Czynnik mikrobiologiczny	Dopuszczalne stężenie	
	pomieszczenia robocze zanieczyszczone pyłem organicznym	pomieszczenia mieszkalne i użyteczności publicznej
Bakterie mezofilne	100000 jtk m ⁻³ *	5000 jtk m ⁻³
Bakterie Gram-ujemne	20000 jtk m ⁻³ *	200 jtk m ⁻³
Termofilne promienioyce	20000 jtk m ⁻³ *	200 jtk m ⁻³
Grzyby	50000 jtk m ⁻³ *	5000 jtk m ⁻³
Czynniki z 3 i 4 grupy zagrożenia	0 jtk m ⁻³	0 jtk m ⁻³
Endotoksyna bakteryjna	200 ng m ⁻³ (2000 JE m ⁻³) *	5 ng m ⁻³ (50 JE m ⁻³)

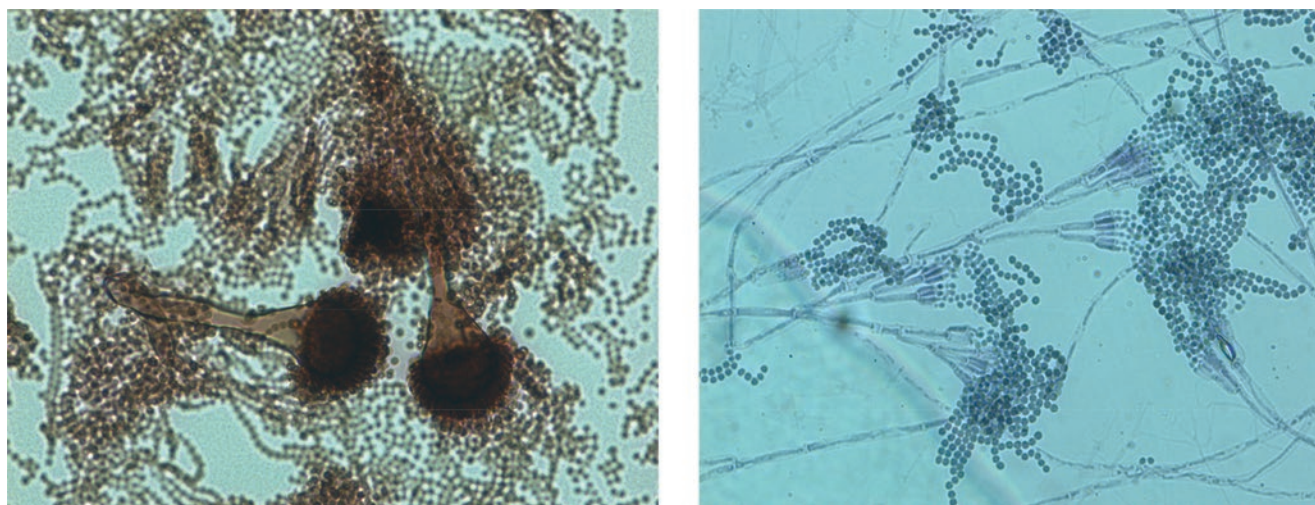
* dla frakcji respirabilnej proponowane wartości powinny być o połowę niższe
jtk – jednostka tworząca kolonię
JE – Jednostka Endotoksyczna

Drobnoustroje ze złuszcującym się naskórkim i wydzielanymi organizmu przedostają się do powietrza gdzie mogą dryfować nawet kilka dni. Znanie jest ich działanie chorobotwórcze a kontakt z opisanymi mikroorganizmami może być niebezpieczny dla zdrowia szczególnie osób z osłabionym lub upośledzonym układem odpornościowym [6], [7], [12], [30]. Ponieważ każdy organizm ma inną wrażliwość na działanie biologicznych czynników szkodliwych, jednoznaczne określenie skutków ich oddziaływania jest trudne. W związku z tym nie ma zadowalających danych epidemiologicznych, które określałyby relację między narażeniem na dany czynnik a skutkiem zdrowotnym wywołanym jego działaniem [12].

TABELA 3. Ocena zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego przez bakterie i grzyby (jtk/m³), (PN-89/Z-04111/02 i PN-89/Z- 04111/03)

TABLE 3. The assessment of outdoor air pollution by bacteria and fungi (CFU m⁻³), (PN-89/Z-04111/02 i PN-89/Z- 04111/03)

Wyszczególnienie	Liczba mikroorganizmów w 1 m ³ powietrza		
	nie-zanieczyszczone	średnio zanieczyszczone	silnie zanieczyszczone
Grupa mikroorganizmów			
Ogólna liczba bakterii	≤ 1000	1000-3000	>3000
Promienioyce	≤ 10	10 – 100	>100
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	brak	≤ 50	>50
Gronkowce hemolizujące (α)	brak	<25	>25
Gronkowce hemolizujące (β)	brak	≤ 50	>50
Ogólna liczba grzybów	3000-5000	5000-10000	>10 000



Rys. 1. Grzyby pleśniowe *Aspergillus sp.* i *Penicillium sp.* wyizolowane z powietrza wewnętrznego hali basenowej
 Fig. 1. *Aspergillus sp.* and *Penicillium sp.* molds isolated from the indoor air of a swimming pool hall

Inną oznaczaną grupą drobnoustrojów w badanym powietrzu były grzyby pleśniowe, będące przyczyną alergii skórnych i różnych schorzeń układu oddechowego. Klinicznie najważniejsze alergeny są wytwarzane przez grzyby należące do rodzajów: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Penicillium* i *Fusarium* [5], [13]. Według Cabrala [2] w chorych budynkach (zanieczyszczone środowisko wewnętrzne, w którym przebywanie grozi chorobami BRI – *Building Related Illness*) wysoka wilgotność sprzyja rozwojowi grzybów (głównie *Penicillium* i *Aspergillus*) z towarzyszącym uwalnianiem konidiów i fragmentów komórek do atmosfery. Podwyższona wilgotność (wilgotność w badanym obiekcie wahała się w granicach 56-68% a temperatura wynosiła 26°C) powietrza i skraplająca się na ścianach para wodna to główny problem pływalni i idealne warunki do rozmnażania grzybów pleśniowych. W badanym powietrzu obiektu basenowego stwierdzono obecność różnych rodzajów grzybów pleśniowych (*Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*), (rys. 1) jednak liczebność tych drobnoustrojów nie przekraczała średnio kilku do kilkudziesięciu (od 5 do 55 jtk/m³) komórek. Uzyskane wyniki były zbieżne z wynikami podawanymi dla innych obiektów sportowych i pływalni gdzie dominowały głównie grzyby pleśniowe należące do rodzajów: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Alternaria* oraz *Fusarium*, [20].

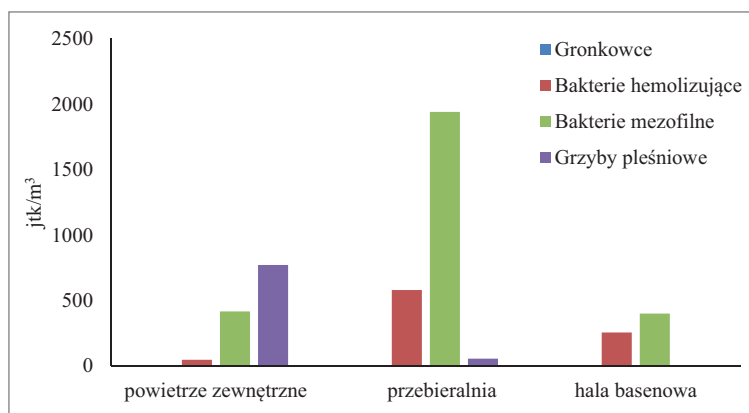
Według omawianych wcześniej kryteriów [11], [12], [16], [24], [25] oznaczane liczebności grzybów pleśniowych nie przekraczały wartości referencyjnych i były charakterystyczne dla powietrza czystego. Jednak należy pamiętać, że nawet niewielkie liczebności mikroorganizmy mogą być niebezpieczne dla zdrowia i powodować: dermatyzy skórne, schorzenia układu oddechowego alergię i inne choroby, a ich rozwojowi towarzyszy charakterystyczny nieprzyjemny zapach. Rozwój tych mikroorganizmów (często obserwowanych jako zielonkawe, brunatne, lub czarne plamy) na elementach konstrukcyjnych budynku powoduje ich biodeteriację.

W celu określenia jakości mikrobiologicznej powietrza wykorzystuje się zależności między stężeniami czynników biologicznych w próbkach mierzonych jednocześnie w powietrzu wewnętrznym i zewnętrznym. Przyjmuje się zasadę, że jeżeli

wartości stężeń w środowisku wewnętrznym są mniejsze niż te w środowisku zewnętrznym, to stan środowiska wewnętrznego jest oceniany jako dobry i (lub) akceptowany [12]. Jednak liczne badania pokazują że w powietrzu wewnętrznym jest przeważnie więcej drobnoustrojów niż na zewnątrz [20], [19].

Podobne wyniki uzyskano porównując jakość powietrza zewnętrznego z wewnętrznym badanej pływalni. Największe liczebności badanych bakterii stwierdzono w powietrzu szatni, najmniejsze w powietrzu zewnętrznym i hali basenowej. Jedynie średnia liczba badanych grzybów pleśniowych na zewnątrz obiektu była kilkudziesiąt razy większa i wynosiła 774 jtk/m³, (rys. 2).

Uzyskane wyniki jakości mikrobiologicznej badanego powietrza, pomimo że nie przekraczają wartości referencyjnych dla powietrza czystego, mogą świadczyć o istnieniu wewnętrznym źródeł emisji bioaerozoli w budynku. Zanieczyszczenia mikrobiologiczne w hali basenowej mogą pochodzić z różnych źródeł. Głównym ich nosicielem jest sam człowiek – skóra, kropelki potu, śliny. Poza tym mogą one być obecne w materiałach konstrukcyjnych i wykończeniowych. Niewłaściwy dobór materiałów i technologii oraz eksploatacja bez konserwacji (nieczyszczone urządzenia filtrujące i wentylacyjne są źródłem grzybów i bakterii) umożliwia nagromadzenie mikroorganizmów i ich ekspansję w danym obiekcie. Należy



Rys. 2. Średnie liczebności oznaczanych drobnoustrojów w powietrzu wewnętrznym i zewnętrznym pływalni miejskiej
 Fig. 2. Figure 2: Average counts of the determined microorganisms in indoor and outdoor air of the municipal swimming pool

pamiętać że mimo niewielkiego zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza nie należy bagatelizować jego wpływu na zdrowie ludzi.

6. Podsumowanie

Obiekty sportowe służą do wypoczynku i poprawy kondycji fizycznej. Przebywając w takich miejscach powinniśmy mieć pewność że nie stanowią one zagrożenia dla naszego zdrowia. Pomimo braku stosownych rozporządzeń w celu wyeliminowania potencjalnego zagrożenia związanego z bakteriologicznym i mykologicznym skażeniem powietrza w pomieszczeniach pływalni miejskich powinien być prowadzony okresowy monitoring mikrobiologiczny.

Na podstawie badań własnych w powietrzu pływalni stwierdzono zwiększone liczebności bakterii hemolizujących uznawanych za potencjalnie chorobotwórcze. Oznaczenia dotyczące pozostałych wskaźników mikrobiologicznych w badanym powietrzu nie przekraczały wartości referencyjnych dla powietrza czystego. Jednak większe liczebności oznaczanych drobnoustrojów w powietrzu zewnętrznym w stosunku do ich liczebności wewnątrz pływalni mogą świadczyć o istnieniu wewnętrznych źródeł emisji bioaerozoli w obiekcie.

W celu zapewnienia dobrej jakości mikrobiologicznej powietrza obiektów sportowych zaleca się działania prewencyjne, takie jak: wyeliminowanie czynników wpływających na przedostawanie się drobnoustrojów do systemów dystrybucji powietrza oraz zahamowanie ich rozwoju i namnażania. Powinny być podejmowane działania związane ze zmniejszeniem wilgotności w tego typu obiektach przez ulepszenie systemu wentylacji, przeczyszczanie kanałów wentylacyjnych z nagromadzonych zanieczyszczeń pyłowych i wymiana filtrów powietrza. Istotne są również akcje uświadamiające o zagrożeniu epidemiologicznym związanym z zanieczyszczeniem mikrobiologicznym powietrza.

Źródło finansowania

Badanie było finansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, grant numer 29.610.021-110 oraz z Projektu finansowanego w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki pod nazwą Regionalna Inicjatywa Doskonałości w latach 2019-2022 nr projektu 010/RID/2018/2019, kwota finansowania 12 000 000.

LITERATURA

[1] Andrade Alexandro, Fabio Hech Dominski, Danilo Reis Coimbra. 2017. "Scientific production on indoor air quality of environments used for physical exercise and sports practice: Bibliometric analysis". *Journal Environmental Management* (196): 188-200.

[2] Cabral João. P.S. 2010. "Can we use indoor fungi as bioindicators of indoor air quality? Historical perspectives and open questions". *Science of the Total Environment*, (408): 4285-4295.

[3] Chmiel Maria J. Frączek Krzysztof, Jacek Grzyb. 2015. „Problemy monitoringu zanieczyszczeń mikrobiologicznych powietrza”. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 15. Z. 1 (49): 17-27.

[4] Chorzelski Maciej. 2011. „Wpływ zagrożeń wywołanych przez bakterie Legionella na sposób obliczeń instalacji i węzłów c.w.u.”. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja* 42 (1): 24-27.

[5] Cramer Reto, Mattia Garbani, C. Rhyner, C. Huitema. 2014. "Fungi: The neglected allergenic sources". *Allergy* (69):176-185. <https://doi.org/10.1111/all.12325>.

[6] Dutkiewicz J., R.L. Górny, L. Zapór: Czynniki zagrożeń; biologicznych w środowisku pracy. Wyd. 4 uaktualnione, Wydawnictwo Centralnego Instytutu Ochrony Pracy PIB, Warszawa, 2012.

[7] Dutkiewicz Jacek, Rafał Górny. 2002. „Biologiczne czynniki szkodliwe dla zdrowia – klasyfikacja i kryteria oceny narażenia”. *Medycyna Pracy*. 53 (1): 29-39.

[8] Fassatióva Olga. 1983. „Grzyby mikroskopowe w mikrobiologii technicznej”. *Wydawnictwo Naukowo-Techniczne*, Warszawa.

[9] Gąska-Jędruch Urszula, Marzena Dudzińska. 2009. „Zanieczyszczenia mikrobiologiczne w powietrzu wewnętrznym”. W: Ozoniek J., Pawłowski A. (red.) 2009. *Polska Inżynieria Środowiska* pięć lat po wstąpieniu do Unii Europejskiej, 59 (2): 31-40.

[10] Gładysz Joanna, Agata Grzesiak, Barbara Nieradko-Iwanicka, Andrzej Borzęcki. 2010. „Wpływ zanieczyszczenia powietrza na stan zdrowia i spodziewaną długość życia ludzi”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 91 (92): 178-180.

[11] Górny Rafał L. 2010. „Aerozole biologiczne – rola normatywów higienicznych w ochronie środowiska i zdrowia”. *Medycyna Środowiskowa* 13 (1): 41-51.

[12] Górny Rafał. 2004. „Biologiczne czynniki szkodliwe: normy, zalecenia i propozycje wartości dopuszczalnych”. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*. 3(41): 17-39.

[13] Grajewski Jan, Magdalena Twarużek. 2004. „Zdrowotne aspekty oddziaływania grzybów pleśniowych i mikotoksyn”. *Allergia* 3 (5): 45-49.

[14] Jo Wan-Kuen, Kang Jung-Hwan. 2006. "Workplace exposure to bioaerosols in pet shop, pet clinics and flower garden". *Chemosphere* 65 (10):1755-1761.

[15] Kaźmierczuk Marcin, Liliana Kalisz, Jadwiga Sałbut. 2004. „Mikrobiologiczne zanieczyszczenia powietrza w otoczeniu obiektów gospodarki komunalnej”. Monografia. *Instytut Ochrony Środowiska, Dział Wydawnictw IOŚ*, Warszawa, 66 ss.

[16] Krzysztofik Bolesław. 1992. „Mikrobiologia powietrza”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 19-20.

[17] Lee Ji-Hyun, Jo Wan-Kuen. 2006. "Characteristics of indoor and outdoor bioaerosols at Korean high – rise apartment buildings". *Environmental Research* 101 (1): 11-17.

[18] Li Angui, Liu Zhijian, Zhu Xiaobin., Liu Ying, Wang Qingqin. 2010. „The effect of air – conditioning parameters and deposition dust on microbial growth in supply air ducts”. *Energy and Buildings* (42): 449-454.

[19] Madureira, Joana, Aguiar Livia, Pereira Cristiana, Mendes Ana, Querido, Micaela. Machado, Neves Paula, João Paulo Teixeira. 2018. "Indoor exposure to bioaerosol particles: Levels and implications for inhalation dose rates in schoolchildren". *Air Quality, Atmosphere and Health* (11): 955-964. <https://doi.org/10.1007/s11869-018-0599-8>.

[20] Małecka-Adamowicz Marta, Łukasz Kubera, Emilia Jankowiak, Ewa Dębowska. 2019. „Microbial diversity of bioaerosol inside sports facilities and antibiotic resistance of isolated Staphylococcus spp.”. *Aerobiologia* (35): 731-742.

[21] Maus Ralf, A. Goppelsroder, H. Umhauer. 2001. "Survival of bacterial and mold spores in air filter media". *Atmospheric Environment* 35 (1): 105-113.

[22] Norma DIN 19643. *Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser*, 2012. 5. Sokołowski C.: Wymagania sanitarno-higieniczne dla krytych pływalni, MZiOS, Departament Zdrowia Publicznego, PZITS, Warszawa, 1998.

[23] Pastuszka Józef Stefan, Paw U Kyaw Tha U, Danuta Lis, Agnieszka Wlazło, Krzysztof Ulfig. 2000. „Bacterial and fungal aerosol in indoor environmental in Upper Silesia Poland”. *Atmospheric Environment* (34): 3833-3840.

[24] Polska Norma PN-89 Z-04111-02. 1989. „Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną”.

[25] Polska Norma PN-89 Z-04111-03. 1989. „Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie grzybów mikroskopowych w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną”.

[26] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 24 lutego 2021 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda na pływalniach (Dz. U. 2021 poz. 349).

[27] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 9 listopada 2015 r. w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda na pływalniach. (Dz. U. 2015 poz. 2016).

[28] Ustawa z dnia 14 marca 1985 r. o Państwowej Inspekcji Sanitarnej. (Dz. U. 1985 nr 12 poz. 49).

[29] Ustawa z dnia 18 sierpnia 2011 r. o bezpieczeństwie osób przebywających na obszarach wodnych. (Dz. U. 2011 nr 208 poz. 1240).

[30] Wolny-Kołodka Katarzyna, Malinowski Mateusz, Anna Pieklik, Sławomir Kurpaska. 2019. „Microbiological air contamination in university premises and evaluation of drug resistance of staphylococci occurring in the form of a bioaerosol”. *Indoor and Built Environment*. (28): 235-246. ■

XVIII Konferencja Techniczna

Organizator: Izba Gospodarcza Ciepłownictwo Polskie

Patronat Medialny: COW/INSTAL

W dniach 17 i 18 listopada br. odbyła się w Hotelu Puławska Residence w Warszawie tradycyjna, XVIII Konferencja Techniczna zorganizowana przez Izbę Gospodarczą Ciepłownictwo Polskie. Ramowy program tej konferencji podano poniżej.

17 listopada 2021 r.

I Sesja konferencji – prowadzenie **Bogusław Regulski**, Wiceprezes Zarządu IGCP

- Pakiet Fit for 55 – cele, skutki dla ciepłownictwa systemowego – **Bogusław Regulski**, Wiceprezes Zarządu IGCP.
- Fakty i mity dotyczące rur preizolowanych stosowanych w ciepłownictwie – **Ewa Kręcielewska**, Kierownik Laboratorium Badawczego, Veolia Energia Warszawa, **Ireneusz Iwko**, LOGSTOR Polska.
- Zaawansowany system monitoringu i sterowania systemem ciepłowniczym – **Józef Augustynów**, Manager ds. Nowych Produktów i Cyfryzacji, Fortum Power and Heat Polska **Rafał Ciesielski**, District Heating Manager, Fortum Power and Heat Polska.
- Maksymalizacja wydajności operacyjnej w zarządzaniu procesem wytwarzania ciepła, czyli: w jaki sposób nowoczesne systemy informatyczne wspomagają integrację danych produkcyjnych w przedsiębiorstwie oraz umożliwiają rzetelną analizę danych. Cyfryzacja przedsiębiorstwa jako wyznacznik świadomości sytuacyjnej – **Radosław Oleszkowicz**, ASTOR Gdańsk.
- Innowacyjne rozwiązania, materiały w zakresie integracji ciepłej energii słonecznej, magazynów ciepła i instalacji fotowoltaicznych w systemach ciepłowniczych – **Adrian Pason**, Energetyka Solarna ENSOL, AGH Kraków.
- Nowości Vexve – system zdalnego monitoringu sieci i komór iSENSE – **Paweł Romanek**, Country Manager, Poland, Vexve Oy Finlandia.
- System informatyczny Pipeline Designer do projektowania preizolowanych sieci ciepłowniczych – **Jacek Tabor**, PHU ALPEX Tarnowskie Góry.

18 listopada 2021 r.

II Sesja konferencji – prowadzenie: **Andrzej Nieścior**, **Zbigniew Gołębiowski**, IGCP

- Technologie OZE dla miejskich systemów ciepłowniczych – rozwiązania technologiczne i możliwości zastosowania – **Grzegorz Wiśniewski**, Prezes Zarządu, EC BREC Instytut Energetyki Odnawialnej.
- Modernizacja istniejącego systemu ciepłowniczego w celu zwiększenia jego efektywności – budowa elektrociepłowni gazowej w Radzynie Podlaskim.

Elektrociepłownia w lokalnym systemie ciepłowniczym – **Jerzy Woźniak**, Prezes Zarządu, PEC Radzyń Podlaski.

- PEC w Końskich – droga do transformacji energetycznej. Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym – **Tomasz Szatkowski**, Prezes Zarządu, PEC w Końskich, **Justyna Mirek**, Dyrektor ds. Zrównoważonego Rozwoju i Transformacji Energetycznej, BSPiR Energoprojekt-Katowice.
 - Rozbudowa ciepłowni w oparciu o gospodarkę obiegu zamkniętego – **Maciej Osysko**, Dyrektor projektu Waste to Energy, Veolia term SA.
 - Technologia suchego odprowadzania żużla spod kotłów węglowych, biomasowych czy na RDF – **Marek Janowski**, Enerwis.
 - Nowości techniczne w armaturze Broen poprawiające efektywność energetyczną oraz trwałość – **Kornel Paradowski**, Broen Dzierżonów.
 - Optymalizacja pracy systemów ciepłowniczych w praktyce – **Mariusz Kusa**, Energopomiar Gliwice.
 - Finansowanie projektów w ciepłownictwie systemowym w latach 2021-2027. Prace nad nowymi programami pomocowymi – krajowymi i europejskimi – **Małgorzata Kołodziej Nowakowska**, PGE Polska Grupa Energetyczna SA (fot. 4).
- Pierwszą sesję konferencji otworzył i prowadził p. Bogusław Regulski (fot. 1), wiceprezes Zarządu IGCP, który wygłosił bardzo interesujący referat pt. „Pakiet Fit for 55 – cele, skutki dla ciepłownictwa systemowego”. W swym referacie prelegent omówił ambitne cele UE zmierzające do uzyskania neutralności klimatycznej do r. 2050, między innymi przez dekarbonizację gospodarki; cele te zestawiono w tab. 1. Pierwotne cele, przewidziane do osiągnięcia w 2030 r., zostały skorygowane przez Komisję Europejską w górę i przedstawione w dokumencie „Impact Assessment on stepping up Europe’s 2030 Climate Ambition”. Dokument ten w formie pakietu legislacyjnego „Fit for 55 – Dostosowani do 55%”, Komisja Europejska



Fot. 1. Wiceprezes Zarządu IGCP Bogusław Regulski

zaprezentowała 14 lipca br. Podstawowym celem działań objętych tym pakietem jest ograniczenie do 2030 r. emisji gazów cieplarnianych przez kraje członkowskie UE o co najmniej 55% (w stosunku do poziomu z 1990 r.). To jeden z najważniejszych elementów Europejskiego Zielonego Ładu, mającego sprawić, że Europa w 2050 r. będzie pierwszym kontynentem neutralnym pod względem klimatycznym. Zgodnie z projektem Europejskiego Zielonego Ładu program „Fit for 55”, ma dostosować prawo europejskie do ambicji Komisji Europejskiej. W programie przewidziano: wzmocnienie unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji, zaktualizowanie dyrektywy w sprawie opodatkowania energii, zmianę norm emisji CO₂ przez samochody oraz wymagania w odniesieniu do efektywności energetycznej budynków, a także



Fot. 3. Przedstawiciel Fortum Power and Heat Polska



Fot. 4. Małgorzata Kołodziej-Nowakowska – PGE Polska Grupa Energetyczna SA



Fot. 5. Grzegorz Wiśniewski, Prezes Zarządu EC BREC Instytut Energetyki Odnawialnej



Fot. 6. Marek Jankowski – Enerwis, Pietro Carabelli i Fulvio Zubini – MAGALDI POWER S.p.A – firma z Sorrento we Włoszech

TABELA. Cele Unii Europejskiej do roku 2030. Stan obecny i propozycje Komisji Europejskiej (źródło: *Impact Assessment on stepping up Europe's 2030 Climate Ambition*)

Cel	Początkowa wartość	Propozycja zmiany
Redukcja emisji gazów cieplarnianych w stosunku do stanu z 1990 r.	40%	55%
Poprawa efektywności energetycznej w stosunku do stanu z 1990 r.	32,5%	39%-40%
Udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto	32%	38%-40%



Fot. 2. Ewa Kręcielewska i Ireneusz Iwko wygłaszają referat podczas XVIII Konferencji Technicznej

zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii oraz opracowanie nowych sposobów wspierania czystych paliw i infrastruktury czystego transportu”. W praktyce oznacza to, że szykowane są duże zmiany zarówno dla mieszkańców Unii, jak i przedsiębiorstw. Zmiany dotkną bowiem nie tylko energetykę, ale niemal każdą dziedzinę gospodarki. Kluczową rolę w osiągnięciu celu klimatycznego odegrać ma reforma systemu handlu emisjami (EU ETS).

W ramach programu „Fit for 55” możliwe jest m.in. dalsze ograniczenie liczby pozwoleń na emisję dwutlenku węgla, rozszerzenie systemu na nowe sektory gospodarki, takie jak transport morski, lądowy i budownictwo (w tej chwili sprawa dotyczy energetyki, przemysłu wytwórczego i linii lotniczych), a także narzucenie surowszych warunków w odniesieniu do transportu lotniczego. Przed polskimi systemami ciepłowniczymi niebawem pojawi się nowy problem spowodowany zmianą definicji „efektywnego systemu ciepłowniczego”; zgodnie z nową definicją w produkcji ciepła/chłodu ma być zwiększony udział energii z OZE.

Kolejny wyjątkowo ciekawy referat został opracowany i wygłoszony przez zespół: pp. Ewę Kręcielewską i Ireneusza Iwko – fot. 2 (tekst referatu zamieszczono w bieżącym numerze COW).

Następne referaty techniczne wygłosili przedstawiciele przedsiębiorstw ciepłowniczych (fot. 3) i firm pracujących na potrzeby ciepłownictwa.

Drugi dzień konferencji rozpoczął p. Grzegorz Wiśniewski, Prezes Zarządu EC BREC Instytutu Energii Odnawialnej wygłaszając referat pt. „Technologie OZE dla miejskich systemów ciepłowniczych – rozwiązania technologiczne i możliwości zastosowania” (fot. 5). Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w produkcji ciepła/chłodu stanowi obecnie jedno z głównych wyzwań dla krajowych przedsiębiorstw ciepłowniczych, gdyż udział tych źródeł w produkcji decyduje o ich klasyfikacji w zakresie efektywności energetycznej.

Jak podkreślali uczestnicy konferencji w rozmowach kulturalnych oraz organizatorzy w podsumowaniu jej wyników konferencja zakończyła się sukcesem dostarczając wielu aktualnych informacji, które mogą być wykorzystane zarówno w bieżącej działalności przedsiębiorstw, jak i planowaniu ich rozwoju w bliższej i dalszej perspektywie ich rozwoju.

Marian Rubik

Fot Zbigniew Gołębiowski

Pandemia COVID-19 podkreśla rolę badań nad jakością powietrza wewnętrznego

JERZY SOWA
MACIEJ MIJAKOWSKI

W dniach 2 i 3 grudnia 2021 roku odbyła się kolejna edycja Ogólnopolskiej Konferencji „Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce”. Pierwsze spotkanie z tego cyklu odbyło się 16 października 1991 roku w Pałacyku Rektorskim Politechniki Warszawskiej. Po ogromnym zainteresowaniu uczestników organizatorzy pierwszego spotkania *prof. dr hab. inż. Teresa Jędrzejewska-Ścibak* i *dr inż. Jerzy Sowa* postanowili kontynuować spotkania w cyklu dwuletnim. W roku 2007 do zespołu organizatorów dołączył *dr inż. Maciej Mijakowski*. Spotkanie w 2021 roku było zatem już szesnastym z kolei i odbywało się w 30. rocznicę pierwszego wydarzenia – historię konferencji można prześledzić na stronie <https://iaq.is.pw.edu.pl/historia/>.

Wprowadzenie

Przewidując kolejną falę pandemii COVID-19 organizatorzy już kilka miesięcy wcześniej zdecydowali się na zdalną formę spotkania. Postanowiono jednocześnie wykorzystać szansę jaką stwarza forma zdalna i poprosić o wystąpienia polskich naukowców odnoszących sukcesy w dziedzinie jakości powietrza wewnętrznego poza granicami kraju, którym ze względu na rozliczne zobowiązania trudniej byłoby wziąć udział w tradycyjnej formie spotkania. Swoim uczestnictwem z zagranicy, konferencję zaszczycili:

- Prof. Lidia Morawska z Queensland University of Technology (QUT), Australia,
- Prof. Paweł Wargoński z Technical University of Denmark, Dania,
- Dr Dorota Jarosińska z WHO European Centre for Environment and Health, Niemcy.

Prelegenci i organizatorzy byli połączeni przez platformę MS Teams, a uczestnicy konferencji oglądali obrady w serwisie internetowym YouTube na kanale Wydziału

dr inż. **Jerzy Sowa**; jerzy.sowa@pw.edu.pl
dr inż. **Maciej Mijakowski**; maciej.mijakowski@pw.edu.pl
Politechnika Warszawska
Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska

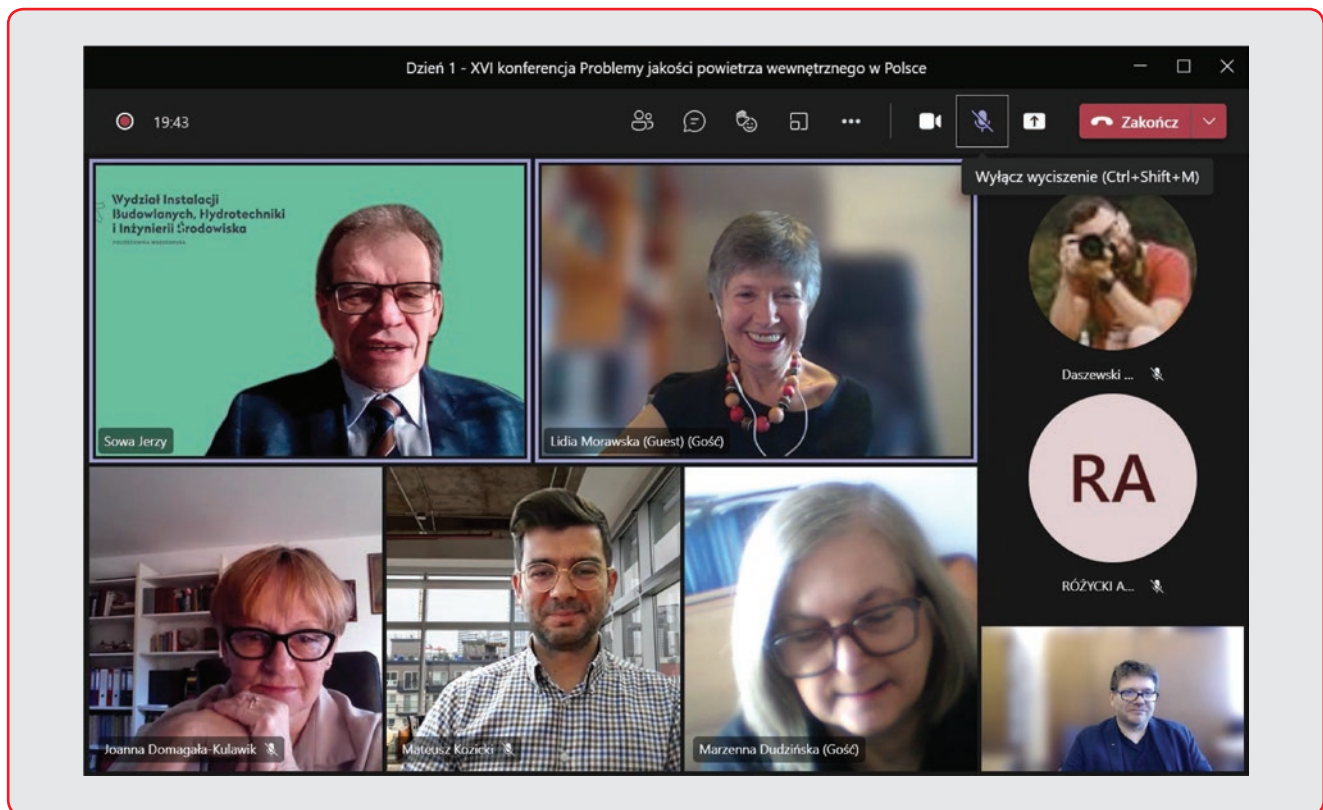
Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. Nadal dla wszystkich chętnych na tym kanale dostępne są filmy rejestrujące przebieg obrad.

Ze względu na powagę zagrożeń związanych z pandemią COVID-19 oraz łatwość dostępu do źródeł rozpowszechniających nieprawdliwe wiadomości na temat rozprzestrzeniania się wirusa SARS-Cov-2, postanowiono poświęcić cały pierwszy dzień obrad towarzyszącej nam pandemii COVID-19.

Omówienie zaprezentowanych wystąpień

Referat otwierający wygłosiła *Prof. Lidia Morawska*, niekwestionowany światowy autorytet w dziedzinie aerozoli. Prof. Morawska jako kierownik lub członek grup badawczych wzięła udział w wielu fundamentalnych projektach naukowych poświęconych możliwości rozprzestrzeniania się epidemii (w tym SARS-CoV-1 i SARS-CoV-2) drogą powietrzną. Szczególne uznanie w świecie naukowym zdobyło kierowanie działaniami grypy naukowców, które doprowadziły do zmiany nastawienia WHO – Światowej Organizacji Zdrowia, początkowo negującej powietrzną drogę rozprzestrzeniania COVID-19 oraz nadmiernie przeceniającej rolę kontaktu bezpośredniego oraz drogi kropelkowej. W swojej prezentacji prof. Morawska przedstawiła argumenty oraz proces przekonywania WHO do zaakceptowania faktu przenoszenia się zakażeń wirusem SARS-CoV-2 drogą powietrzną. Sformułowała także nowe zadania jakie powinny być stawiane systemom wyposażenia technicznego budynków, szczególnie systemom wentylacji. Swoją prezentację zakończyła hasłem „*Sprawmy by czyste, zdrowe powietrze w pomieszczeniach było normą!*” Trudno się pod tym stwierdzeniem nie podpisać.

Drugim prelegentem był ekspert Naczelnej Rady Lekarskiej ds. walki z COVID-19 *dr Paweł Grzesiowski*. Jako znakomity popularyzator wiedzy medycznej, w swoim wystąpieniu omówił on wiele faktów i mitów związanych z pandemią COVID-19. Przedstawił jej specyfikę na tle wcześniejszych pandemii światowych, wskazał jakie konsekwencje dla walki z pandemią COVID ma jej relatywnie niska śmiertelność (ok. 0,9%) oraz fakt, że początkowo zapadalność na chorobę była bardzo silnie skorelowana z wiekiem. W wystąpieniu przedstawił także wpływ



Rys. 1. Panel prelegentów i organizatorzy konferencji w trakcie zapowiadania pierwszej prelegentki Prof. Lidii Morawskiej

kolejnych wariantów wirusa SARS-CoV-2 na modyfikacje sposobów walki z pandemią. Dr Grzesiowski wyjaśnił również przyczynę bardzo zróżnicowanych scenariuszy przebiegu choroby; wirus SARS-CoV-2 wnika do komórek przez interakcję z receptorem – białkiem ACE2, które znajduje się w tkankach wielu narządów. Prelegent podzielił się także ze słuchaczami swoją oceną błędów jakie zostały popełnione w komunikacji społecznej i zarządzaniu pandemią przez decydentów.

Problem COVID w punktu widzenia lekarzy klinycystów przedstawiła *prof. dr hab. n. med. Joanna Domagała-Kulawik* z Katedry i Kliniki Chorób Wewnętrznych, Pneumologii i Alergologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. Omówiła zarówno wpływ wirusa SARS-CoV-2 na drogi oddechowe pacjentów jak też problemy z leczeniem współistniejących chorób płuc u pacjentów hospitalizowanych z powodu ciężkiego przebiegu COVID-19. W prelekcji omówione zostały także stosowane procedury leczenia pacjentów chorych na COVID-19. Bardzo ciekawym wątkiem wystąpienia było nawiązanie do moralnych aspektów pandemii.

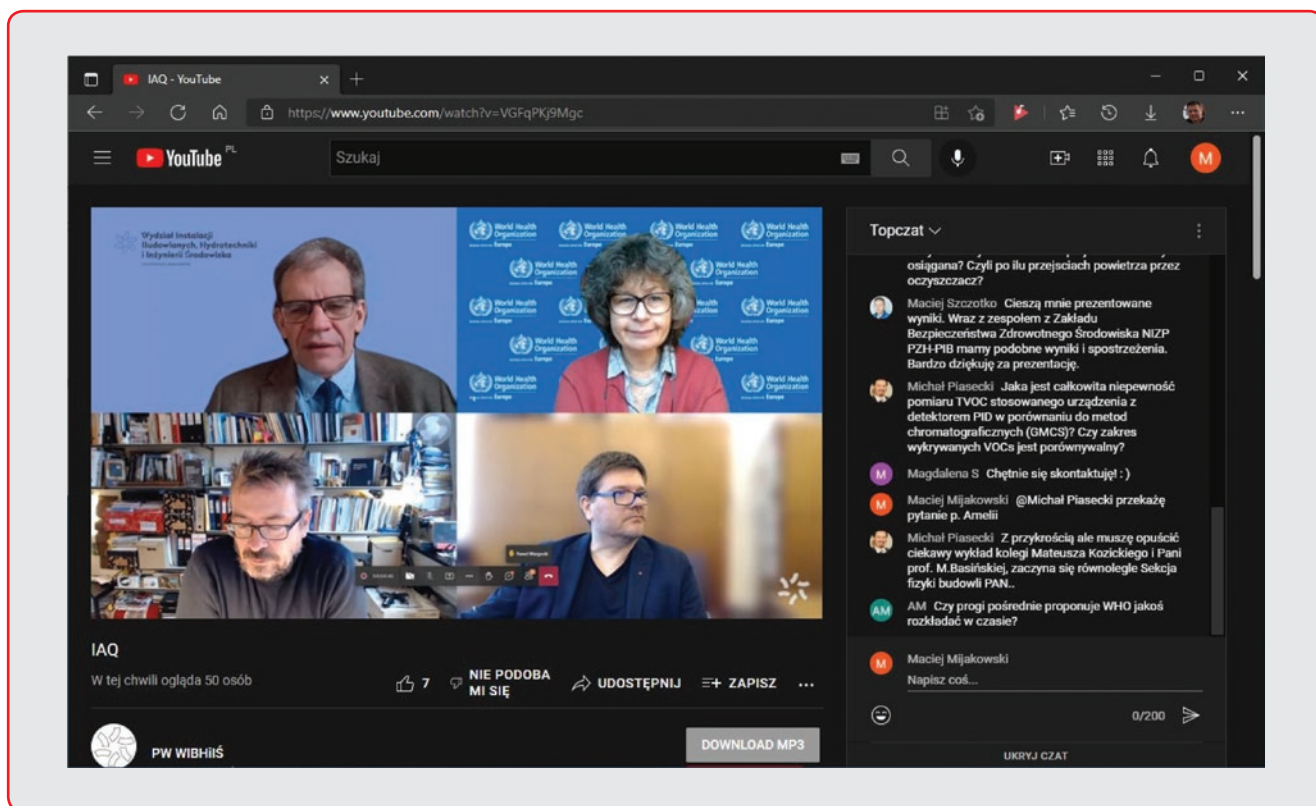
Kolejny prelegent *Andrzej Różycki* (ENGIE SAR Sp. z o.o.) ekspert o ogromnym doświadczeniu w eksploatacji systemów wentylacji i klimatyzacji w obiektach służby zdrowia przedstawił historię „wojny z wirusem SARS-CoV-2” z perspektywy firmy jako zaplecza technicznego szpitali. W perspektywie czasowej prelegent przedstawił trudności jakie musiały pokonać jego firma by chronić personel i pacjentów szpitali przed zakażeniami. Przedstawił zmiany w działaniu systemów wentylacji jakie powinny być stosowane przy przekształceniu szpitali w „szpitale covidowe” oraz omówił technologie dezynfekcji, które mogą być stosowane w trakcie użytkowania pomieszczeń przez ludzi. Na koniec swojej prezentacji Andrzej Różycki przedstawił także konieczność

zmiany podejścia do budowania nowych szpitali. Kierując się doświadczeniami z pandemii COVID-19 przedstawił koncepcję budowania lekkich szpitali modułowych, które w szybkim czasie mogły by być wznoszone w miejscach gwałtownie pojawiających się potrzeb medycznych.

Dopiełnieniem sesji było wystąpienie *dr inż. Jerzego Sowy* z Politechniki Warszawskiej. Rozwiniął on wątek metod modelowania ekspozycji na aerozol zawierający aktywne wirusy SARS-CoV-2 i szacowania ryzyka zachorowania na COVID-19. Wskazał na czym polegają główne różnice w modelowaniu aerozoli pyłu PM 2,5 i aerozoli przenoszących wirusy chorobotwórcze. Przedstawił, które dane wejściowe obarczone są największą niepewnością i przedstawił możliwość szacowania wrażliwości modelu na te dane przy pomocy symulacji typu Monte-Carlo. Dr Sowa scharakteryzował także mocne i słabe strony trzech najbardziej popularnych aplikacji do takich analiz.

Wystąpienia przedstawione w drugim dniu konferencji były bardziej zróżnicowane pod względem tematycznym. Pierwszym mówcą był *prof. Paweł Wargocki* z Duńskiego Uniwersytetu Technicznego, jeden z najaktywniejszych naukowców na świecie działających w obszarze jakości powietrza wewnątrz. Przedstawił on prezentację na temat „Co wiemy, a co powinniśmy wiedzieć o wentylacji?”. Stawiając kolejne fundamentalne pytania dotyczące wentylacji wykazał jak wiele jest jeszcze niewiadomych. Cały czas bez jasnych odpowiedzi pozostają tak ważne pytania jak: opierając się na jakich kryteriach (zdrowie, jakości snu, komfort, produktywność, kontrola zakażeń, inne?) należy formułować wymagania wentylacyjne oraz czy dla poszczególnych kryteriów potrafimy zdefiniować intensywność wentylacji.

Następne wystąpienie przygotowały *prof. dr hab. inż. Marzenna Dudzińska* oraz *dr inż. Amelia Staszowska* z Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Lubelskiej.



Rys. 2. W trakcie prezentacji uczestnicy konferencji mieli możliwość zadawania pytań na czacie oraz drogą mailową

Prof. Dudzińska, jako była prezes stowarzyszenia ISIAQ – International Society of Indoor Air Quality and Climate, zaprezentowała główne pola działania stowarzyszenia oraz zachęciła uczestników konferencji do aktywnego uczestnictwa w projekcie COST – INDAIRPOLLNET (Indoor Air Pollution Network). Dr Staszowska przedawniła problematykę stosowania oczyszczaczy powietrza. Na postawie swoich kilkuletnich badań przedstawiała zalety i wady różnych typów urządzeń oraz omówiła przyczyny istotnych różnic w skuteczności działania oczyszczaczy powietrza w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych.

Kolejną prezentację przedstawił *dr Mariusz Kozicki* z Instytutu Techniki Budowlanej, który podzielił się z uczestnikami doświadczeniami kierowanej przez siebie Pracowni Chemii Środowiska związanymi z badaniem emisji zanieczyszczeń z materiałów budowlanych. Główną część prezentacji dr Kozicki poświęcił innowacyjnej identyfikacji uciążliwości zapachowej przy pomocy portu olfaktometrycznego (TD-GC/MS-O). Dr Kozicki przedstawił problemy związane z porównywaniem wskazań zapachowych z klasyczną matrycą wyników chromatograficznych, które zilustrował licznymi przykładami.

Dr hab. inż. Małgorzata Basińska wraz z zespołem przygotowała prezentację poświęconą doświadczeniom z badań jakości powietrza prowadzonych w placówkach oświatowo-wychowawczych w Poznaniu. Posługując się przykładami przedstawiła problemy środowiskowe spotykane w placówkach edukacyjnych, wskazała na brak funduszy na ich poprawę wymuszający stosowanie prostych środków technicznych oraz problemy związane z lekceważeniem przez kadrę placówek zaleceń specjalistów. W przedstawionych przykładach dała się zauważyć rosnąca świadomość władz lokalnych, kierownictwa placówek i rodziców.

Konferencję zakończyło wystąpienie wskazujące nowe cele dla specjalistów zajmujących się kreowaniem jakości powietrza we wnętrzach. *Dr Dorota Jarosińska* z regionalnego biura WHO na Europę przedstawiła ogłoszone we wrześniu 2021 r. nowe światowe wytyczne WHO dotyczące jakości powietrza. Wytyczne opracowane z zachowaniem najwyższych standardów analiz naukowych określają stan jakości powietrza, przy którym wpływ zanieczyszczeń powietrza na zdrowie ludzi jest znikomy. Jednocześnie WHO, zdając sobie sprawę z poziomu ambicji podanych wartości, zdefiniowała cele pośrednie umożliwiające opracowanie poszczególnym krajom przyjęcie scenariuszy ich osiągnięcia. Warto dodać, że wytyczne nie zawierają rozróżnienia na środowisko zewnętrzne i wewnętrzne.

Podsumowanie

Pierwszy dzień konferencji wypełnił spójny tematycznie blok pięciu prezentacji przedstawiających problem pandemii COVID-19 z różnych perspektyw. Drugi dzień zawierał bardziej zróżnicowane tematycznie prezentacje, ale w dygresjach temat pandemii również często powracał. Przebieg obrad upoważnia do sformułowania tezy, że wiedza z zakresu jakości powietrza wewnętrznego zgromadzona w ostatnich latach pozwoliła lepiej zrozumieć rozprzestrzenianie się pandemii COVID-19, a być może przyczyni się także do znaczącego ograniczenia ryzyka zakażeń. Konieczne jest jeszcze prowadzenie dalszych intensywnych badań w najbliższych latach. Ponieważ organizatorzy zadeklarowali gotowość przygotowania kolejnej edycji konferencji uczestnicy będą mieli okazję do zaprezentowania postępów na tym polu już na jesieni 2023 roku.

Energia z odpadów komunalnych ogrzewa Białystok

Sześć lat kończy właśnie Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Komunalnych w Białymstoku – jedna z nielicznych spalarni odpadów komunalnych funkcjonujących w Polsce. To nowoczesna elektrociepłownia, w której dzięki *termicznemu* przekształcaniu odpadów, produkowane są energia elektryczna i ciepło systemowe. Z energii z odpadów korzystają mieszkańcy Białegostoku.

Zakład jest zarządzany przez miejską spółkę P.U.H.P.LECH, która w imieniu Miasta Białystok realizowała projekt budowy spalarni pod nazwą „Zintegrowany System Gospodarki Odpadami Komunalnymi dla Aglomeracji Białostockiej”. To było bardzo poważne przedsięwzięcie pod względem zarówno finansowym, jak i organizacyjnym.



ale przede wszystkim protesty organizacji ekologicznych, które opóźniały wydanie kolejnych decyzji.

Z obecnej perspektywy, sama budowa wydaje się być najprostszym elementem całej inwestycji, bo trwała 25 miesięcy, czyli połowę krócej niż faza uzyskiwania pozwoleń i przygotowania projektów. Rozpoczęła się w grudniu 2013 r. i zakończyła w ostatnim dniu 2015 roku. Od tamtego czasu ZUOK produkuje energię i ciepło z odpadów, a Białystok stał się jednym z nielicznych miast w Polsce, które nie ma problemów z zagospodarowaniem odpadów komunalnych, a co za tym idzie drastycznym wzrostem cen na rynku „śmieciowym”.

Ciepło i energia z odpadów komunalnych

Do ZUOK trafiają zmieszane odpady komunalne z Białegostoku oraz gmin sąsiadujących z Aglomeracją Białostocką. Unieszkodliwiane są tu również pozostałości pochodzące z procesu sortowania odpadów, których kaloryczność wynosi powyżej 6 MJ/kg i zgodnie z przepisami UE nie mogą być one składowane.

ZUOK może przetworzyć maksymalnie do 120 tys. ton odpadów w ciągu roku. Dzięki zastosowanej technologii możliwe jest wytworzenie rocznie ponad 50 tys. MWh energii elektrycznej oraz 350 tys. GJ ciepła, które trafia do miejskiej sieci ciepłowniczej, zarządzanej przez spółkę Enea Ciepło. Ciepło z ZUOK stanowi ok. 9-10 proc. rocznego zapotrzebowania Białegostoku na ciepło systemowe.

Przez prawie 6 lat działalności zakład utylizował ponad 660 tys. ton odpadów dostarczając do sieci ciepłowniczej blisko 2 mln GJ ciepła systemowego oraz prawie 280 tys. MWh energii elektrycznej.

Klasyczny układ wytwarzania ciepła i energii

Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Komunalnych to instalacja z klasycznym układem energetycznym do produkcji ciepła i energii. W wyniku spalania odpadów wytwarzana jest przegrzana para wodna o temperaturze 400°C i ciśnieniu 40 bar. Para zasila turbinę



50 miesięcy na uzyskanie pozwoleń

Spółce udało się pozyskać ogromną dotację unijną z Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko w wysokości 210 mln zł netto oraz pożyczkę 155 mln zł netto z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Cały projekt pochłonął 393 mln zł netto, z czego sama spalarnia kosztowała 333 mln zł netto. Resztę środków przeznaczono m.in. na budowę pola składowego pod odpady z procesów spalania, rekultywację starego pola odpadów komunalnych i budowę linii do rozbiórki elektroodpadów.

Równie trudne jak pozyskanie pieniędzy, było uzyskanie wszelkich pozwoleń, które pozwoliłyby rozpoczęcie budowy. Wniosek o wydanie decyzji środowiskowej został złożony 30 września 2009 r., a prawomocne pozwolenie na budowę wydane zostało dopiero 50 miesięcy później – 2 grudnia 2013 r. Nie bez znaczenia przy tak długim procedowaniu były obawy przed powstaniem takiego zakładu,



upustowo-kondensacyjną, która napędza generator prądu wytwarzający energię elektryczną o napięciu 15 kV.

Para upustowa z turbiny wykorzystana jest do podgrzewania wody sieciowej w miejskiej sieci ciepłowniczej. Moc cieplna układu w trybie kogeneracji wynosi 17,5 MW, a elektryczna 6,08 MW. W trybie kondensacji moc elektryczna instalacji wynosi 8,9 MW.

Ochrona środowiska

Ochrona środowiska to priorytet przy projektowaniu i eksploatacji Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Komunalnych w Białymstoku. Obiekt wyposażony jest w instalację oczyszczania spalin, która wychwytuje i unieszkodliwia zanieczyszczenia i toksyczne związki.

Do oczyszczania spalin wykorzystano system NID, czyli półsuchą technologię, która łączy w jednej instalacji kilka funkcji: absorpcję gazową chlorowodoru, fluorowodoru i dwutlenku siarki, usuwa metale ciężkie, dioksyny, furany i cząstki stałe za pomocą węgla aktywnego i wapna oraz odpylane spalin za pomocą filtrów workowych.

Instalacja wyposażona jest w system ciągłego monitoringu parametrów spalin, który kontroluje je przez 24 godziny na dobę. Skuteczność oczyszczania spalin jest bardzo wysoka i emisja szkodliwych produktów jest dużo niższa niż dopuszczalna określona w stosownych normach.

Dobre perspektywy rozwoju spalarni odpadów

Czy jednak warto inwestować w kolejne spalarnie odpadów komunalnych skoro założenie polityki unijnej stawiają na recykling, a nie wykorzystanie energetyczne

śmieci? *Michał Stefanowicz*, Prezes Zarządu białostockiej spółki LECH zarządzającej spalarnią, jest spokojny o przyszłość istniejących instalacji oraz wykorzystanie ciepła spalania odpadów w branży ciepłowniczej w kolejnych miastach w Polsce

„Problem zagospodarowania odpadów komunalnych jest w Polsce i w całej Europie bardzo duży i sędzę, że w perspektywie nawet 20-30 lat nie da się go rozwiązać tylko przez recykling” – mówi Prezes *Michał Stefanowicz*, który jest również członkiem Rady Izby Gospodarczej Ciepłownictwo Polskie. W założeniach polityki unijnej w odniesieniu do gospodarki odpadami komunalnymi przyjęto, że w perspektywie 11 lat nawet 70% odpadów ma być ponownie wykorzystywanych, a tylko 10% będzie można składować na polach składowych. Jeśli nawet w Europie uda się osiągnąć taki poziom w 2030 r., to i tak nadal będzie jeszcze spora ilość odpadów, które będzie można spalać i produkować ciepło i energię. Zatem dopóki nie rozwinie się przemysł recyklingowy, dopóty na rynku będzie bardzo dużo odpadów, które będą mogły być wykorzystane w energetyce. Z tego powodu miasta, które zainwestowały w takie instalacje są w bardzo dobrej sytuacji, czego przykładem jest Białystok. W mieście tym mamy trzy źródła ciepła systemowego, które są zasilane węglem, biomasą, gazem i właśnie odpadami komunalnymi. Ciepło ze spalania odpadów stanowi ok. 9%-10% ogólnej ilości ciepła systemowego produkowanego w ciągu roku w Białymstoku. Sędzę, że to właściwy kierunek rozwoju systemów ciepłowniczych w Polsce.

Zbigniew Gołębiowski

Raport Głównej Komisji Legislacyjnej za miesiąc 11/2021 r.

Jak co miesiąc Główna Komisja Legislacyjna Zarządu Głównego PZITS opublikowała raport zawierający odnośniki do dyrektyw UE, krajowych ustaw i

rozporządzeń oraz norm opublikowanych przez Polski Komitet Normalizacyjny. Zapraszamy do zapoznania się z raportem za listopad

Dyrektywy UE:

Lp.	Tytuł	Odnosnik
1.	Efektywność energetyczna – wymogi dotyczące etykietowania podgrzewaczy wody i zbiorników (przegląd/zmiana skali) <i>Niebawem otwarcie konsultacji</i>	https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13204-Efektywnosc-energetyczna-wymogi-dotyczace-etykietowania-podgrzewaczy-wody-i-zbiornikow-przeglad-zmiana-skali-_pl
2.	Efektywność energetyczna – wymogi dotyczące ekoprojektu dla podgrzewaczy wody i zasobników ciepłej wody użytkowej (przegląd) <i>Niebawem otwarcie konsultacji</i>	https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13205-Efektywnosc-energetyczna-wymogi-dotyczace-ekoprojektu-dla-podgrzewaczy-wody-i-zasobnikow-ciep%C5%82ej-wody-uzytkowej-przeglad-_pl
3.	Jakość powietrza – przegląd przepisów UE <i>Konsultacje otwarte</i>	https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12677-Revision-of-EU-Ambient-Air-Quality-legislation
4.	Jakość powietrza – przegląd przepisów UE <i>Konsultacje otwarte</i>	https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12677-Air-quality-revision-of-EU-rules_en
5.	Unia energetyczna – nowe wymogi dotyczące sprawozdawczości dla krajowych planów w dziedzinie energii i klimatu <i>Niebawem otwarcie konsultacji</i>	https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12536-Implementing-regulation-on-the-Member-States-reporting-of-information-foreseen-in-the-Governance-of-the-Energy-Union
6.	Wymogi dotyczące ekoprojektu dla pomp do wody (przegląd) <i>Niebawem otwarcie konsultacji</i>	https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12831-Ecodesign-requirements-for-water-pumps-review-_en
7.	Efektywność energetyczna – wymogi dotyczące ekoprojektu dla miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń <i>Niebawem otwarcie konsultacji</i>	https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12834-Efektywnosc-energetyczna-wymogi-dotyczace-ekoprojektu-dla-miejscowych-ogrzewaczy-pomieszczen-przeglad-_pl
8.	European Strategy on international energy engagement <i>Konsultacje otwarte</i>	https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13276-European-Strategy-on-international-energy-engagement_pl

Krajowe ustawy i rozporządzenia:

Lp.	Tytuł	Odnosnik
1.	Ustawa z dnia 1 października 2021 r. o zmianie ustawy – Prawo ochrony środowiska oraz ustawy o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji	https://dziennikustaw.gov.pl/DU/2021/2127

Lp.	Tytuł	Odnosnik
2.	Obwieszczenie Ministra Infrastruktury z dnia 16 września 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej w sprawie właściwości miejscowej dyrektorów regionalnych zarządów gospodarki wodnej Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie w sprawach z zakresu zbiorowego zaopatrzenia w wodę i zbiorowego odprowadzania ścieków	https://dziennikustaw.gov.pl/DU/2021/2019
3.	Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 21 października 2021 r. w sprawie rejestru magazynów energii elektrycznej	https://dziennikustaw.gov.pl/DU/2021/2010
4.	Ustawa z dnia 17 września 2021 r. o zmianie ustawy – Prawo budowlane oraz ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym	https://dziennikustaw.gov.pl/DU/2021/1986
5.	Ustawa z dnia 17 listopada 2021 r. o zmianie ustawy o odpadach oraz niektórych innych ustaw	https://dziennikustaw.gov.pl/DU/2021/2151

Normy opublikowane przez Polski Komitet Normalizacyjny:

Lp.	Numer normy i tytuł	Odnosnik
1.	PN-EN ISO 19008:2018-05/Ap1:2021-11 Standardowy system kodowania kosztów instalacji wydobywczych i przetwórczych ropy naftowej i gazu ziemnego	https://sklep.pkn.pl/pn-en-iso-19008-2018-05e.html
2.	PN-ISO 5667-10:2021-11 Jakość wody -- Pobieranie próbek -- Część 10: Wytyczne dotyczące pobierania próbek ścieków	https://sklep.pkn.pl/pn-iso-5667-10-2021-11e.html
3.	PN-EN 12977-4:2018-06 Słoneczne systemy grzewcze i ich elementy -- Systemy wykonywane na zamówienie -- Część 4: Metody badania wydajności słonecznych magazynów dwufunkcyjnych	https://sklep.pkn.pl/pn-en-12977-4-2018-06p.html
4.	PN-EN ISO 11200:2014-10/A1:2020-08 Akustyka -- Hałas emitowany przez maszyny i urządzenia -- Wytyczne stosowania norm podstawowych dotyczących wyznaczania poziomów ciśnienia akustycznego emisji na stanowisku pracy i w innych określonych miejscach	https://sklep.pkn.pl/pn-en-iso-11200-2014-10-a1-2020-08p.html
5.	PN-Z-04534:2021-11 Ochrona czystości powietrza -- Oznaczanie but-2-enalu na stanowiskach pracy metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej z detekcją spektrofotometryczną	https://sklep.pkn.pl/pn-z-04534-2021-11p.html
6.	PN-Z-04532:2021-11 Ochrona czystości powietrza -- Oznaczanie heksachlorobenzenu na stanowiskach pracy metodą chromatografii gazowej z detektorem wychwytu elektronów	https://sklep.pkn.pl/pn-z-04532-2021-11p.html
7.	PN-Z-04533:2021-11 Ochrona czystości powietrza -- Oznaczanie chinoliny na stanowiskach pracy metodą chromatografii gazowej ze spektrometrią mas	https://sklep.pkn.pl/pn-z-04533-2021-11p.html
8.	PN-EN ISO 20257-2:2021-11 Instalacje i urządzenia do skroplonego gazu ziemnego -- Projektowanie instalacji morskich LNG -- Część 2: Szczegółowe zagadnienia FSRU	https://sklep.pkn.pl/pn-en-iso-20257-2-2021-11e.html
9.	PN-EN 15804+A2:2020-03 Zrównoważenie obiektów budowlanych -- Deklaracje środowiskowe wyrobu -- Podstawowe zasady kategoryzacji wyrobów budowlanych	https://sklep.pkn.pl/pn-en-15804-a2-2020-03p.html
10.	PN-EN 15643:2021-11 Zrównoważenie obiektów budowlanych -- Struktura oceny budynków i obiektów inżynierskich	https://sklep.pkn.pl/pn-en-15643-2021-11e.html

XVIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Materiały i Technologie Energooszczędne – Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym”

W dniach 3-5 listopada 2021 roku, na Wydziale Budownictwa Politechniki Częstochowskiej, odbyła się XVIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Materiały i Technologie Energooszczędne – Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym”. Konferencję zorganizowała Katedra Inżynierii Procesów Budowlanych na Wydziale Budownictwa PCz. Patronat nad konferencją objął JM Rektor Politechniki Częstochowskiej *prof. dr hab. inż. Norbert Szczygiol*. Partnerami konferencji były następujące ośrodki naukowe: Komisja Inżynierii Budowlanej Polskiej Akademii Nauk oddział Katowice, Komisja Ochrony Środowiska i Gospodarki Odpadami PAN oddział Katowice, Research Institute of Building Physics (NIISF), University of Žilina i Georgian Technical University.

Ze względu na sytuację epidemiczną w kraju i zagranicą, związaną z pandemią COVID-19, spotkanie naukowców odbyło się w formie hybrydowej. Referaty wygłaszane bezpośrednio w sali konferencyjnej, na Wydziale Budownictwa Politechniki Częstochowskiej, transmitowane były zdalnie do ośrodków uczestniczących w obradach. Z kolei referaty Uczestników, którzy nie zdołali przybyć na obrady, referowane były w formie wideokonferencji i prezentowane na ekranie w sali obrad. Dzięki temu umożliwiono Uczestnikom konferencji wymianę poglądów, zadawanie pytań i udzielanie odpowiedzi i komentarzy, z zachowaniem wszelkich zasad bezpieczeństwa.

W konferencji uczestniczyli przedstawiciele 19. ośrodków naukowych, w tym 5. z Polski, pozostali z zagranicy (m.in. z: Armenii, Białorusi, Gruzji, Rosji, Słowacji i Ukrainy). W konferencji uczestniczyło ponad 80 osób. Słuchaczami konferencji byli przedstawiciele uczelni, w tym również studenci oraz osoby reprezentujące instytucje naukowo-badawcze, stowarzyszenia oraz firmy z branży budowlanej: z Armenii, Gruzji, Polski, Rosji, Słowacji i Ukrainy. Tematyka wystąpień dotyczyła obiektów budowlanych, w tym komponentów instalacyjnych, wpływających na ich charakterystykę energetyczną, ekologiczną oraz właściwości związane ze zrównoważonym budownictwem. Autorzy referatów zaprezentowali wyniki badań naukowych oraz poszukiwań nowatorskich rozwiązań projektowych, materiałowych, konstrukcyjnych, instalacyjnych, technologicznych i organizacyjnych odpowiadających wyzwaniom stawianym współczesnym obiektom budowlanym.

Tradycyjnie wystąpienia naukowców przeplatane były prezentacjami przedstawicieli firm z branż związanych z budownictwem, co pozwoliło Uczestnikom naszej konferencji na zapoznanie się ze współczesną praktyką budowlaną, oprogramowaniem wspomagających określenie parametrów energetycznych budynków, w tym z wykorzystaniem technologii BIM, czy urządzeniami pomiarowymi służącymi do diagnostyki energetycznej budynków.

Tradycją konferencji jest łączenie wystąpień naukowych ze spotkaniami z praktykami i studentami, w tym m.in. na sesjach wyjazdowych, zwracana jest uwaga na aspekty poszukiwania rozwiązań materiałów-konstrukcyjnych, instalacyjnych i technologicznych, optymalnych pod względem

energetycznym, ekologicznym oraz organizacyjnym. W tym roku, w drugim dniu konferencji zorganizowano zwiedzanie Starego Miasta w Częstochowie. Zaprezentowano efekty rewitalizacji Starego Rynku, do niedawna bardzo zaniedbanej przestrzeni publicznej. Omawiana była rewitalizacja samego placu Starego Rynku, jak i podziemia Starego Ratusza oraz kilku kamienic. Dzięki przeprowadzonym pracom budowlanym ta część miasta zyskała nową jakościowo atrakcyjną przestrzeń. W trzecim dniu konferencji jej Uczestnicy, wraz z grupą studentów z Kół Naukowych Wydziału Budownictwa PCz, uczestniczyli w wyjeździe do Siedziby Firmy IZODOM2000 Polska Sp. z o.o. w Zduńskiej Woli. Podczas pobytu w Firmie IZODOM wysłuchano prezentacji i uczestniczano w dyskusji na tematy dotyczące cyrkularności w budownictwie (efektywności materiałowej), światowego kryzysu klimatycznego związanego z emisją z budynków oraz adaptacją i zarządzaniem zmianami klimatu w odniesieniu do budownictwa i urbanistyki. Dalsza część sesji wyjazdowej odbyła się w Łodzi, gdzie Uczestnicy konferencji zapoznali się z efektami rewitalizacji i adaptacji do nowych funkcji obiektów byłej elektrociepłowni EC1 oraz pracami budowlanymi i funkcjonowaniem przebudowanego obiektu dworca kolejowego Łódź Fabryczna.



Grupa uczestników konferencji podczas zwiedzania zrewitalizowanych obiektów Elektrociepłowni EC1 w Łodzi

Konferencję wsparły i zaprezentowały się w formie prezentacji następujące firmy i instytucje: FAKRO Sp. z o.o., Schöck Sp. z o.o., SANKOM Sp. z o.o., TESTO Sp. z o.o., Polski Związek Producentów i Przetwórców Izolacji Poliuretanowych PUR i PIR „SIPUR”, YAWAL S.A. Konferencję wsparły również: Śląska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa w Katowicach oraz stowarzyszenie: Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa Oddział w Częstochowie. Konferencji patronowały czasopisma naukowo-techniczne: „Budownictwo i Prawo”, „Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja”, „Inżynier Budownictwa”, „Izolacje”, „Materiały Budowlane”, „Przegląd Budowlany”, „Rynek Instalacyjny”, „Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym”, „Production Engineering Archives” oraz „Świat Szkła”.

dr inż. Adam Ujma

ROZNY SPIS TREŚCI 2021

WYWIAD nr str.

Wywiad z dr hab. inż. prof. PW Anną Bogdan – Nowym Redaktorem Naczelnym czasopisma Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja . . .	6	2
Wywiad z Pawłem Lachmanem Prezesem PORT PC i redaktorem tematycznym naszego czasopisma	9	3
Wywiad z Andrzejem Różyckim Członkiem Zarzą- du ENGIE SAR Sp. z o.o., ekspertem Pracodaw- ców RP w zakresie szpitalnictwa, szczególnie sal operacyjnych, rzeczoznawcą budowlanym RZE i branżowym PZITS	11	3
Wywiad z prof. dr hab. inż. Robertem Sekretm redaktorem tematycznym naszego czasopisma . .	12	3

CIEPŁOWNICTWO – DISTRICT HEATING • OGRZEWNICTWO – HEATING

Uwarunkowania prawne dotyczące energetyki od- nawialnej. <i>Legal Conditions for Renewable Energy</i> – Mariusz Adamski, Jakub Magnu- szewski	1	2
Wspomaganie systemu grzewczego układem so- larnym w okresie zimowym. <i>Supporting the Heating System with Solar Collectors in Winter</i> – Tadeusz Orzechowski, Adrian Gwóźdź	2	2
Techniki spalania paliw w kotłach stałopalnych. <i>Combustion Techniques for Solid-Fuel Boilers</i> – Grzegorz Ojczyk	2	11
Oplacalność zastosowania pompy ciepła w układach centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytko- wej. <i>Profitability of Using a Heat Pump in Cen- tral Heating and Domestic Hot Water Systems</i> – Karol Olszewski, Blanka Jakubowska	3	2
Przegląd energooszczędnych rozwiązań instalacji ogrzewania, wentylacji i ciepłej wody w budow- nictwie. <i>Overview of Energy-Efficient Solutions for Heating, Ventilation and Hot Water in Build- ings</i> – Władysław Szaflik	3	9
Zastosowanie BIM w projektowaniu instalacji ogrzewczych w oprogramowaniu z serii Audy- tor. <i>Application of BIM in the Design of Heating System in the Auditor Series Software</i> – Michał Strzeszewski, Piotr Wereszczyński	3	15

Analiza sytuacji na rynku uprawnień do emisji CO ₂ . <i>Analysis of the Market Situation of CO₂ Emis- sion Allowances</i> – Małgorzata Niestępska	4	3
Efektywna metoda dekarbonizacji krajowego sek- tora ciepłowniczego za pomocą innowacyjnego systemu odzyskiwania ciepła skraplania pary wodnej ze spalin powstającej ze spalania wil- gotnej biomasy oraz absorpcyjnej pompy cie- pła. <i>Effective method of national district heat- ing sector decarbonization using deep flue gas condensation heat recovery from wet biomass combustion using absorption heat pump</i> – Marcin Malicki, Maksymilian Gądek, Przemysław Gidziela, Jarosław Kabiesz, Wojciech Piotrow- ski, Esteban Wong Munoz	4	9
Możliwości poprawy efektywności ekonomicz- nej małych przedsiębiorstw ciepłownicznych na przykładzie ciepłowni Sierpc Sp. z o.o. – Rafał Wiśniewski	4	17
Przemiany chemiczne podczas spalania w złożu. <i>Chemical Transformations During Combustion in the Bed</i> – Grzegorz Ojczyk	4	20
Zarządzanie kapitałem obrotowym w przedsięw- siach ciepłownicznych. <i>Working Capital Mena- gement in District Heating Companies</i> – Malgo- rzata Niestępska	5	3
Ograniczenie emisji CO ₂ w procesie wytwarzania ciepła na potrzeby ogrzewania zakładu przemy- słowego dzięki zastosowaniu układu absorpcyj- nej pompy ciepła z wbudowanym palnikiem ga- zowym. <i>Industrial Site CO₂ Emission Decrease Using Absorption Heat Pump With Built in Gas Burner</i> – Marcin Malicki	5	9
Techniczno-ekonomiczne porównanie dwóch wa- riantów strefowania instalacji centralnego ogrze- wania wysokiego budynku. <i>Technical and Eco- nomic Comparison of Two Variants for Zoning the Central Heating System of a Tall Building</i> – Rafał Buczyński	6	9
Wpływ temperatury źródeł na efektywność ener- getyczną oraz charakterystyki sprężarkowych pomp ciepła. Część 1. <i>Influence of Source Temperature on Energy Efficiency and Characteristics of Com- pressor Heat Pumps. Part 1</i> – Marian Rubik . . .	6	4

Rynek energetyczny w czasie pandemii. <i>Energy Market in a Time Pandemic</i> – Malgorzata Niestępska	7-8	3	Czy w Polsce jest szansa na wykorzystanie ciepła systemowego do wytwarzania chłodu na potrzeby klimatyzacji? Część 3. <i>Is There a Chance to Use System Heat in Poland to Produce Cold for Air Conditioning? Part 3</i> – Marian Rubik	2	16
Efektywność energetyczna i sprawność wytwarzania w kogeneracji. <i>Energy Efficiency in Cogeneration</i> – Adam Smyk, Rafał Laskowski, Jacek Szymczyk	7-8	9	Zastosowanie układu odzyskiwania ciepła w instalacji chłodniczej na przykładzie tuneli chłodniczych. <i>Application of Heat Recovery System in a Refrigeration Plant on the Example of Cooling Tunnels</i> – Bernadetta Ryba, Marek Borowski	2	27
Wpływ temperatury źródeł na efektywność energetyczną oraz charakterystyki sprężarkowych pomp ciepła. Część 2. <i>Influence of Source Temperature on Energy Efficiency and Characteristics of Compressor Heat Pumps. Part 2</i> – Marian Rubik	7-8	18	Przegląd wymagań normatywnych dotyczących komfortu cieplnego chirurgów i personelu medycznego w salach operacyjnych. <i>Review of Standards and Requirements Related to the Thermal Comfort of Surgeons and Medical Staff in the Operating Rooms</i> – Dominika Ćwiklińska, Anna Bogdan	3	22
Quo Vadis – polskie ciepłownictwo/ogrzewnictwo? Część I. <i>Quo Vadis – Polish District Heating/Heating? Part I</i> – Marian Rubik	9	6	Wybrane aspekty projektowania maszynowni chłodniczych i pomp ciepła z czynnikiem R-744. <i>Selected Aspects of Designing Engine Rooms for Refrigeration and Heat Pumps with R-744 Refrigerant</i> – Marian Rubik, Piotr Ziętek	3	27
Quo vadis – polskie ciepłownictwo/ogrzewnictwo? Część II. <i>Quo Vadis – Polish District Heating/Heating? Part II</i> – Marian Rubik	10	3	Wysokoeffektywna jednostka klimatyzacyjna do obiektów wielkopowierzchniowych. <i>Highly Efficient Air Conditioning Unit for Large Space Facilities</i> – Anna Pacak, Aleksandra Cichoń, Paweł Drąg, Demis Pandelidis	5	15
Perspektywa zarządzania bezpieczeństwem zaopatrzenia w ciepło. <i>A Perspective on Heat Supply Security Management</i> – Bożena Babiarz, Władysław Szymański	10	15	Badanie wpływu elementów środowiska wewnętrznego w salach operacyjnych na komfort pracy chirurgów i personelu medycznego. <i>Study on the Influence of Indoor Environment Elements in Operating Theatres on the Comfort of Surgeons and Medical Staff</i> – Anna Kłobukowska, Anna Bogdan	6	14
Transformacja energetyczna a Metodologia sporządzania charakterystyki energetycznej budynków. <i>Polish Methodology for Reporting Building Energy Performance</i> – Karol Bandurski, Katarzyna Ratajczak, Łukasz Amanowicz	10	20	Moc niskotemperaturowych systemów chłodzenia sufitowego w zależności od właściwości czynnika chłodzącego i parametrów cieplnych pomieszczenia. <i>The Capacity of Low Temperature Ceiling Cooling Systems in Relations to the Properties of the Cooling Medium and Room Thermal Parameters</i> – Tadeusz Orzechowski, Monika Majewska	7-8	28
Magazynowanie chłodu z wykorzystaniem ciepła przemiany fazowej woda-lód. <i>Cold Storage Using the Latent Heat of the Water-Ice</i> – Robert Sekret, Przemysław Starzec	12	5	Warunki środowiska wewnętrznego według normy PN-EN 16798-1:2019-06. <i>Indoor Environmental Condition in Accordance with PN-EN 16798-1:2019-06</i> – Anna Bogdan	9	23
Różnica między obliczeniowym i pomiarowym wykorzystaniem energii do ogrzewania w budynkach wielorodzinnych. <i>Difference Between Calculated and Measured Energy Consumption for Heating in Multi-Family Buildings in Poland</i> – Karol Bandurski, Katarzyna Ratajczak, Łukasz Amanowicz	12	12	Systemy HVAC szpitala – studium przypadku. <i>HVAC Systems of the Hospital – a Case Study</i> – Wojciech Porowski	11	5
Fakty i mity dotyczące rur preizolowanych stosowanych w ciepłownictwie – Ewa Kręcielewska, Ireneusz Iwko	12	17	Wybrane informacje o projekcie normy europejskiej dotyczącej wentylacji w szpitalach – Anna Bogdan	11	11
WENTYLACJA • KLIMATYZACJA – VENTILATION • AIR-CONDITIONING			Techniki oczyszczania powietrza na potrzeby instalacji wentylacji i klimatyzacji w obiektach szpitalnych. <i>Air Purification Techniques for Ventilation and Air Conditioning Installations in Hospital Facilities</i> – Amelia Staszowska	11	16

Porównanie laminarnego i mieszającego przepływu powietrza w salach operacyjnych norweskiego szpitala. <i>Comparison of Laminar and Mixing Airflow Pattern in Operating Rooms of a Norwegian Hospital</i> – Guangyu Cao, Anders Mostrom Nilssen, Hans Martin Mathisen, Yixian Zhang, Kai Xue, Liv-Inger Stenstad, Andreas Radtke, Jan Gunnar Skogås	1	20	Smart Readiness Indicator – wskaźnik gotowości budynków do obsługi inteligentnych sieci – Anna Bogdan	7-8	49
Jakość mikrobiologiczna powietrza wewnętrznego miejskiej pływalni. <i>Microbiological Indoor Air Quality of Swimming Pool</i> – Anna Gotkowska-Plachta	12	26	Design of Electrically Welded Joints. <i>Konstrukcja muf elektrycznie zgrzewanych</i> – Józef Kamieniecki, Michał Kamieniecki	9	27
Z PRAKTYKI					
Uwagi do normy EN 489-1:2019 – Ewa Kręcilewska	1	27	Pompy ciepła w istniejących budynkach. Trendy w rozwoju technologicznym pomp ciepła oraz hybrydowe pompy ciepła. Część V. Budynki wielorodzinne i działania na rzecz upowszechniania technologii – Marek Miara	9	29
Audytor SET 7.2a. Dalsze rozszerzenie projektowania ogrzewania podłogowego oraz import plików PDF – Michał Strzeszewski	1	31	POBE postuluje wdrożenie bilansowania 1:1 za energię do końca 2025 r.	9	36
Wpływ parametrów roboczych na czas i jakość elektrycznego procesu zgrzewania złączy rur preizolowanych – Józef Kamieniecki, Michał Kamieniecki	2	34	Modernizacje układów pompowych kotłowni i ciepłowni o mocy 10-50 MWt	10	27
Pompy ciepła w istniejących budynkach – Marek Miara	4	25	Wykorzystanie pomp ciepła w układzie pętli wodnej – Paweł Kędzierski	10	29
Etykiety w programie Audytor SET – Michał Strzeszewski	4	28	#SzczegółySąWażne – centrale wentylacyjne i klimatyzacyjne w obiektach służby zdrowia – Paweł Olijarczyk	11	26
Pompy ciepła w istniejących budynkach. Część II. Jak dobrze działają pompy ciepła w istniejących budynkach? – Marek Miara	5	22	Systemair – pierwszy na świecie producent oferujący certyfikat EUROVENT dla higienicznych central wentylacyjnych Geniox – Aleksandra Stonecka	11	30
Inżynieria zdrowia – inżynieria sanitarna. Dlaczego stabilizacja ciśnienia jest tak ważna? – Bartosz Tywonek	5	26	Równoważenie przepływów oraz stopniowanie ciśnienia powietrza w pomieszczeniach laboratoryjnych – Zbigniew Kowalski	11	32
Odnawialne źródła energii – definicje w świetle prawa – Adolf Mirowski, Jacek Biskupski	5	28	Skuteczne zarządzanie obiektami medycznymi z jednego miejsca. C&C Partners – Bartosz Brzoska	11	34
Pompy ciepła w istniejących budynkach. Część III. Ekologiczna oraz ekonomiczna ocena eksploatacji pompy ciepła w istniejących budynkach – Marek Miara	6	20	Czystość mikrobiologiczna powietrza a elastyczność i efektywność energetyczna w hybrydowej sali operacyjnej – Paweł Borowiecki	11	36
Dokument IEA „Net zero by 2050 Plan działania globalnego sektora energetycznego”	6	34	Energia z odpadów komunalnych ogrzewa Białystok – Zbigniew Gołębiewski	12	36
Konstrukcja muf elektrycznie zgrzewanych – Józef Kamieniecki, Michał Kamieniecki	7-8	36	JUBILEUSZE		
Pompy ciepła w istniejących budynkach. Trendy w rozwoju technologicznym pomp ciepła oraz hybrydowe pompy ciepła. Część IV. Czy warto czekać z instalacją pompy ciepła na dalszy rozwój technologiczny tych urządzeń? – Marek Miara	7-8	38	Gaz, Woda i Technika Sanitarna ma 100 lat. 100 lat w służbie techniki sanitarnej i gazownictwa	10 II	okł.
Wentylacja pożarowa garaży w budynkach handlowych – Włodzimierz Łączki	7-8	41	Z ŻYCIA ZRZESZENIA		
Komisja Europejska wprowadza pakiet Fit for 55.	7-8	47	Nowe Władze Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych na kadencję 2020-2024	1	36
			Konferencja Naukowo-Techniczna online „Klimatyzacja w obiektach szpitalnych” 26.03.2021 r.	1	37
			Konferencja Naukowo-Techniczna online „Klimatyzacja w obiektach szpitalnych” 26.03.2021 r.	2	39
			Konferencja Naukowo-Techniczna online „Klimatyzacja w obiektach szpitalnych” 26.03.2021 r.	3	32
			Konferencja Naukowo-Techniczna „Klimatyzacja obiektów szpitalnych” – Dominika Ćwiklińska	4	31
			Samochody elektryczne a bezpieczeństwo pożarowe garaży – webinarium	5	8

Warsztaty PZITS	7-8	54
Warsztaty PZITS	9	32
Warsztaty PZITS	10	32
Warsztaty PZITS – podsumowanie	11	40
Seminarium COIW – Sieci ciepłne	11	41

RAPORT GŁÓWNEJ KOMISJI LEGISLACYJNEJ PZITS

Raport Głównej Komisji Legislacyjnej za miesiąc 01/2021 r.	3	38
Raport Głównej Komisji Legislacyjnej za miesiąc 02/2021 r.	4	33
Raport Głównej Komisji Legislacyjnej za miesiąc 03 i 04/2021 r.	5	31
Raport Głównej Komisji Legislacyjnej za miesiąc 05/2021 r.	6	31
Raport Głównej Komisji Legislacyjnej za miesiąc 6-7/2021 r.	7-8	55
Raport Głównej Komisji Legislacyjnej za miesiąc 09/2021 r.	9	33
Raport Głównej Komisji Legislacyjnej za miesiąc 10/2021 r.	11	42
Raport Głównej Komisji Legislacyjnej za miesiąc 11/2021 r.	12	38

REHVA

Konkurs organizowany przez REHVA. Healthy Homes Design Competition 2022	7-8	6
Kongres CLIMA 2022	9	22
REHVA – Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations	9	37
Konkurs Healthy Homes Design Competition 2022	9	39

KONFERENCJE SYMPOZJA WYSTAWY

IX Kongres PORT PC. Pompy ciepła na fali renowacji	5	37
Rynek HVAC w Polsce – gaz czy energia elektryczna? Bosch Termotechnika odpowiada na aktualne i przyszłe potrzeby rynku grzewczego w Polsce ..	6	29
PORT PC IX Kongres PORT PC już za nami	7-8	60
XXV Forum Ciepłowników Polskich. XXV Polish District Heating Forum – Międzyzdroje, 12-15 września 2021 roku – <i>Barbara Rubik, fot. Zbigniew Gołębiewski</i>	10	33
Forum termomodernizacja 2021 – <i>Maciej Robakiewicz</i>	10	38

XVIII Konferencja Techniczna. Organizator: Izba Gospodarcza Ciepłownictwo Polskie – <i>Marian Rubik, fot. Zbigniew Gołębiewski</i>	12	31
Pandemia COVID-19 podkreśla rolę badań nad jakością powietrza wewnętrznego – <i>Jerzy Sowa, Maciej Mijakowski</i>	12	33
XVIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Materiały i Technologie Energooszczędne – Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym” – <i>Adam Ujma</i>	12	40

CZY WIESZ, ŻE

Polsko-amerykańskie porozumienie o współpracy przy finansowaniu projektów wspierających transformację klimatyczną	1	38
Przedłużenie aukcji dla OZE do końca 2021 r.	1	38
Wyniki drugiej aukcji na premię kogeneracyjną w grudniu 2020 r.	1	39
Wideokonferencja ministrów UE ds. Energii	1	39
Projekt nowelizacji ustawy – Prawo energetyczne: Nowe przepisy będą chronić konsumentów.	1	40
Minister Kurtyka o transatlantyckich relacjach energetyczno-klimatycznych podczas Atlantic Council Global Energy Forum 2021	2	10
Polsko-amerykańskie rozmowy o energetyce odnawialnej	2	26
Rozpoczęły się konsultacje publiczne projektu „Polskiej Strategii Wodorowej”	2	40
EPEC inwestuje w wysokosprawną kogenerację – proekologiczny program inwestycyjny finansowany ze środków unijnych	3	33
108% wzrostu sprzedaży pomp ciepła typu powietrze/woda w 2020 r. w Polsce.	3	34
Obowiązkowa rejestracja urządzeń grzewczych ...	3	37
Miks energetyczny w polskim ciepłownictwie na koniec 2030: 45% węgiel, 20% gaz, 35% OZE ...	4	36
Wiceminister Guibourgé-Czetwertyński podczas rozmowy z wiceministrem handlu, przemysłu i energii Korei Południowej	4	36
Rozpoczęto nabór na wspieranie inwestycji z OZE	4	37
Rusza transformacja sektora elektroenergetycznego	4	38
Wiceminister Guibourgé-Czetwertyński podczas spotkania na temat rynków gazu i wodoru	5	25
Zielony potencjał Krajowego Planu Odbudowy ...	5	39
Rzeszów sercem „Podkarpackiej Doliny Wodorowej”	6	36
Umowa społeczna dla górnictwa podpisana	6	37
Świeży powiew w programie „Czyste powietrze” ..	6	37

GRUNDFOS MIXIT:

PRZEJDŹ NA INTELIGENTNE ROZWIĄZANIE



ŁATWE
URUCHOMIENIE

50%

SZYBKI
MONTAŻ



LEPSZA PRACA
SYSTEMU

GRUNDFOS iOLUTIONS



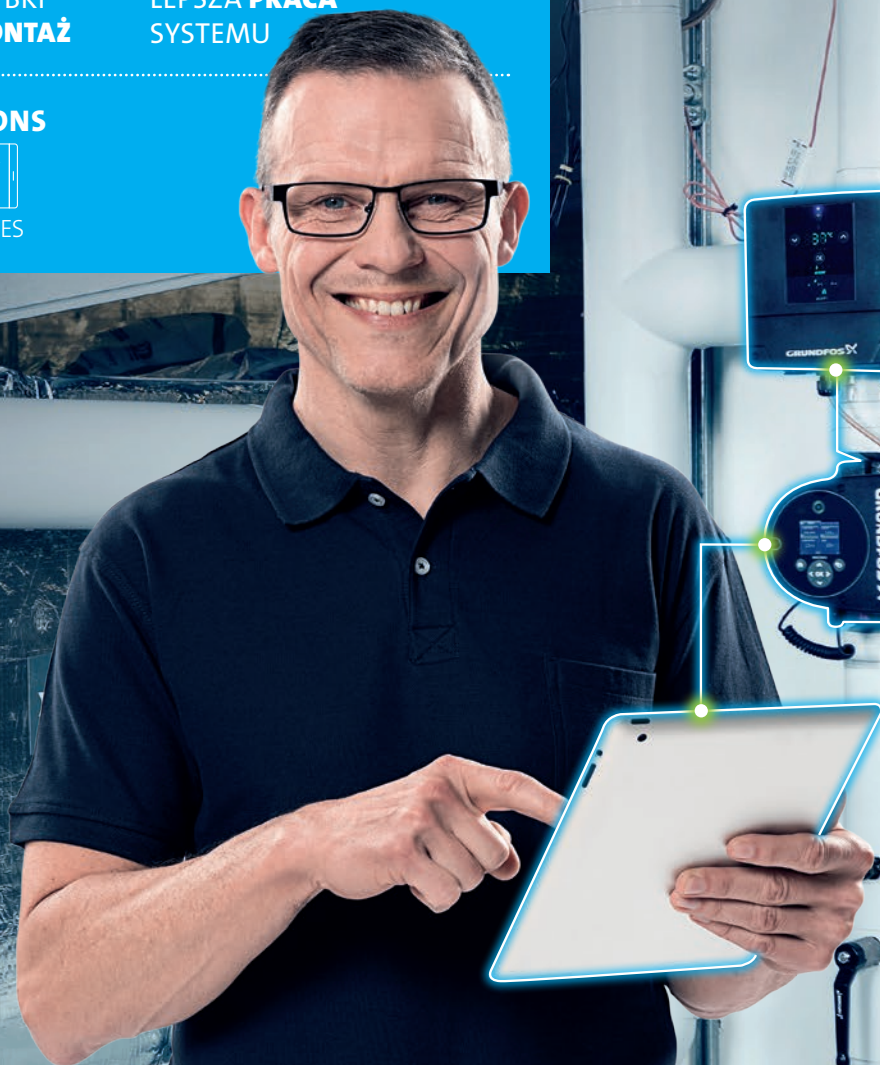
PUMP



CLOUD



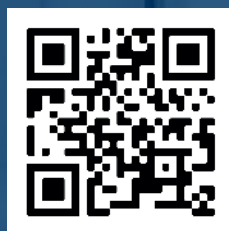
SERVICES



WIĘCEJ KONTROLI, MNIEJ KOMPLIKACJI

Grundfos MIXIT łączy wszystkie elementy w rozwiązanie typu „wszystko w jednym”, ułatwiając projektowanie, elektryczne i hydrauliczne oraz skracając czas montażu i uruchomienia nawet o 50%. Poznaj Grundfos MIXIT i przekonaj się, że układ zmieszania, jaki znamy, został zdefiniowany na nowo. Rozwiązanie Grundfos MIXIT to najszybszy i najprostszy sposób na zaprojektowanie i wykonanie optymalnego układu mieszania. Potrzebujesz tylko dwóch komponentów – Grundfos MIXIT i pompy Grundfos MAGNA3. Oszczędzaj energię, gdy Twoje punkty danych są zwrotne, aby uzyskać niezrównaną optymalizację. Kreatory konfiguracji i uruchomienia w Grundfos GO REMOTE zapewniają łatwą, przyjazną dla użytkownika obsługę.

Przekonaj się sam na www.grundfos.pl

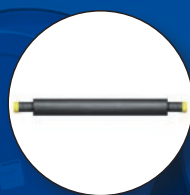


be
think
innovate

GRUNDFOS

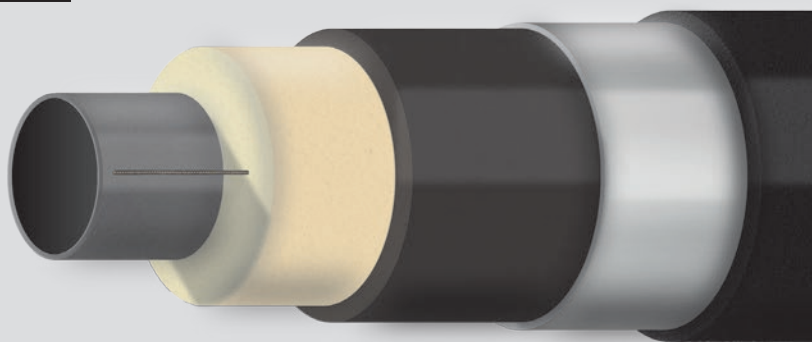
INNOWACYJNE SYSTEMY RUROWE

dla energetyki



System Rur

PREIZOLOWANYCH
Z BARIERĄ DYFUZYJNĄ



UV PROTECT COLOR



rury preizolowane, w płaszczu HDPE

odpornym na promienie UV
w dowolnym kolorze



 **RADPOL**