



# JAK OBNIŻYĆ KOSZTY ENERGII W BUDYNKU?

Partnerzy publikacji



Opracowanie  
Anna Białorucka  
Monika Mucha

Wydawca  
GRUPA MEDIUM  
Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością S.K.  
ul. Karczewska 18, 04-112 Warszawa  
tel. 22 810 21 24, faks 22 810 27 42

© Copyright by GRUPA MEDIUM

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tej pracy nie może być powielana czy rozpowszechniana w jakiegokolwiek formie, w jakikolwiek sposób elektroniczny bądź mechaniczny, włącznie z fotokopiowaniem, nagrywaniem na taśmy lub przy użyciu innych systemów bez pisemnej zgody wydawcy.

Redakcja techniczna

GRUPA MEDIUM

Projekt okładki  
Łukasz Gawroński

Skład i łamanie  
GRUPA MEDIUM

Wydanie I

Warszawa 2023

Publikacja wydana pod patronatem miesięcznika IZOLACJE

 **IZOLACJE**  
budownictwo | przemysł | ekologia

# KOMPLETNE SYSTEMY OCIEPLEŃ

STYROPIANY  
KLEJE  
TYNKI  
FARBY  
MOZAIKI



PHU POLSTYR Zbigniew Świączek  
ul. Krakowska 134  
32-546 Młoszowa  
polstyr@polstyr.com.pl



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

## SPIS TREŚCI

Wstęp. . . . .	6
<b>TERMOMODERNIZACJA SPOSOBEM NA NIŻSZE RACHUNKI</b>	
<b>Maciej Robakiewicz</b>	
Trwałość i niezawodność termomodernizacji budynków. . . . .	8
Jakie są korzyści z termomodernizacji? »PREZENTACJA« . . . . .	14
<b>Izabela Dziedzic-Polańska</b>	
Ekologiczne i ekonomiczne ujęcie termomodernizacji budynków mieszkalnych. . . . .	18
Jak wybrać system ociepleń? »PREZENTACJA« . . . . .	32
<b>Krzysztof Pawłowski</b>	
Właściwości ciepłno-wilgotnościowe materiałów budowlanych . . . . .	34
Ściany i podłogi w energooszczędnym domu – jak wybrać styropian do ociepleń? »PREZENTACJA« . . . . .	40
<b>Ireneusz Stachura</b>	
Jak eliminować mostki cieplne w budynku?. . . . .	44
<b>Marta Wysocka</b>	
Jak prawidłowo montować systemy ociepleń ścian zewnętrznych? »PREZENTACJA« . . . . .	58
<b>EKOLOGICZNY I CIEPŁY DACH</b>	
<b>Paweł Siemieniuk</b>	
Ocieplenie poddasza – tradycyjnie i nowocześnie. . . . .	62
Izolacja z piany poliuretanowej – skuteczne ocieplenie poddasza »PREZENTACJA« . . . . .	66
<b>Piotr Wolański, Katarzyna Wolańska</b>	
Dachy biosolarne – połączenie dachu zielonego i ogniw fotowoltaicznych jako sposób na zwiększenie efektywności instalacji PV. . . . .	68
<b>NISKOEMISYJNE ŹRÓDŁA CIEPŁA</b>	
<b>Joanna Ryńska</b>	
Dotacje na źródła ciepła w 2023 roku . . . . .	74
<b>Karol Miazio</b>	
W jaki sposób prawidłowo wykonać instalację fotowoltaiczną na dachu płaskim? . . . . .	77
<b>Marek Miara</b>	
Pompy ciepła w istniejących budynkach. Ocena ekologiczna i ekonomiczna . . . . .	80
Katalog firm . . . . .	86



## **Trwała i skuteczna izolacja na lata:**

- **NIE OPADA, NIE ZANIKA Z CZASEM**
  - **SZCZELNA, NIEPRZEWIENNA - BEZ MOSTKÓW TERMICZNYCH**
- **WNIKA W KAŻDĄ SZCZELINĘ i ZAGŁĘBIENIE**
- **NIE PYLI, NIE ŚMIERDZI i NIE UCZULA**
- **SZYBKIE WYKONANIE OCIEPLENIA - IZOLACJA PODDASZA 250m<sup>2</sup> ZAJMUJE TYLKO 1 DZIEŃ!**



# **ULTRAPUR**

## **SKUTEKNA IZOLACJA PODDASZA**



**Ultrapur Sp. z o.o., Chwaliszewo 72/7, 61-104 Poznań**

**INFO: 512 385 688 | 668 440 836 ■ [www.ultrapur.pl](http://www.ultrapur.pl)**

# WSTĘP

Na wysokość kosztów energii w budynku ma wpływ dobór i zastosowanie konkretnych rozwiązań i materiałów – w nowoczesnym budownictwie warto stawiać na ekologiczne produkty oraz energooszczędne technologie, a przede wszystkim projektowanie oraz wykonanie przegród budynku wraz z ich izolacjami zgodnie z obowiązującymi wymaganiami cieplno-wilgotnościowymi.

Niska efektywność energetyczna, a co za tym idzie wysokie rachunki, to przede wszystkim problem mieszkańców wielu istniejących obiektów i gospodarstw domowych. Skutecznym sposobem na poprawę tej sytuacji jest szeroko pojęta termomodernizacja – obejmująca szereg działań – począwszy od ocieplenia ścian, dachu i podłogi, przez wymianę stolarki, po wymianę źródła ciepła na niskoemisyjne. Pozwoli to zmniejszyć zużycie energii w budynkach, a dzięki temu obniżyć koszty ich eksploatacji.

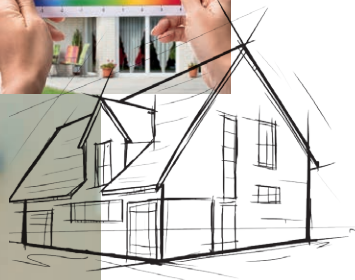
Jakie kryteria powinny spełniać nowoczesne budynki i jak tworzyć energooszczędne domy? Prezentujemy nowy poradnik – w zebranych w nim artykułach pokażemy, jak ważne jest oszczędzanie energii, i podpowiemy, jak te oszczędności uzyskać.

Artykuły merytoryczne pochodzą z miesięcznika „IZOLACJE” oraz dwumiesięcznika „Ekspert Budowlany”.

# Otrzymaj dofinansowanie na ocieplenie domu wełną skalną ROCKWOOL



Dowiedz się więcej na [rockwool.pl](https://rockwool.pl)



Wybierz mądrze

 **ROCKWOOL®**



DR INŻ. MACIEJ ROBAKIEWICZ

# TRWAŁOŚĆ I NIEZAWODNOŚĆ TERMOMODERNIZACJI BUDYNKÓW

Projektowanie termomodernizacji budynków koncentruje się na doborze materiału i grubości ocieplenia, doborze okien oraz nośnika i źródła ciepła do ogrzewania, czyli na głównych elementach decydujących o efektach i kosztach termomodernizacji. Niedoceniane są problemy eksploatacji wykonanych ulepszeń budynku, czyli zapewnienie niezbędnej trwałości i niezawodności elementów termomodernizacji, a to może powodować, że w czasie eksploatacji będą powstawać trudne do usunięcia wady i uszkodzenia.

W czasie eksploatacji budynki podlegają oddziaływaniom zewnętrznym podanym w **TABELI**, które mogą być przyczyną różnego rodzaju uszkodzeń i kosztów związanych z naprawą uszkodzeń. Już w trakcie projektowania trzeba przewidzieć środki zaradcze, które zapobiegną uszkodzeniom. Ma to szczególne znaczenie przy realizacji licznych przedsięwzięć termomodernizacyjnych zarówno w ramach programu „Czyste Powietrze”, jak i innych programów, gdyż zaniedbania i błędy mogą spowodować, że efekty tych programów będą gorsze od oczekiwanych.

Elementy budynku powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby w całym zamierzonym okresie ich użytkowania odpowiadały przyjętym założeniom, nie ulegając uszkodzeniom powodującym zakłócenia użytkowania i dodatkowe koszty. Powinny być odporne na zewnętrzne wpływy i oddziaływania, czyli posiadać cechy trwałości i niezawodności.

Zgodnie z normą PN-EN 1990 [1] zapewnienie trwałości i niezawodności należy do podstawowych wymagań, którym powinny odpowiadać konstrukcje obiektów budowlanych, ale podane w niej zasady powinny być uwzględniane odnośnie wszystkich elementów budynków.

Teoria niezawodności rozwinęła się i jest wykorzystywana głównie w dziedzinie konstruowania i eksploatacji maszyn, ale jej ogólne zasady powinny być wykorzystywane także w odniesieniu do budynków i ich elementów.

Pojęcia trwałości i niezawodności można zdefiniować następująco:

- » Trwałość oznacza, że wykorzystane materiały i elementy zachowują wymagane cechy w przewidywanym okresie użytkowania oraz są odporne na oddziaływania i wpływy, których pojawienia można się spodziewać. Uzyskuje się ją przez dobranie materiałów najlepiej odpowiadających przewidywanym warunkom i okresowi użytkowania.



Rodzaj wpływów i oddziaływań	
<b>Fizyczne</b>	czynniki klimatyczne (wiatr, deszcz, śnieg, zmiany temperatury)
	przenikanie wilgoci z gruntu
	osadzanie się pyłów
	promieniowanie słoneczne
	drżania i wstrząsy
<b>Chemiczne</b>	para wodna i gazy zawarte w atmosferze
	wody gruntowe
<b>Biologiczne</b>	mikroorganizmy, grzyby, pleśń
	rośliny
	ptaki
<b>Użytkowe</b>	uderzenia i ścieranie

TABELA. Wpływy i oddziaływania na budynki i ich elementy

» Niezawodność to zdolność obiektu i jego elementów do spełnienia określonych funkcji w czasie, w którym potrzebuje tego użytkownik i w przyjętych warunkach użytkowania. Uzyskuje się ją przez zastosowanie środków chroniących przed powstawaniem uszkodzeń oraz przez utworzenie dobrych warunków dla obsługi, kontroli, napraw i wymiany.

Wymagania trwałości i niezawodności odnoszą się do termomodernizacji budynków, która dotyczy najczęściej:

- » ocieplenia przegród zewnętrznych,
- » wymiany okien,
- » modernizacji lub wymiany źródła ciepła i instalacji grzewczej.

Zapewnienie trwałości i niezawodności w każdym z tych działań osiąga się w różny sposób.

## OCIEPLENIE PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH

Wybrany do zastosowania materiał izolacji cieplnej (styropian, wełna mineralna itp.) powinien nie tylko posiadać wymagane cechy izolacyjne i mechaniczne w chwili wykonania ocieplenia budynku, ale te cechy zachować przez cały przewidywany okres użytkowania (np. 30 lat), czyli proces jego starzenia i zmiany wynikające z warunków użytkowania w tym czasie nie powinny obniżyć jego cech poniżej wymaganego poziomu.

Projektowanie ocieplenia przegród budowlanych ogranicza się często do wyznaczenia wartości współczynnika  $U$ , bez badania możliwości kondensacji pary wodnej w przegrodzie oraz określenia wilgotności powietrza, wynikających z technologii użytkowania.

Konsekwencją tego w czasie eksploatacji może być wytworzenie się mostków termicznych, a także rozwoju grzybów lub pleśni, w wyniku wtórnego zawilgocenia przegrody.

Dla uzyskania dobrego ocieplenia nie wystarcza zastosowanie dobrych materiałów, ale konieczne jest przestrzeganie zasad wykonania, np. zastosowanie niewysezonowanego styropianu, który po zamontowaniu na elewacji nadal zmienia swoje wymiary może doprowadzić do powsta-

wania pęknięć na otynkowanej elewacji. Podobne szkody mogą wystąpić, jeżeli wykonanie ocieplenia będzie realizowane w niewłaściwych warunkach atmosferycznych. Ważne są prawidłowe rozwiązania detali, w tym między innymi połączeń, obróbek blacharskich, profili wokół okien, uszczelnień dylatacji itp.

Zwykle występują w elewacji budynku miejsca narażone na uszkodzenia mechaniczne np. strefa parteru bezpośrednio przy chodniku, przejścia, bramy, a także strefa przy wejściu do budynku, przy śmietnikach itp. W tych miejscach niezbędne są elementy ochrony naroży lub nawet zastosowanie zupełnie innego rodzaju ocieplenia z zewnętrzną warstwą odporną na uderzenia np. z blachy.

Zasady prawidłowego wykonania ocieplenia ścian zewnętrznych podaje instrukcja Instytutu Techniki Budowlanej [2] oraz Warunki Techniczne określone przez Stowarzyszenie na Rzecz Systemów Ociepleń (SSO) [3].

Ocieplenia nie są odporne na wodę gromadzącą się w materiale ociepleniowym pod zewnętrzną warstwą elewacji. Wilgoć może wnikać w warstwy ocieplenia na wiele sposobów, np. przez spękania powierzchni tynku lub przez miejsca, w których nastąpiło uszkodzenie mechaniczne. Zawilgocenie obniża własności izolacyjności termicznej i sprzyja rozwojowi korozji biologicznej, dlatego tak ważne jest zastosowanie właściwego tynku cienkowarstwowego. Ta warstwa narażona jest na wpływy atmosferyczne (deszcz, wiatr, zmiany temperatur), promieniowanie słoneczne a także oddziaływanie chemiczne gazów zawartych w powietrzu (smogu). Musi być odporna na działanie tych wpływów przez wiele lat, gdyż jej uszkodzenia stają się powodem ubytków całej warstwy ocieplenia i tym samym obniżenia jego właściwości izolacyjności cieplnej.

W przypadku występowania w danym usytuowaniu budynku szczególnie wysokiego zanieczyszczenia środowiska (smog) lub warunków szczególnie sprzyjających uszkodzeniom (np. teren bardzo silnych wiatrów) powinien być zastosowany tynk cienkowarstwowy o cechach szczególnej odporności i trwałości.

Zastosowanie ciemnych kolorów cienkowarstwowych tynków na dużych powierzchniach nasłonecznionych powoduje w konsekwencji pojawienie się dodatkowych naprężeń w warstwie tynku, a więc również zwiększa ryzyko uszkodzenia elewacji. Powinny być stosowane kolory jasne, pastelowe.

Wyprawa tynkarska jest bezpośrednio narażona na działanie czynników zewnętrznych, co może powodować powstawanie w niej mikrorys i mikropęknięć, a w wyniku postępującej degradacji odspojenie od warstwy zbrojonej siatką z włókna szklanego.

Aby tego uniknąć, warstwa ta powinna być okresowo kontrolowana i naprawiana przez pomalowanie jej odpowiednią farbą elewacyjną lub przez nałożenie nowej warstwy wyprawy tynkarskiej. Pojawiające się uszkodzenia ocieplenia powinny być jak najszybciej naprawiane w celu zabezpieczenia systemu przed penetracją wody do jego wnętrza, co może doprowadzić do odspajania się poszczególnych warstw ocieplenia.

Szczegółowe zasady dotyczące prawidłowego utrzymania ocieplenia podaje Instrukcja wydana przez Stowarzyszenie na rzecz Systemów Ociepleń [4]. Instrukcja kładzie nacisk przede wszystkim na przeprowadzanie okresowych przeglądów elewacji. Określa, na co należy przy tym zwrócić uwagę, jak rozpoznawać ewentualne nieprawidłowości i oceniać przyczyny ich powstania, a także jak naprawiać usterki lub uszkodzenia.

Zaniechanie stałych kontroli i szybkich interwencji, pozwalających zahamować proces degradacji ocieplenia w początkowej fazie, może mieć bardzo poważne konsekwencje i kosztowne skutki.

## OKNA

Nowe okna wprowadzane w ramach termomodernizacji budynku powinny umożliwiać ich użytkowanie przez okres co najmniej 30–40 lat. Powinny posiadać wymagane cechy izolacyjności cieplnej podane w Warunkach Technicznych [5] i zagwarantowany przez producenta okres bezusterkowego użytkowania. Ale dopiero bardzo staranny montaż, prawidłowe usytuowanie okna w nawiązaniu do warstwy ocieplenia ściany, a także wykonanie izolacji pomiędzy ramą okienną a ścianą oraz pod parapetem eliminują powstanie mostków cieplnych oraz uszkodzeń w formie rys i pęknięć.

Trwałość i niezawodność okien zależy także od prawidłowej ich konserwacji.

Wbrew powszechnej opinii okresowej konserwacji wymagają także okna plastikowe, obecnie najczęściej stosowane. W tych oknach:

- » co najmniej raz w roku trzeba myć okucia środkami, które nie uszkodzą powłoki antykorozyjnej, a po umyciu naoliwić ruchome części okuć,
- » co najmniej dwa razy w roku trzeba myć uszczelki wodą z dodatkiem łagodnego detergentu i smarować odpowiednim preparatem pielęgnacyjnym zabezpieczającym przed czynnikami atmosferycznymi,
- » drobne zarysowania profilu plastikowego – mikrorysy – można pokryć specjalnym mleczkiem pielęgnacyjnym.

Okna drewniane wymagają regularnej pielęgnacji. Powstające w nich mikrouszkodzenia powodują wnikanie wody i niszczenie struktury drewna. Dlatego dwa razy w roku (przed latem i przed zimą) powinno się czyścić ramy drewniane przy użyciu specjalnego zestawu pielęgnacyjnego, a powstające rysy przeszlifować i zaszpachlować. Okna pomalowane farbami kryjącymi powinno się odnawiać co 4–5 lat, a lakierowane co 2–3 lata.

Przynajmniej raz w roku powinno się posmarować uszczelki gliceryną lub smarem silikonowym, aby zapewnić im elastyczność i odporność na starzenie, oraz wyczyścić okucia.

## ŹRÓDŁA CIEPŁA I INSTALACJA GRZEWCZA

Elementy systemu ogrzewania narażone są na zużycie fizyczne, czyli zmiany w materiałach (starzenie), oddziaływanie środowiska (korozja, zmiany temperatury) a także uszkodzenia mechaniczne (uderzenia). W związku z tym w okresie użytkowania potrzebne są zabiegi konserwacyjne, naprawy i wymiana uszkodzonych elementów. Instalacja powinna więc być dobrze przygotowana do tych zabiegów, czyli mieć cechy „remontowalności”, w tym zwłaszcza umożliwienie łatwego dostępu do kontroli, konserwacji i napraw.

Ale źródła ciepła i instalacje podlegają także zużyciu ekonomicznemu (moralnemu), które jest wywołane przez stały postęp techniczny i cywilizacyjny, co może spowodować, że po pewnym czasie system ogrzewania nie będzie odpowiadał aktualnemu stanowi techniki, czyli nie będzie wykorzystywał nowych możliwości (niższe zużycie energii, łatwiejsza obsługa, niższe

koszty eksploatacyjne). Szczególnie można się spodziewać, że coraz szersze zastosowania w systemie ogrzewania będzie miała automatyka. Zużycie ekonomiczne może być przyczyną konieczności wymiany elementów systemu lub zastąpienie całego systemu innym bardziej nowoczesnym.

Podstawowym wymaganiem niezawodności systemu ogrzewania jest więc jego „remontowalność”, czyli przystosowanie do wygodnego przeprowadzania kontroli i napraw, a także modernizacji i zmian bez konieczności wyburzeń i uszkodzenia innych elementów budynku.

Drugim wymaganiem niezawodności jest stałe, systematyczne wykonywanie przeglądów i zabiegów konserwacyjnych. Przeglądy instalacji ogrzewania powinny się odbywać w terminach i zakresie podanych w art. 62 Prawa Budowlanego [6], w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych użytkowania budynków mieszkalnych [7] oraz w art. 24 Ustawy o charakterystyce energetycznej budynków [8].

## PODSUMOWANIE

Pełny efekt termomodernizacji budynku zostaje osiągnięty wtedy, gdy wykonane ulepszenia są wykorzystane przez wiele lat. Aby to osiągnąć, konieczne jest zapewnienie trwałości i niezawodności wszystkich wykonanych ulepszeń, a to osiąga się przez:

- » dobór materiałów odpowiednich do warunków użytkowania budynku,
- » zapewnienie dobrych warunków dla przeglądów, konserwacji, remontów i wymian bez uszkodzeń innych elementów budynku,
- » systematyczne dokonywanie przeglądów i konserwacji poszczególnych elementów budynku,
- » niezwłoczne wykonywanie napraw lub wymiany elementów uszkodzonych.

## LITERATURA

1. PN-EN 1990:2004/NA: 2010, „Eurokod – podstawy projektowania konstrukcji”.
2. Instrukcja ITB nr 447/2009 „Złożone systemy izolacji cieplnej ścian zewnętrznych budynków ETICS. Zasady projektowania i wykonawstwa”.
3. „Warunki techniczne wykonawstwa, oceny i odbioru robót elewacyjnych z zastosowaniem ETICS”, Stowarzyszenie na Rzecz Systemów Ociepleń (SSO), wyd. 03/2015.
4. „Instrukcja eksploatacji złożonych systemów izolacji cieplnej ścian zewnętrznych ETICS”, Stowarzyszenie na Rzecz Systemów Ociepleń (SSO), wyd. 03/2016.
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU z 2015 r. poz. 1422 t.j.).
6. Ustawa Prawo Budowlane (DzU z 2019 r. poz. 1186 t.j.).
7. Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych użytkowania budynków mieszkalnych (DzU z 1999 r. poz. 836, z późn. zm.).
8. Ustawa o charakterystyce energetycznej budynków (DzU z 2016 r., poz. 1200).

**MACIEJ ROBAKIEWICZ** ukończył Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Gdańskiej, stopień doktora uzyskał na Politechnice Warszawskiej. Pracuje w Fundacji Poszanowania Energii. Od wielu lat zajmuje się szkoleniem audytorów i certyfikatorów energetycznych. Jest autorem poradników i licznych publikacji dotyczących efektywności energetycznej.



## PROGRAM TERMO

**Pakiet rozwiązań na poprawę efektywności energetycznej, zastosowanie OZE, termomodernizację i remonty**

### INSTRUMENTY WSPARCIA FINANSOWEGO



#### **Premia termomodernizacyjna z opcją grantu termomodernizacyjnego**

częściowa spłata kredytu zaciągniętego na realizację przedsięwzięcia termomodernizacyjnego



#### **Premia remontowa**

częściowa spłata kredytu zaciągniętego przez inwestora na sfinansowanie remontu



#### **Premia MZG z opcją grantu MZG**

dla gminy lub spółki gminnej realizującej przedsięwzięcie w mieszkaniowym zasobie gminnym



#### **Grant OZE**

na zakup, montaż, budowę lub modernizację instalacji odnawialnego źródła energii w budynku wielorodzinnym



#### **Premia kompensacyjna**

rekompensata dla właściciela budynku mieszkalnego, w którym były lokale kwaterunkowe

Program „TERMO” działa na mocy ustawy z 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów oraz o centralnej ewidencji emisyjności budynków.

Źródłem finansowania premii są środki pochodzące z budżetu państwa, których dysponentem jest Minister Rozwoju i Technologii. Granty są finansowane z budżetu środków europejskich lub ze środków Polskiego Funduszu Rozwoju.



#### **WIĘCEJ INFORMACJI:**

e-mail: [termo@bgk.pl](mailto:termo@bgk.pl)  
 Infolinia BGK: 801 598 888,  
 22 475 88 88  
[www.bgk.pl/programy-i-fundusze/  
 programy/program-termo/](http://www.bgk.pl/programy-i-fundusze/programy/program-termo/)



Opracowanie ma charakter informacyjny i nie stanowi oferty w rozumieniu ustawy z dnia 23 kwietnia 1964 r. - Kodeks cywilny

## JAKIE SĄ KORZYŚCI Z TERMOMODERNIZACJI?

Termomodernizacja domu pomaga znacząco ograniczyć straty ciepła, a w konsekwencji poprawić jego efektywność energetyczną oraz komfort termiczny w budynku. Dzięki przeprowadzonym pracom udaje się zmniejszyć zużycie energii i koszty eksploatacji, jak również zredukować emisję gazów cieplarnianych. Efektem termomodernizacji są więc niższe rachunki za ogrzewanie i prąd, lepsze warunki dla mieszkańców, a także korzyści dla środowiska.

Oto, jak kształtują się przeciętne **straty ciepła w domu** jednorodzinny:

- » 30–40% ucieka przez wentylację,
- » 25–35% – przez ściany,
- » 10–15% – okna i drzwi,
- » 8–10% – przez dach,
- » 5–10% – przez podłogę na gruncie.

### KIEDY WARTO PRZEPROWADZIĆ **TERMOMODERNIZACJĘ** DOMU?

Pierwszym sygnałem do przeprowadzenia termomodernizacji budynku jest zauważalny problem z uzyskaniem właściwej temperatury wewnątrz zimą oraz zbyt szybkie nagrzewanie się pomieszczeń latem. Podczas chłodnych pór roku uzyskanie komfortowej temperatury w obiekcie może być trudne, energochłonne i kosztowne. Z kolei podczas upałów temperatura wewnątrz wzrasta zdecydowanie za szybko.

Jeśli obserwujesz te zjawiska we własnym domu, warto rozważyć przeprowadzenie audytu energetycznego budynku. Dzięki niemu poznasz słabe punkty Twojego domu pod względem strat energii. Dowiesz się również, jakie oszczędności finansowe możesz uzyskać, korzystając z bezpłatnego narzędzia – **kalkulatora emisji i kosztów ogrzewania**. Po wprowadzeniu zaledwie kilku podstawowych danych uzyskasz informację o przyszłych kosztach eksploatacyjnych oraz konkretne dane o redukcji emisji, a także zalecenia zmian – np. ocieplenie ścian zewnętrznych czy dachu lub wymianę źródła ciepła.

### **TERMOMODERNIZACJA** – INWESTYCJA NA LATA

Oczywiście zmniejszenie zapotrzebowania budynku na energię przyniesie wymierne korzyści w przyszłości, jednak jako inwestorzy chcemy już wcześniej oszacować koszty termomoderniza-

cji, jakie będziemy musieli ponieść, a także wiedzieć, jak szybko inwestycja się zwróci. Zarówno poziom wydatków, jak i termin zwrotu poniesionych nakładów zależą od zakresu koniecznych do przeprowadzenia prac, a także od rodzaju zastosowanych materiałów. Oczywiście nie warto kierować się tylko ceną wybranych rozwiązań. Na przykład przy ocieplaniu ścian, oprócz styropianu mamy również inne możliwości. Dobry **kalkulator ceny wełny skalnej** lub mineralnej to sposób na sprawdzenie alternatywnych rozwiązań, które będą najlepsze dla Twojego domu. Zasada ta dotyczy oczywiście również pozostałych materiałów budowlanych, a także źródeł ciepła i systemów zastosowanych podczas termomodernizacji.

## **TWÓJ CIEPŁY DOM Z ROCKWOOL**

Ocieplenie ścian zewnętrznych wełną skalną ROCKWOOL przyniesie konkretne korzyści – optymalne warunki dla Twoich bliskich, niskie koszty ogrzewania i oszczędności w portfelu. Zalety modernizacji ścian zewnętrznych budynku to nie tylko poprawa ich wyglądu, ale i komfort odczuwalny na co dzień. Zimą ogrzane mury zatrzymają ciepło, a latem w domu będzie panował przyjemny chłód. Izolacja przegród wełną skalną to również skuteczna broń przeciwko smogowi i gwarancja czystszej powietrza w najbliższym otoczeniu – dzięki ociepleniu ścian zewnętrznych Twój dom będzie miał mniejsze zapotrzebowanie na energię, a więc wyemituje mniej zanieczyszczeń.

Ocieplenie z wełny skalnej zapewnia też korzystny mikroklimat w pomieszczeniach. „Oddychające” ściany i świeże powietrze wewnątrz to podstawa zdrowia Twojego i Twoich bliskich – stabilna temperatura pozytywnie wpływa na ich kondycję, pomaga w budowaniu odporności, chroni przed infekcjami. Wełna skalna to materiał bezpieczny, pochodzący w pełni z naturalnych surowców, niepalny i bardzo wytrzymały. Dzięki wysokiej odporności na działanie zmiennych warunków atmosferycznych i paroprzepuszczalności materiału masz pewność, że Twoja izolacja jest niezawodna – wełnę skalną ROCKWOOL montujesz tylko raz i na zawsze możesz zapomnieć o remontach, grzybach czy pleśni. Wełna skalna zapewnia także doskonałą izolację akustyczną – wewnątrz czujemy się komfortowo, a hałas z ulicy czy pobliskiego placu zabaw przestaje być uciążliwie.

## **JAK OCIEPILIĆ BUDYNEK? POZNAJ SYSTEM ETICS – ZŁOŻONY SYSTEM IZOLACJI ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH**

Ocieplenie ścian zewnętrznych powinno być pierwszym i najważniejszym punktem całego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego – obejmuje największą powierzchnię budynku i jest konieczne, by dom był ciepły i komfortowy. W pracach ociepleniowych najczęściej stosuje się technologię ETICS – proces składa się z 4 etapów:

- » przygotowania ścian do ocieplenia,
- » mocowania i szlifowania płyt FRONTROCK SUPER
- » wykonywania warstwy zbrojonej, czyli mocnego podłoża pod tynk,
- » tynkowania i malowania.

By ocieplenie było efektywne, warto przestrzegać kilku zasad:

- » prace należy prowadzić w temperaturze nie niższej niż +5°C i nie wyższej niż +25°C,
- » ściany domu muszą być suche i pozbawione wszelkich nalotów organicznych,

- » chłonne podłoża wymagają gruntownia preparatem, który tę chłonność ograniczy,
- » gdy podłożem jest stary tynk, który nie trzyma się ścian, należy go skuć.

## KOMFORT I DBAŁOŚĆ O ŚRODOWISKO

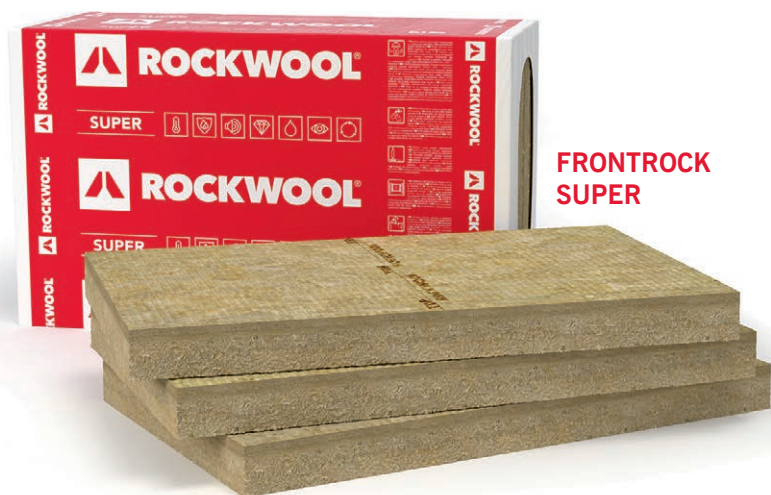
16

Modernizacja domu to szczególna okazja, by podkreślić: to właśnie Ty masz bezpośredni wpływ na ograniczenie smogu – ocieplenie ścian zewnętrznych pozwala zmniejszyć emisję zanieczyszczeń i uzyskać komfort na lata. Teraz możesz wykonać ocieplenie ścian zewnętrznych, korzystając z dofinansowania w ramach rządowego programu „Czyste Powietrze”. Dzięki odpowiedniej kolejności prac remontowych: najpierw ocieplenie, a potem wymiana systemu grzewczego, nie tylko przyczynisz się do redukcji szkodliwych emisji, ale zapewnisz sobie niskie rachunki za ogrzewanie, a swoim bliskim komfort i bezpieczeństwo.

## PRODUKTY Z WEŁNY SKALNEJ DO OCIEPLENIA ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH:

### Rozwiązania z kategorii SUPER

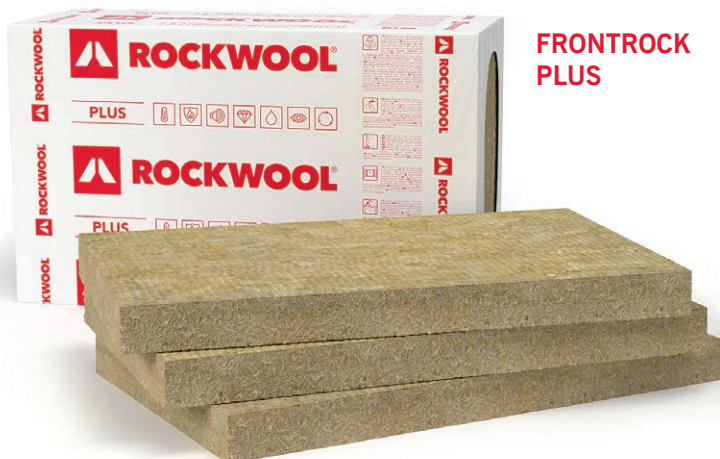
Idealne do zastosowań wymagających wysokiej jakości i odporności mechanicznej na uszkodzenia, zwłaszcza w kontekście bezpiecznej eksploatacji oraz zabezpieczenia fasady, zarówno podczas użytkowania, jak i w trakcie samego montażu, wykonane w unikatowej technologii dwugęstościowej. Wśród nich warto wymienić **FRONTROCK SUPER** i **VENTIROCK SUPER**.



### Produkty z kategorii PLUS

Wyroby o najlepszych parametrach izolacyjności termicznej, o najszerszym zakresie grubości, dopasowanym do wszelkich potrzeb i rozwiązań, z wieloma dodatkowymi zaletami, mającymi istotny wpływ na wartość oraz standard inwestycji. W przypadku systemów fasad wentylowanych produkty wyróżnia unikatowa dwugęstościowa technologia, a także znakomite parametry termiczne i akustyczne oraz odporność na wilgoć i wodę. Godne uwagi rozwiązania z tej kategorii to **FRONTROCK PLUS** i **VENTIROCK PLUS**.





FRONTROCK PLUS

17



FRONTROCK L

### Wyroby z kategorii STANDARD

Produkty z wełny skalnej o specjalistycznym przeznaczeniu i bardzo dobrych właściwościach izolacyjności termicznej, akustycznej i ogniowej. Wyróżnić wśród nich można produkty o strukturze lamelowej lub fabrycznie pokryte warstwą gruntującą. Dzięki lekkości oraz odporności na ogień i wodę płyty te sprawdzą się w każdych warunkach i zastosowaniu. Najbardziej popularne z nich to **FRONTROCK L** i **VENTIROCK**. ■

### KONTAKT



ROCKWOOL Polska  
ul. Kwiatowa 14, 66-131 Cigacice  
tel. 68 385 02 50  
fax 68 385 02 34  
[www.rockwool.pl](http://www.rockwool.pl)

Pamiętaj! Skuteczna izolacja ścian zewnętrznych to pierwszy krok w stronę energooszczędności budynku. Nawet jeśli Twój dom liczy sobie już kilkadziesiąt lat, wciąż może być ekologiczny, komfortowy i niedrogi w eksploatacji dzięki termomodernizacji przeprowadzonej zgodnie z wymaganiami nowoczesnego budownictwa.

INŻ. IZABELA DZIEDZIC-POLAŃSKA

18

# EKOLOGICZNE I EKONOMICZNE UJĘCIE TERMOMODERNIZACJI BUDYNKÓW MIESZKALNYCH

Termomodernizacja budynku jest ważna ze względu na jej korzyści dla środowiska i ekonomii. Właściwie wykonana termomodernizacja może znacznie zmniejszyć zapotrzebowanie budynku na energię i zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych związanych z ogrzewaniem i chłodzeniem. Ponadto, zmniejszenie kosztów ogrzewania i chłodzenia może przyczynić się do zmniejszenia kosztów eksploatacyjnych budynku, co może przełożyć się na zwiększenie jego wartości.

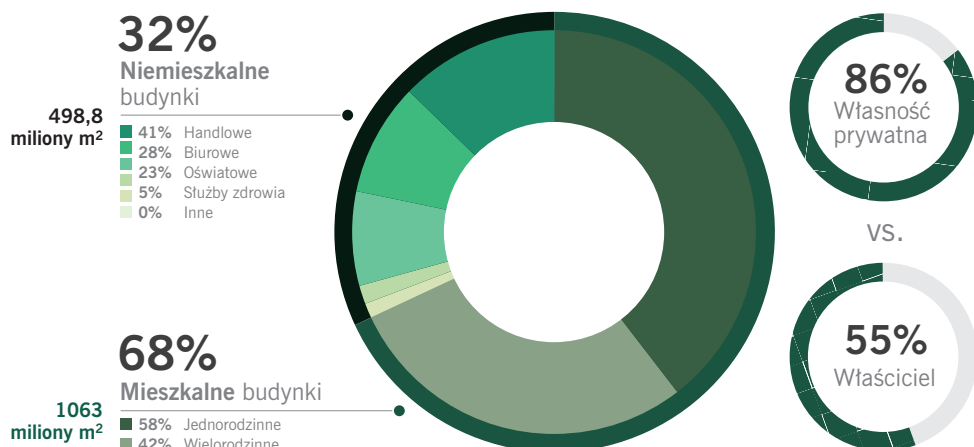
Termomodernizacja budynku to proces modernizacji lub remontu budynku, który ma na celu zwiększenie jego efektywności energetycznej i zmniejszenie kosztów związanych z ogrzewaniem i chłodzeniem. Termomodernizacja może obejmować szereg działań, takich jak:

- » izolacja termiczna: polega na dodaniu warstwy materiału izolacyjnego na zewnętrznej lub wewnętrznej powierzchni ścian, dachu i podłogi budynku. Izolacja termiczna zmniejsza straty ciepła z budynku, co przekłada się na niższe rachunki za energię cieplną,
- » wymiana okien: nowe okna o lepszych właściwościach izolacyjnych pomagają w utrzymaniu ciepła w budynku i zmniejszeniu strat energii,
- » wymiana źródła ciepła: zastąpienie starego i nieefektywnego systemu ogrzewania nowym, bardziej energooszczędnym systemem, takim jak pompa ciepła, kocioł kondensacyjny czy system solarny,
- » wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła: taki system wentylacji zapewnia świeże powietrze w pomieszczeniach, jednocześnie odzyskując ciepło z odprowadzanego powietrza.

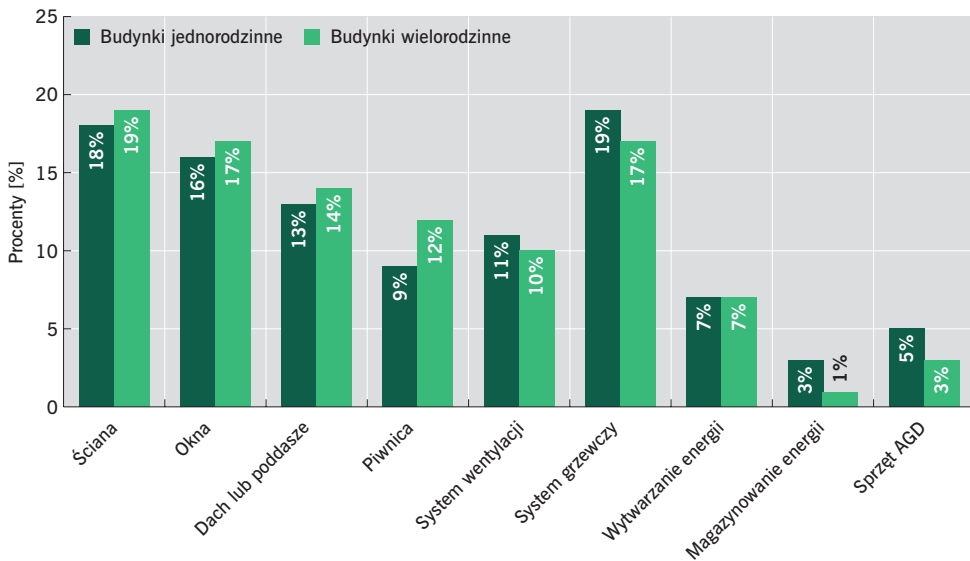
## WYMAGANIA UNIJNE W ZAKRESIE NEUTRALNOŚCI KLIMATYCZNEJ

Optymalizacja zużycia energii ze szczególnym uwzględnieniem ograniczenia zużycia energii pierwotnej, a przy tym również emisji zanieczyszczeń do środowiska, jest jednym z najważniejszych działań Komisji Europejskiej w ramach celów i strategii w dziedzinie klimatu. Promocja i rozwój budownictwa energooszczędnego wpisują się w realizację przyjętych zobowiązań zarówno na poziomie Unii Europejskiej, jak też na poziomie krajowym, określonych m.in. w:

- » unijnym pakiecie klimatyczno-energetycznym do 2020 r.,
- » ramach polityki w zakresie klimatu i energii do 2030 r.,



RYS. 1. Podział zasobów budowlanych, EU Building Stock Observatory; rys.: [2]



RYS. 2. Usprawnienia wdrożone w ramach głębokiej modernizacji w budynkach jednorodzinnych i wielorodzinnych w Polsce; rys.: [2]

- » dyrektywie 2018/844/UE z dnia 30 maja 2018 r. zmieniającej dyrektywę 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków i dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej,
- » długoterminowej strategii do 2050 r.,
- » Strategii na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju,
- » planie na rzecz energii i klimatu,
- » komunikacie Komisji pn. Europejski Zielony Ład.

Działania w sektorze budownictwa będą kluczowe w kontekście dążeń Unii Europejskiej do osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 r. [1].

## ZASOBY BUDOWLANE W POLSCE

68% całkowitej powierzchni budynków (1063 mln m<sup>2</sup>) w Polsce należy do sektora mieszkalnego. Pozostałe 32%, czyli 499 mln m<sup>2</sup>, znajduje się w zasobach niemieszkalnych. Biorąc pod uwagę powierzchnię budynków mieszkalnych, budynki jednorodzinne stanowią 58% wszystkich zasobów mieszkaniowych w kraju.

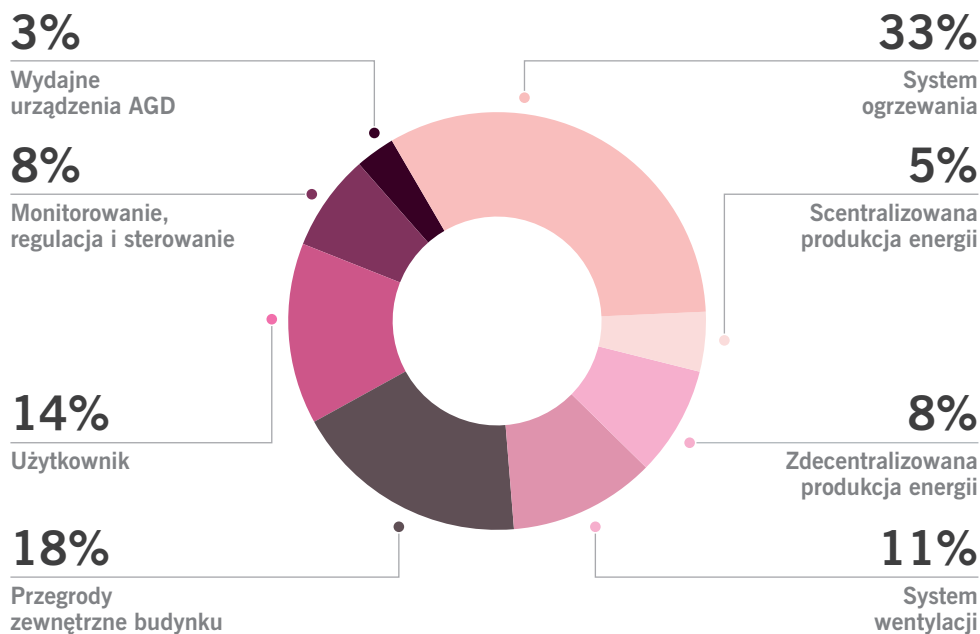
W kompleksowych projektach modernizacyjnych, wielkość budynku nie ma dużego wpływu na wybór działań modernizacyjnych. Zarówno w budynkach jedno-, jak i wielorodzinnych najczęściej podejmowane są prace związane z:

- » poprawą działania systemów grzewczych (odpowiednio 19% i 17%),
- » termoizolacją ścian (18% i 19%),
- » wymianą okien (16% i 17%),
- » magazynowaniem energii (3% i 1%),
- » wymianą urządzeń gospodarstwa domowego (5% i 3%).

## EMISYJNOŚĆ BUDYNKÓW A TERMOMODERNIZACJA

Budynki są złożonymi systemami składającymi się z szerokiej gamy elementów i komponentów. Emisyjność budynku w dużym stopniu zależy od jego charakterystyki energetycznej, zastosowanych systemów i komponentów. W Polsce, tak jak w innych krajach, modernizacja budynków ma kluczowe znaczenie dla realizacji celów w zakresie ochrony klimatu. Istnieje wiele technologii, które mogą przyczynić się do poprawy efektywności energetycznej budynków i zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych. Niektóre z najważniejszych technologii to:

1. Izolacja termiczna pozwalająca na zmniejszenie strat energii i zmniejszenie zapotrzebowania na energię do ogrzewania.
2. Wymiana okien – nowoczesne okna o lepszych właściwościach izolacyjnych, takie jak okna z termoizolacyjnymi szybami, mogą pomóc w utrzymaniu ciepła w pomieszczeniach, co przekłada się na mniejsze zapotrzebowanie na energię do ogrzewania.
3. Odnawialne źródła energii – instalacja paneli fotowoltaicznych lub systemów solarnych, pompy ciepła lub systemów geotermalnych może dostarczać energię elektryczną lub ciepło do budynku.
4. Wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła – taka wentylacja zapewnia świeże powietrze w pomieszczeniach i jednocześnie odzyskuje ciepło z odprowadzanego powietrza, co pomaga w ogrzewaniu pomieszczeń.
5. Inteligentne systemy zarządzania energią – systemy zarządzania energią pozwalają na monitorowanie zużycia energii i jej optymalne wykorzystanie, co pozwala na oszczędność energii i zmniejszenie kosztów.
6. Ciepłownie lokalne – takie rozwiązania polegają na budowie małych źródeł ciepła (np. kotłów gazowych lub biomasy) na potrzeby kilku budynków. Dzięki temu zmniejsza się koszty dostarczenia energii, a także redukuje się emisję gazów cieplarnianych.



**RYS. 3. Technologie dla modernizowanych budynków, uznane za mające największy potencjał, aby przyczynić się w Polsce do osiągnięcia ambitnych celów w zakresie ochrony klimatu; rys.: [2]**

Budynki, w których mieszkamy, oraz zużywana przez nie energia odgrywają zasadniczą rolę w procesie dekarbonizacji. Począwszy od wykorzystania odnawialnych źródeł energii, takich jak energia słoneczna, po najnowsze technologie, w tym pompy ciepła i inteligentne liczniki, domy w nadchodzących dziesięcioleciach będą musiały osiągnąć zerowy bilans emisji. Jest to ważne zarówno ze względów środowiskowych, aby utrzymać globalne ocieplenie na poziomie poniżej dwóch stopni, jak i ze względów społecznych, biorąc pod uwagę niestabilność cen ropy i gazu.

Po inwazji Rosji na Ukrainę Komisja Europejska (KE) uruchomiła inicjatywę „REPowerEU”. Wśród wielu apeli o zmniejszenie uzależnienia Europy od rosyjskich paliw kopalnych, inicjatywa ta wzywa gospodarstwa domowe do zwiększenia liczby paneli słonecznych montowanych na dachach, pomp ciepła i oszczędności energii.

Według Komisji Europejskiej budynki pozostają największymi konsumentami energii w Europie – zużywają 40% całkowitej energii i emitują 36% gazów cieplarnianych, a większość z nich nadal jest zasilana paliwami kopalnymi.

Ogrzewanie, chłodzenie i ciepła woda użytkowa łącznie odpowiadają za 80% energii zużywanej przez gospodarstwa domowe. Dlatego też jednym z celów Europejskiego Zielonego Ładu jest to, by do 2050 r. wszystkie istniejące w Europie budynki, które obecnie nie są energooszczędne, stały się neutralne dla klimatu.

W grudniu ubiegłego roku Komisja Europejska ogłosiła, że chce przesunąć tę datę docelową, żądając, aby wszystkie nowe budynki były zeroemisyjne do 2030 r., oferując przy tym różne zachęty i wymagając nowych standardów charakterystyki energetycznej. Jednocześnie kraje będą

finansowo zniechęcane do stosowania kotłów gazowych w budynkach i będą miały możliwość wprowadzenia całkowitego zakazu stosowania paliw kopalnych [3].

Polskie Ministerstwo Klimatu i Środowiska wraz z Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej przejęło od 1 stycznia 2021 r. z Ministerstwa Rozwoju, Pracy i Technologii prowadzenie działań w zakresie rządowego programu „Stop Smog”. Wnioskodawcy w programie „Stop Smog” (gmina, związek międzygminny, powiat, związek metropolitalny w województwie śląskim) mogą uzyskać do 70% dofinansowania kosztów inwestycji. Pozostałe 30% stanowi ich wkład własny. Dzięki temu mieszkańcy gmin (położonych na obszarze, gdzie obowiązuje tzw. uchwała antysmogowa) mogą otrzymać w formie bezzwrotnej dotacji do 100% kosztów przedsięwzięcia. Średni koszt realizacji niskoemisyjnych inwestycji w jednym budynku, a w przypadku budynku o dwóch lokalach – w jednym lokalu, nie może przekroczyć 53 tys. zł. Ostatecznym beneficjentem „Stop Smogu” są osoby, których nie stać na wymianę pieca i ocieplenie domu. Program określa, że to ci, których przeciętny miesięczny dochód na jednego członka gospodarstwa domowego nie przekracza 175% kwoty najniższej emerytury w gospodarstwie jednoosobowym i 125% tej kwoty w gospodarstwie wieloosobowym. Z początkiem 2021 r. weszła w życie ustawa z 28 października 2020 r. o zmianie ustawy o wspieraniu termomodernizacji i remontów oraz niektórych innych ustaw, która wprowadza wiele zmian i ułatwień w dostępie do programu „Stop Smog”. Są to przede wszystkim:

- » umożliwienie związkom międzygminnym i powiatom aplikowania do programu w roli koordynatora kilku gmin,
- » wydłużenie z 3 do 4 lat okresu realizacji porozumienia,
- » dopuszczenie możliwości realizacji przedsięwzięć niskoemisyjnych również w budynkach będących w zasobach mieszkaniowych gminy,
- » wyposażenie gmin w narzędzia umożliwiające weryfikację danych osób ubiegających się o udział w programie,
- » poprawę niektórych warunków udziału mieszkańców w programie,
- » rozszerzenie katalogu kosztów kwalifikowanych m.in. o instalacje OZE,
- » zniesienie obowiązku sporządzania przez samorządy gminne programów niskoemisyjnych,
- » zmniejszenie minimalnej liczby budynków jednorodzinnych umożliwiającej aplikowanie do programu (z 2% do 1% lub 20 budynków),
- » zmniejszenie z 50% na 30% wymaganej redukcji zapotrzebowania na ciepło grzewcze,
- » skrócenie z 10 do 5 lat okresu po zakończeniu porozumienia dla działań i zobowiązań gminy oraz beneficjenta.

Zanieczyszczenie powietrza jest jednym z ważnych problemów środowiskowych w Polsce. Główną przyczyną jego występowania są emisje związane z indywidualnym ogrzewaniem budynków. Na zmniejszenie zapotrzebowania na energię pierwotną w budynku ma wpływ właściwa jego termomodernizacja, w tym w szczególności docieplenie [3].

## POZIOMY TERMOMODERNIZACJI

Termomodernizacja to szerokie pojęcie, często błędnie kojarzone jedynie z dociepleniem ścian budynków. Obejmuje również wymianę źródeł ciepła na znacznie bardziej ekologiczne, często

o wyższej sprawności, wymianę okien czy modernizację systemów grzewczych. Projekt termomodernizacji, zgodnie z ustawą o wspieraniu termomodernizacji i remontów, jest ulepszeniem, w wyniku którego roczne zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i podgrzewania wody użytkowej zmniejsza się od 10 do 25%, w zależności od rodzaju modernizacji i wcześniejszych ulepszeń.

W Polsce wyróżnia się trzy poziomy termomodernizacji, do których odpowiednio przyporządkowuje się projekty termomodernizacyjne:

- » niski – modernizacja lub wymiana źródła ciepła,
- » średni – modernizacja lub wymiana źródła ciepła wraz z: wymianą stolarki okiennej i drzwiowej lub dociepleniem elewacji,
- » głęboki – całkowite lub częściowe zastępowanie źródeł energii, wykorzystanie OZE lub wykorzystanie wysokosprawnej kogeneracji; wymianę instalacji c.o. i c.w.u. wraz z dociepleniem (zgodnie z obowiązującymi przepisami techniczno-budowlanymi); wymianę stolarki okiennej i drzwiowej zewnętrznej; ocieplenie całej przegrody zewnętrznej (elewacje, stropodach i strop/podłoga); naprawa balkonów.

Spadki energii końcowej w zależności od poziomów termomodernizacji [4]:

- » niski: 0–30%,
- » średni: 30–60%,
- » głęboki: 60–90%.

## TERMOMODERNIZACJA BUDOWNICTWA MIESZKALNEGO Z WIELKIEJ PŁYTY

Przemysł budowlany jest głównym użytkownikiem energii na świecie. Wznoszenie budynków o zerowym zużyciu energii netto jest zatem jedną ze strategii dekarbonizacji, możliwą dzięki skali redukcji energii, jaką oferują takie budynki. W Polsce na ogrzewanie gospodarstw domowych zużywa się ponad 60% całkowitej energii zużywanej na wszystkie cele, a energia ta jest wytwarzana głównie poprzez spalanie węgla w kotłach (z których większość to urządzenia niskiej klasy). Taka sytuacja sprawia, że dążenie do osiągnięcia poziomu budynków zeroenergetycznych netto jest dużym wyzwaniem dla polskiej gospodarki.

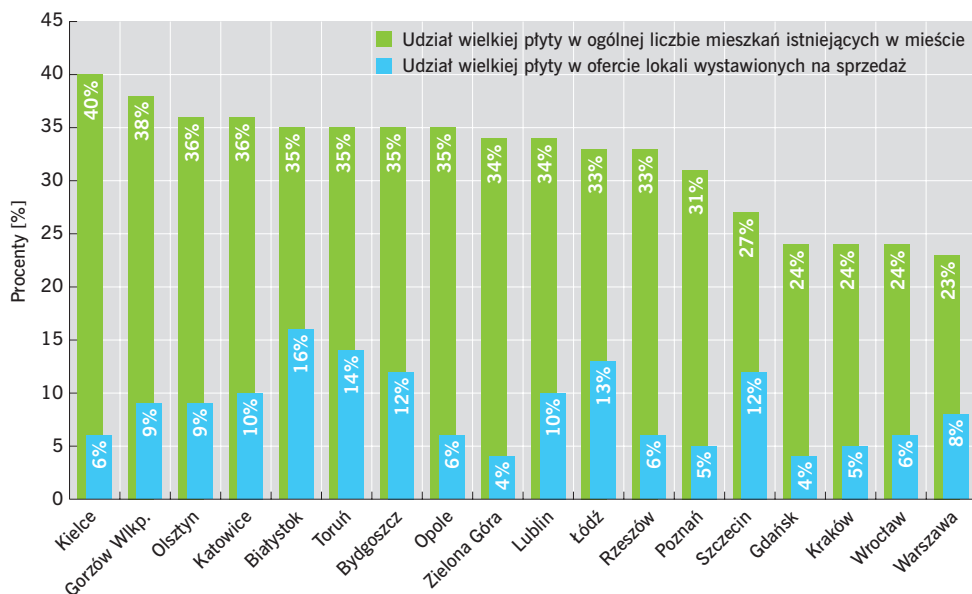
Większość budynków użytkowanych w Polsce nie jest energooszczędna i opiera się na paliwach kopalnych; 92,84% wszystkich budynków mieszkalnych pochodzi sprzed 2011 r., co powoduje konieczność podjęcia działań modernizacyjnych istniejącego zasobu, ponieważ budynki ocieplone zużywają mniej energii.

Światowy kryzys energetyczny, a także wojna na Ukrainie, spowodowały konieczność wykorzystania odnawialnych źródeł energii w celu uniezależnienia się od niepewnych i niestabilnych rosyjskich rynków paliw kopalnych. Odnawialne źródła energii, takie jak energia wiatru, energia słoneczna, energia hydroelektryczna, energia oceanów, energia geotermalna, biomasa i biopaliwa stanowią alternatywę dla węgla, ropy naftowej i gazu ziemnego, tym samym przyczyniając się do wzrostu samowystarczalności energetycznej, a także ograniczając emisję gazów cieplarnianych. UE jest jednym z pionierów w promowaniu dekarbonizacji i wykorzystywania energii odnawialnej; w 2004 r. zużycie energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w UE wyniosło zaledwie 9,6%, podczas gdy w 2020 r. sięgnęło 37%. Zauważalny jest również spadek zużycia energii z paliw kopalnych. W 2005 r. wartość ta wynosiła 61%, natomiast do 2020 r. spadła

Ocena czynnika	Podnoszenie cen energii	Troska o klimat	Zła jakość powietrza	Spadek cen instalacji OZE
1	10,08%	33,85%	36,43%	19,64%
2	9,30%	36,69%	48,32%	5,68%
3	41,86%	23,00%	10,85%	24,29%
4	38,76%	6,46%	4,39%	50,39%
<b>Całkowity</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

TABELA 1. Struktura ocen czynników zachęcających użytkowników do inwestowania w budynki wykorzystujące wyłącznie odnawialne źródła energii [5]

1 – najmniej ważny czynnik, 4 – najważniejszy czynnik



rys. 4. Zasób i oferta mieszkań w blokach z wielkiej płyty (szacunki kwalifikują jako wielką płytę mieszkania oddane do użytkowania w latach 1970–1988); rys.: HRE Investments

do 42%. Duża część energii pochodzącej z paliw kopalnych jest nadal niezbędna dla budynków mieszkalnych.

Transformacja energetyczna wymaga zwiększenia udziału OZE oraz poprawy efektywności energetycznej budynków (gospodarstw domowych). Ponieważ nowe budynki oddawane corocznie do użytku stanowią zaledwie 2% wszystkich budynków w Polsce, znacząca poprawa bilansu energetycznego kraju i zmniejszenie nakładów na użytkowanie obiektów jest możliwa tylko poprzez poprawę efektywności energetycznej budynków istniejących.



Wraz ze wzrostem liczby ludności miejskiej zmienia się ocena znaczenia podnoszenia cen energii jako czynnika zachęcającego do inwestowania, a czynnik ten jest postrzegany jako coraz mniej istotny. W przypadku miast o liczbie mieszkańców nieprzekraczającej 50 tys. średnia ocen wynosi 3,34, a w przypadku miast o liczbie mieszkańców powyżej 500 tys. 2,80. Jednocześnie odwrotną tendencję obserwuje się w przypadku oceny znaczenia złej jakości powietrza [5].

Jednym z rodzajów budynków mieszkalnych w mieście są budynki z wielkiej płyty. Od lat 60. do początku lat 90. ubiegłego wieku wielka płyta była bardzo rozpowszechniona w polskim budownictwie mieszkaniowym. Okres największego rozwoju budownictwa mieszkaniowego, bazującego na technologii wielkopłytywowej, przypada na lata 70. ubiegłego wieku. Był to okres planowania i budowy nowych, dużych osiedli mieszkaniowych. W tym czasie było rozwijanych wiele różnych systemów. Najważniejszy podział technologii wielkopłytywowej obejmuje:

- » systemy otwarte (m.in. W-70 i Wk-70), które nie występowały w regionalnych wersjach,
- » systemy zamknięte występujące w wielu różnych wersjach.

Wśród systemów zamkniętych można wyróżnić zarówno zunifikowane rozwiązania stosowane na terenie całej Polski (OWT-67, OWT-67/N, OWT-75, WUF-T, WUF-75, SZCZECIŃSKI S-Sz), jak i regionalne warianty budownictwa wielkopłytywowego (np. OWT-67NS, OWT-75NS, WUF-T/K, Częstochowska Wielka Płyta/CzWP oraz Wrocławska Wielka Płyta/WWP).

Konieczność termomodernizacji budynków wielkopłytywych wynika z aktualnych wymagań w zakresie norm i zapisów ustawy Prawo budowlane. Budynki te były projektowane i wznoszone w czasie faktycznego funkcjonowania obniżonych wymagań dotyczących energooszczędności budynków.

Opłaty za ciepło rosną z roku na rok i dla niektórych rodzin stały się najistotniejszą pozycją w domowym budżecie. Przyczyny strat energii oraz sposoby zapobiegania:

- » Słaba izolacja budynku – to oczywista przyczyna strat energii, w szczególności w budownictwie sprzed kilkudziesięciu lat, np. wielkopłytywym. Rozwiązania są różne: dobudowa wiatrotapów, wymiana okien, izolacja ścian zewnętrznych i stropów. Jednak każda z tych inwestycji jest kosztowna i ma długi okres zwrotu – od kilkunastu do nawet 30 lat.
- » Nieprawidłowe przyzwyczajenia mieszkańców – zasłanianie grzejników, zapowietrzane grzejniki, nieużywanie zaworów termostacyjnych czy przegrzewanie mieszkania (np. temp. w nocy powyżej 22°C). Przykładów zachowań, które negatywnie wpływają na rachunki wszystkich mieszkańców, jest mnóstwo. Jednak można optymalizować straty:
  - rozmieszczając czujniki temperatury i wilgotności w całej nieruchomości i utrzymując ją na podobnym poziomie,
  - dostosowując ilość wysłanego ciepła do rzeczywistych potrzeb budynku i jego mieszkańców.
- » Nieefektywne zarządzanie energią – w węzłach cieplnych zarządzanie energią jest reaktywne, tzn. działają one na podstawie tego, co już się wydarzyło. Sposób ten ma znaczące wady:
  - 1) Przy obniżeniu temperatury na zewnątrz węzeł reaguje z poślizgiem i z opóźnieniem ogrzewa budynek, pompując do budynku dużą ilość ciepła.
  - 2) Przy podwyższeniu temperatury węzeł nadal pobiera ciepło z sieci i niepotrzebnie wysyła je do budynku.

Rozwiązaniem tego problemu są inteligentne systemy zarządzania ciepłem. Biorą one pod uwagę znacznie więcej danych:

- prognozę pogody,
- lokalizację i właściwości cieplne budynku,
- temperaturę i wilgotność w nieruchomości,
- właściwości wężła cieplnego
- oraz aktualną temperaturę i wilgotność powietrza na zewnątrz.

Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie audytów, pod pojęciem ulepszenia termomodernizacyjnego rozumie się działanie techniczne składające się na przedsięwzięcie termomodernizacyjne w budynku, lokalnej sieci ciepłowniczej lub lokalnym źródle ciepła, mające na celu oszczędność energii.

Można wyróżnić następujące grupy ulepszeń:

- 1) ulepszenia zmniejszające straty ciepła przez przenikanie:
  - ocieplenie ścian zewnętrznych,
  - ocieplenie potaci dachowych lub stropodachów,
  - ocieplenie stropu nad nieogrzewaną piwnicą lub podłogi na gruncie,
  - zabudowa nadmiernie przeszklonych ścian,
  - wykonanie przedsionków, okiennic, zasłon itp.,
- 2) ulepszenia polegające na wymianie okien lub drzwi oraz zmniejszeniu zapotrzebowania ciepła na ogrzanie powietrza w systemie wentylacji:
  - wymiana lub uszczelnienie okien,
  - wprowadzenie nawiewników higrosterowalnych lub dostosowujących przepływ nawiewanego powietrza w zależności od zmieniającej się temperatury powietrza zewnętrznego,
  - zamontowanie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła,
- 3) ulepszenia prowadzące do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło na przygotowanie ciepłej wody użytkowej:
  - poprawa układu przygotowującego ciepłą wodę i układu cyrkulacyjnego (pompy, automatyka itd.),
  - wykonanie lub naprawa izolacji termicznej przewodów,
  - wprowadzenie urządzeń zmniejszających zapotrzebowanie na ciepłą wodę, np. natryski zaopatrzone w perlatory, armatura wodooszczędna,
  - zainstalowanie indywidualnych liczników c.w.u.,
  - zainstalowanie zasobników ciepłej wody i/lub kolektorów słonecznych,
- 4) ulepszenia poprawiające sprawność cieplną systemu ogrzewania:
  - montaż zaworów termostatycznych,
  - modernizacja wewnętrznej instalacji grzewczej (wymiana grzejników i rur instalacji c.o.),
  - zainstalowanie regulacyjnych zaworów podpionowych,
  - zainstalowanie automatyki pogodowej,
  - poprawa stanu izolacji rurociągów [6].

Ustawa z dnia 23 stycznia 2020 r. o zmianie ustawy o wspieraniu termomodernizacji i remontów (DzU z 2020 r., poz. 412) zapewnia dodatkowe wsparcie remontowe dla instytucji

zarządzających blokami z wielkiej płyty. Wsparcie jest oferowane w ramach standardowego programu termomodernizacji. Obsługą programu zajmuje się Bank Gospodarstwa Krajowego. Wysokość premii termomodernizacyjnej aktualnie wynosi:

- » 16% kosztów kwalifikowanych przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (podstawowy wariant naliczania premii),
- » 21% kosztów kwalifikowanych przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, które oprócz standardowych działań przewiduje montaż mikroinstalacji odnawialnych źródeł energii (OZE),
- » dodatkowo 50% kosztów wzmocnienia budynku wielkopłytkowego podczas termomodernizacji.

Zgodnie z przepisami ustawy o wspieraniu termomodernizacji i remontów, dodatkowa pomoc finansuje połowę kosztów:

- » sporządzenia dokumentacji technicznej dotyczącej doboru i rozmieszczenia kotew metalowych,
- » zakupu kotew metalowych, które posłużą do wykonania dodatkowego połączenia warstwy fakturowej z warstwą konstrukcyjną ścian zewnętrznych,
- » przygotowania otworów i montażu wspomnianych kotew metalowych.

Dofinansowanie wymienionych powyżej rodzajów prac wynika z faktu, że to właśnie połączenia między warstwami ścian zewnętrznych są najpoważniejszym problemem konstrukcyjnym w budynkach z wielkiej płyty.

## OCIEPLANIE ŚCIAN PŁYTAMI STYROPIANOWYMI

Na rynku termoizolacji coraz większego znaczenia nabierają grafitowe płyty styropianowe, charakteryzujące się bardzo niskim współczynnikiem przewodzenia ciepła (tzw. lambda), na poziomie nawet  $0,031 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Powodem tego są nie tylko coraz bardziej rygorystyczne wymagania przepisów, w zakresie maksymalnej wartości współczynnika przenikania ciepła przez przegrody budowlane, ale również większa świadomość inwestorów w zakresie potencjalnych zysków z termoizolacji. Obejmują one zarówno aspekty finansowe, związane z oszczędnościami w zużyciu energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia budynku, jak i środowiskowe, powiązane z poprawą czystości powietrza, w wyniku mniejszej emisji dwutlenku węgla.

Styropianowe płyty grafitowe produkowane są w oparciu o tę samą normę co standardowe płyty białe. Oprócz korzystniejszego, niższego współczynnika przewodzenia ciepła, pozwalającego stosować płyty o mniejszej grubości, charakteryzują się one takimi samymi właściwościami co płyty białe. W przypadku wyrobów fasadowych najistotniejszym parametrem, po lambda, jest wytrzymałość na rozciąganie, o pożądanym poziomie 100 kPa (określana symbolem TR100). Istotnym parametrem jest również stabilność wymiarowa płyt styropianowych. Deklarowane są dwie cechy: stabilność w stałych normalnych warunkach laboratoryjnych (tj. w temperaturze  $23^\circ\text{C}$  i 50% RH) oraz stabilność w określonych warunkach temperaturowych (tj. w temperaturze  $70^\circ\text{C}$ ). Z badań laboratoryjnych wynika, że płyty grafitowe posiadają nieco gorszą stabilność od płyt białych, jednak klasyfikuje się ona na takim samym deklarowanym poziomie powyższych właściwości, czyli DS(N)2 i DS(70,-)2. Istotną różnicą pomiędzy styropianami białymi i grafitowymi jest ich odporność na promieniowanie słoneczne.

W przypadku białych płyt negatywny wpływ nasłonecznienia może uwidocznić się po minimum kilku tygodniach lub miesiącach (w zależności od warunków ekspozycji) w postaci zażółceń. W przypadku płyt grafitowych bardzo istotny jest sposób przechowywania i montażu, który powinien być realizowany w warunkach ograniczonego oddziaływania słońca. Płyty grafitowe mogą bowiem ulegać uszkodzeniom w postaci nadtopień i utraty nominalnych wymiarów i geometrii płyt, skutkiem czego może być również odspojenie płyt od niezwiązanego jeszcze kleju, w trakcie wykonywania ocieplenia. Na rynku styropianowym pojawiają się płyty malowane białą farbą, czy też z dodatkową warstwą styropianu białego, które mają stanowić remedium na błędy w sposobie prowadzenia prac ociepleniowych, którym jest m.in. brak osłon na rusztowaniach. Płyty malowane, tak jak wszystkie inne płyty przyklejone do ściany, powinny być szlifowane w celu wyrównania warstwy termoizolacji, co powoduje usunięcie białej ochrony płyt grafitowych, zatem nie mogą stanowić zamiennika osłon rusztowaniowych. Natomiast płyty z dodatkową warstwą białą są znacznie droższe. Różnica w cenie tych płyt i standardowych płyt grafitowych pozwala na zakup odpowiedniej jakości siatek, które są przeznaczone do wielokrotnego użyciu.

## OCIEPLENIE ŚCIAN METODĄ ETICS

W praktyce najczęściej spotykamy się z termomodernizacją w zakresie docieplenia ścian zewnętrznych w systemie ETICS (tzw. metoda lekka mokra). Metoda polega na mocowaniu płyt ze styropianu do powierzchni elewacyjnych ścian na klej i kołki oraz wykonaniu na nich cienkiej wyprawy tynkarskiej, zbrojonej tkaniną (siatką). W rozumieniu przepisów prawa ETICS są wyrobami budowlanymi i jako takie podlegają przepisom ustawy o wyrobach budowlanych, powinny więc posiadać niezbędne aprobaty bądź oceny techniczne. W skład systemu ETICS wchodzi: styropian/wełna mineralna, kleje, łączniki, siatka zbrojąca, zaprawa/masa tynkarska i farby elewacyjne.

Główne etapy prac budowlanych przy ocieplaniu ścian metodą ETICS [6]:

- 1) przygotowanie dokumentacji technicznej zadania zgodnie z wymaganiami rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego, zatwierdzonej (na podstawie pozwolenia na budowę lub zgłoszenia) przez właściwy organ Nadzoru Budowlanego;
- 2) zgłoszenie wykonywania robót budowlanych do organu (lub uzyskanie pozwolenia na budowę);
- 3) realizacja prac budowlanych, w tym:
  - ocena podłoża,
  - prace przygotowawcze przed klejeniem płyt termoizolacyjnych do ściany,
  - wzmocnienie warstw fakturowych,
  - przyklejenie płyt termoizolacyjnych (styropian lub wełna),
  - montaż łączników,
  - wykonanie warstwy zbrojącej,
  - wykonanie wyprawy tynkarskiej,
  - wykonanie powłoki malarskiej,
- 4) odbiory końcowe, przekazanie dokumentacji powykonawczej.

<b>Materiał</b>	<b>Energia pierwotna wbudowana [MJ/kg]</b>	<b>Gęstość [kg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Energia pierwotna wbudowana [MJ/m<sup>3</sup>]</b>
<b>Szkło piankowe białe</b>	27,0	300,0	8100,0
<b>Celuloza (granulat)</b>	3,0	32,0	96,0
<b>Korek</b>	4,0	150,0	600,0
<b>Wełna mineralna szklana</b>	28,0	135,0	3780,0
<b>Wełna mineralna skalna</b>	16,8	135,0	2268,0
<b>Wełna drzewna (luzem)</b>	10,8	35,0	378,0
<b>Wełna drzewna (płyty)</b>	20,0	50,0	1000,0
<b>Styropian EPS</b>	88,6	13,5	1196,1
<b>Poliuretan</b>	72,1	40,0	2884,0

TABELA 2. Energia pierwotna wbudowana najpopularniejszych materiałów izolacyjnych – dane producentów

## OPŁACALNOŚĆ INWESTYCJI A ROZWIĄZANIA ENERGOOSZCZĘDNE

Dobór technologii budowy lub materiałów izolacyjnych ścian może być przedmiotem optymalizacji pod względem zarówno ekonomicznym, jak i energetycznym oraz ekologicznym. Czynniki poddawane takiej optymalizacji mogą być:

- » opłacalność ekonomiczna inwestycji w rozwiązania energooszczędne, wyrażona czasem zwrotu nakładu kosztów,
- » opłacalność energetyczna rozumiana jako całościowy wydatek energetyczny na etapie nie tylko eksploatacji, ale także produkcji, budowy i utylizacji.

Dla rzetelnej oceny należy brać pod uwagę cały cykl życia produktu (w tym przypadku materiału budowlanego) – od fazy produkcji, poprzez eksploatację, aż do utylizacji. Ponadto dla całościowego zrozumienia tematu energooszczędności niezbędne jest rozróżnienie trzech rodzajów energii:

- » energii użytkowej – czyli energii rzeczywiście wykorzystanej przez użytkownika m.in. na cele ogrzewania – to najczęściej ten rodzaj energii jest potocznie postrzegany jako zużycie energii, gdyż jest najbardziej namacalnie odczuwalny przez użytkownika finalnego, co może być mylne, gdyż nie uwzględnia on strat powstałych na poszczególnych etapach dostarczenia energii,
- » energii końcowej – czyli energii dostarczonej do odbiorcy – jest ona większa od energii użytkowej o wielkość strat wynikających ze sprawności systemu ogrzewania w budynku,
- » energii pierwotnej – czyli energii pozyskanej u źródła z zasobów naturalnych odnawialnych lub nieodnawialnych – jest ona większa od energii końcowej o straty wytworzenia (np. energii elektrycznej w elektrowniach) i przesyłu.

Oprócz wymienionych wyżej istnieje też pojęcie energii pierwotnej wbudowanej. Oznacza ono ilość energii, która została zawarta w materiałach i technologiach użytych do budowy danego obiektu. Składa się na nią energia zużyta na wyprodukowanie danego materiału, w tym wydobyć

surowców, a także transport i montaż. Uwzględnienie energii pierwotnej wbudowanej w materiały budowlane rzuca nowe spojrzenie na zagadnienie energooszczędności – okazuje się, że większa izolacyjność cieplna materiału nie zawsze oznacza, że jest on bardziej przyjazny dla środowiska. Koszt energetyczny wytworzenia niektórych materiałów może w pewnych warunkach niwelować korzyści dla środowiska, jakie daje oszczędność energii cieplnej uzyskana dzięki ich zastosowaniu. Różnice w energii pierwotnej wbudowanej między poszczególnymi materiałami izolacyjnymi bywają dosyć spore – np. wełna mineralna charakteryzuje się o wiele większym wydatkiem energetycznym na jej wytworzenie w jednostce objętości niż styropian (co znajduje odzwierciedlenie w cenie), jednak o jej powszechnym stosowaniu decydują inne jej właściwości, co zostanie omówione w drugiej części artykułu. Energia zużyta na wytworzenie danego materiału zazwyczaj przekłada się na jego cenę zakupu, a energia zużyta na montaż – na koszty wykonania. Stąd też wyniki analizy opłacalności ekonomicznej są zazwyczaj dosyć zbieżne z bilansem energetycznym uwzględniającym zagadnienie energii pierwotnej wbudowanej. W obu przypadkach istnieje pewne optimum pomiędzy oszczędnościami na etapie eksploatacji a nakładami poniesionymi na realizację [7].

Termomodernizacja rozumiana jest jako ocieplenie budynku, a w szczególności ścian zewnętrznych. Oczekiwany efektem tych działań jest zmniejszenie kosztów ogrzewania, poprawa warunków zamieszkania i odnowienie substancji budynku. W praktyce inwestorzy rozumieją i realizują projekty termomodernizacyjne jako zadania kompleksowe, tj. prowadzące do zwiększenia efektywności całego budynku i jego systemu grzewczego oraz zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania. Zadania te, prawidłowo zaplanowane i właściwie wykonane, przyczyniają się do realizacji zamierzonych celów.

## LITERATURA

1. „Zeroemisyjna Polska 2050” (praca zbiorowa), Fundacja WWF Polska, 2020.
2. Y. Ostermeyer, C. Camarasa, C. Naegeli, S. Saraf, M. Jakob, A. Palacios, G. Catenazzi, A. Wiszniewski, A. Komerska, D. Goatman, „Building Market Brief Poland”, 2019.
3. V. Romeo, „W jaki sposób transformacja energetyczna wpłynie na nasze domy?”, [www.schroders.com](http://www.schroders.com), 2022.
4. J. Adamczyk, R. Dylewski, „Korzyści ekologiczne i ekonomiczne „średniego” stopnia termomodernizacji budynku: studium przypadku w Polsce”, „Energie”, MDPI, t. 13(17), s. 1–14, wrzesień 2020.
5. E. Szymańska, M. Kubacka, J. Woźniak, J. Polaszczyk, „Analiza budynków mieszkalnych w Polsce pod kątem potencjalnej renowacji energetycznej w kierunku budownictwa zeroemisyjnego”, „Energies”, MDPI, cz. 15(24), grudzień 2022, s. 1–24.
6. R. Ostrowski, „Termomodernizacja budynków mieszkalnych”, Forum Media Polska, 2020.
7. W. Skórzewski, „Materiały izolacyjne i energooszczędne technologie budowy ścian – cz. I”, <https://www.termomodernizacja.info>, 2020.

**IZABELA DZIEDZIC-POLAŃSKA** ukończyła Wydział Inżynierii Łądowej Politechniki Warszawskiej na kierunku Budownictwo. Od ponad 20 lat prowadzi własną pracownię architektoniczną SPID, specjalizującą się w projektach budynków mieszkalnych jednorodzinnych. Posiada bogate doświadczenie zawodowe w zakresie doradztwa technicznego, architektury kubaturowej i projektowania wnętrz.



# WYSOKIEJ JAKOŚCI SYSTEMY OCIEPLEŃ DO BUDYNKÓW MIESZKALNYCH



ENERGOOSZCZĘDNOŚĆ



BEZPIECZEŃSTWO



UNIKALNE  
ROZWIĄZANIA

## JAK WYBRAĆ SYSTEM OCIEPLEŃ?

Prawidłowo zaprojektowane i wykonane ocieplenie przegród w budynku pozwala zmniejszyć zużycie energii, a co za tym idzie obniżyć koszty eksploatacji i domowe rachunki.

1. Określ cele i oczekiwania: Zastanów się, dlaczego chcesz docieplić elewację budynku. Czy zależy Ci na poprawie izolacyjności termicznej, oszczędności energii, estetycznym wyglądzie fasady, a może wszystkich tych czynnikach jednocześnie? Określenie priorytetów pozwoli Ci wybrać odpowiedni system dociepleń.
2. Badanie budynku: Przeprowadź dokładną analizę swojego budynku pod kątem rodzaju konstrukcji, stanu murów, ewentualnej obecności mostków termicznych czy problemów z wilgocią. To pomoże Ci zidentyfikować słabe punkty w obiekcie, a zastosowanie właściwego systemu dociepleń ułatwi rozwiązanie ewentualnych istniejących usterek.
3. Konsultacja z profesjonalistą: Skorzystaj z porady sprawdzonego architekta, inżyniera budownictwa lub specjalisty ds. dociepleń. Przedstaw swoje cele i wyniki diagnostyki budynku. Ekspert pomoże Ci ocenić różne systemy dociepleń i dobrać rozwiązanie, najlepiej pasujące do Twoich potrzeb.

Pełny system dociepleń firmy POLSTYR, składający się ze styropianu, zapraw klejących oraz gruntów, tynków i mozaik, to doskonały materiał izolacyjny. Zastosowanie







spójnego systemu dociepleń to gwarancja prawidłowego ocieplenia. Użycie kompletnego systemu dociepleń POLSTYR zapewnia uzyskanie odpowiedniej temperatury w pomieszczeniach. Wysokiej jakości styropian o bardzo dobrych parametrach izolacyjnych tworzy barierę termiczną, która ogranicza utratę ciepła z wnętrza budynku w zimie oraz przenikanie ciepła z zewnątrz latem.

1. Izolacja akustyczna: Styropian POLSTYR może również działać jako izolator akustyczny, ograniczając przenikanie dźwięków przez ściany. Przyklejenie styropianu na ścianach pozwoli zmniejszyć hałas z zewnątrz oraz zapewnić ciche i spokojne środowisko wewnątrz pomieszczeń.
2. Oszczędność energii: Zastosowanie styropianu poprawi efektywność energetyczną budynku i przyczyni się do obniżenia zużycia energii. Mniejsze straty ciepła oznaczają mniejsze zapotrzebowanie na ogrzewanie w sezonie grzewczym oraz na klimatyzację w sezonie letnim, dzięki czemu zapłacimy niższe rachunki za energię.
3. Poprawa komfortu: Izolacja termiczna i akustyczna zapewniana przez styropian może znacznie poprawić komfort przebywania w budynku. Stała temperatura wewnątrz pomieszczeń i redukcja hałasu z zewnątrz pomogą stworzyć bardziej przyjemne i przytulne środowisko.

Należy jednak pamiętać, że prawidłowe przyklejenie styropianu do izolowanych powierzchni wymaga odpowiedniej wiedzy, a także technik i narzędzi. Warto skonsultować się z profesjonalistą w dziedzinie budownictwa lub ocieplania, aby uzyskać dokładne wskazówki i zapewnić prawidłowe wykonanie tej pracy. ■

## KONTAKT



PHU POLSTYR Zbigniew Świąszek  
ul. Krakowska 134, 32-546 Młoszowa  
polstyr@polstyr.com.pl, www.polstyr.com.pl

DR INŻ. KRZYSZTOF PAWŁOWSKI, PROF. PBŚ

34

# WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNO-WILGOTNOŚCIOWE MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH

Proces wymiany ciepła przez przegrody budowlane jest nieustalony w czasie, co wynika ze zmienności warunków klimatycznych na zewnątrz budynku oraz m.in. nierównomierności pracy urządzeń grzewczych. Opis matematyczny tego procesu jest bardzo złożony, dlatego w większości rozwiązań inżynierskich stosuje się uproszczony model ustalonego przepływu ciepła.

Przepływ ciepła rozpatrywany jest pod względem fizycznym, jako trzy różne sposoby:

- » przewodzenie ciepła,
- » konwekcja (unoszenie ciepła),
- » promieniowanie cieplne.

Wymiana ciepła przez przegrodę budowlaną składa się z poszczególnych etapów:

- » I – napływ ciepła na powierzchnię przegrody od strony ośrodka o wyższej temperaturze,
- » II – przewodzenie ciepła wewnątrz przegrody w kierunku ośrodka o niższej temperaturze,
- » III – odpływ ciepła z powierzchni przegrody do ośrodka chłodniejszego.

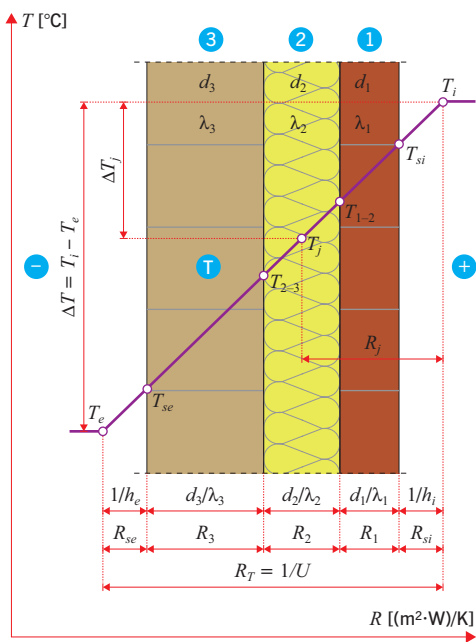
W analizie przenikania ciepła przez przegrody budowlane przyjmuje się następujące założenia upraszczające:

- » jest to proces ustalony w czasie,
- » przepływ ciepła odbywa się w kierunku prostopadłym do powierzchni przegrody,
- » długość i szerokość przegrody są nieograniczone,
- » warstwy przegrody wykonane są z jednorodnych, izotropowych materiałów,
- » wartości współczynników przenikania ciepła są stałe na całej powierzchni przegrody.

Przenikanie ciepła w budynkach może być przeprowadzone przy podziale struktury na typowe przegrody: ściany, okna, drzwi, podłogi, dachy, w odniesieniu do których straty ciepła można obliczać oddzielnie na podstawie jednowymiarowego modelu przepływu ciepła, przy założeniu jednorodnej struktury przegrody, złożonej z równoległych warstw, do których strumień cieplny jest prostopadły.

Straty ciepła przez pojedyncze elementy budynku, przy przyjęciu pewnych uproszczeń, można określić za pomocą współczynnika przenikania ciepła  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] (RYS. 1).

Opisane zjawisko wymiany ciepła nosi nazwę przenikania ciepła przez przegrodę budowlaną. W najprostszej postaci jest to proces ustalony w czasie i przebiegający jednokierunkowo.



RYC. 1. Przenikanie ciepła przez przegrodę budowlaną;  
rys.: autor

Obliczenie współczynnika przenikania ciepła  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] każdej projektowanej przegrody wymaga posiadania szeregu danych wejściowych, charakteryzujących przegrodę i jej usytuowanie w budynku. Są to:

- » dla przegród jednorodnych – parametry geometryczne i fizyczne przegrody: grubości poszczególnych warstw  $d_i$  oraz odpowiadające im obliczeniowe współczynniki przewodzenia ciepła  $\lambda_i$ ,
- » dla przegród niejednorodnych – opory cieplne  $R$  ustalone jedną z metod przybliżonych (wg normy PN-EN ISO 6946 [1] – metoda kresów lub obliczone metodami numerycznymi),
- » opory przyjmowania ciepła na wewnętrznej  $R_{si}$  i zewnętrznej  $R_{se}$  powierzchni przegrody, zależne od usytuowania przegrody (pionowa, pozioma) i warunków klimatycznych panujących w jej sąsiedztwie (konwekcja, promieniowanie).

## PARAMETRY MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH W ASPEKcie CIEPLNO-WILGOTNOŚCIOWYM

Odpowiednie zastosowanie materiału budowlanego do pełnienia określonych funkcji w przegrodzie zewnętrznej budynku wymaga analizy zespołu jego cech ciepłno-wilgotnościowych, z uwzględnieniem rzeczywistych warunków eksploatacyjnych przegrody. Struktura oraz pochodzenie materiału budowlanego decydują o jego różnorodnych, czasem przeciwstawnych właściwościach termicznych i wilgotnościowych. Ich uwzględnienie należy do obowiązków projektanta i decyduje nie tylko o położeniu materiału w przegrodzie, ale o samej koncepcji konstrukcji przegrody i jej złączy. Właściwości fizyczne materiałów charakteryzuje ponadto znaczna różnorodność, zależna od rodzaju materiału, a także stanu cieplnego i wilgotnościowego, wywołanego czynnikami eksploatacyjnymi, bądź produkcyjnymi. Analiza właściwości ciepłno-wilgotnościowych materiałów budowlanych prowadzona jest z uwzględnieniem najczęściej stosowanych klasyfikacji [2, 3]:

- » ze względu na pochodzenie: materiały nieorganiczne, materiały pochodzenia roślinnego, tworzywa sztuczne,
- » ze względu na strukturę wewnętrzną: kapilarno-porowatą, ziarnistą lub mieszaną, włóknistą.

Ten ostatni podział jest szczególnie istotny dla wyjaśnienia fizycznego charakteru zjawisk przepływu ciepła i masy (wilgoci) przez przegrody budowlane.

Materiał wilgotny ma strukturę niejednorodną złożoną z twardego szkieletu, wilgoci i powietrza. Wilgoć można zakwalifikować do kilku faz. Oprócz fazy stałej, ciekłej i gazowej, określa się fazy wilgoci warstw powierzchniowych o specyficznych właściwościach. Fazy wilgoci występujące w materiale oddziałują na siebie, wywołując procesy wymiany ciepła i masy. Analiza zjawisk

cieplno-wilgotnościowych polega na badaniu lub określeniu następujących głównych i podstawowych właściwości materiału:

- » przewodzenie ciepła,
- » pojemność cieplna,
- » promieniowania cieplnego.

Stan wilgotnościowy materiału w przegrodzie określa się za pomocą następujących parametrów:

- » wilgotność masowa  $u_m$ , wyrażająca stosunek masy wody w materiale do suchej masy tego materiału (kg/kg) [%],
- » wilgotność objętościowa  $u_v$ , wyrażająca stosunek objętości wody zawartej w materiale do objętości tego materiału ( $m^3/m^3$ ) [%].

Ponadto stan wilgotnościowy określa się, podając zawartość wilgoci w jednostce objętości materiału,  $kg/m^3$ .

## WYBRANE PARAMETRY CIEPLNE MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH

W ciałach stałych przewodzenie ciepła polega na przenoszeniu energii przez swobodne elektrony oraz drganiu atomów w siatce krystalicznej ciała. Zdolność materiałów do przewodzenia ciepła określa współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda$  (lambda), wyrażający ilość ciepła przenikającą w sposób ustalony, w ciągu 1 godz. przez  $1 m^2$  płaskiej przegrody, wykonanej z danego materiału o grubości 1 m, przy różnicy temperatur na obu powierzchniach przegrody wynoszącej 1 K, w jednostce  $[W/(m \cdot K)]$ . Przewodzenie ciepła jest podstawową cechą termofizyczną materiałów budowlanych i zmienia się dla różnych materiałów w bardzo szerokich granicach.

Współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda$   $[W/(m \cdot K)]$  jest funkcją gęstości, temperatury i wilgotności materiału. Istotny wpływ na jego wielkość wywiera również struktura wewnętrzna materiału.

W normalizacji wprowadzono dwa pojęcia odnoszące się do wartości współczynnika przewodzenia ciepła materiałów (lub oporu cieplnego komponentów):

- » wartość deklarowaną ( $\lambda_D$ ), służącą kontroli jakości produkcji, odpowiadającą warunkom laboratoryjnym,
- » wartość obliczeniową ( $\lambda_{ob}$ ), służącą projektowaniu, odpowiadającą warunkom stosowania materiału w budynku.

Warunki klimatyczne (wewnątrz i na zewnątrz) budynku mają wpływ na wielkość przewodzenia ciepła materiałów. Uwzględnienie wpływu konkretnych warunków klimatycznych na element murowy pozwala w dokładny sposób ocenić faktyczne straty ciepła. Określenie wartości obliczeniowej polega na uwzględnieniu różnic temperatury i wilgotności pomiędzy warunkami, dla jakich określono wartość deklarowaną przewodzenia ciepła, a warunkami, w których ten materiał faktycznie pracuje. W przypadku zastosowań budowlanych istotną rolę odgrywa wilgotność. Dla materiałów do izolacji technicznych uwzględnia się przede wszystkim zmiany temperatury.

Na etapie projektowania inżynier powinien przewidzieć warunki pracy materiału i dokonać konwersji współczynnika  $\lambda_D$  do wartości  $\lambda_{ob}$ . Przewodzenie materiału jest funkcją jego gęstości, zawartości wilgoci, temperatury, czasu od wyprodukowania materiału:

$$\lambda_{ob} = \lambda_D \cdot F_T \cdot F_M \cdot F_a$$

gdzie:

- $\lambda_{ob}$  – wartość obliczeniowa współczynnika przewodzenia ciepła,
- $\lambda_D$  – wartość deklarowana współczynnika przewodzenia ciepła,
- $F_T$  – temperaturowy czynnik konwersji,
- $F_M$  – wilgotnościowy czynnik konwersji,
- $F_a$  – czynnik konwersji zależny od czasu od wyprodukowania materiału.

Pojemność cieplna materiału charakteryzuje jego zdolność magazynowania ciepła w jednostce objętości. Pojemnością cieplną jest więc iloczyn ciepła właściwego oraz gęstości objętościowej materiału  $c \cdot \rho$  [J/(m<sup>3</sup>·K)].

Ciepło właściwe  $c$  to ilość ciepła w (J) potrzebna do podniesienia średniej temperatury jednostki masy danego materiału o 1 stopień. Miano ciepła właściwego wynosi J/(kg·K) lub kJ/(kg·K). Można używać również miana Wh/(kg·K) i przeliczenia 1 kJ/(kg·K) = 0,278 Wh/(kg·K). Ciała o większym cieple właściwym mają większą bezwładność cieplną, a więc wolniej reagują na zmiany temperatury.

## WYBRANE PARAMETRY MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH W ANALIZIE TRANSPORTU WILGOCI

Metody używane przy identyfikacji i ustaleniu ilości wody kondensacyjnej we wnętrzu przegrody mają ugruntowane podstawy naukowe, opisane w pracy [3]. Proste metody stacjonarne służą jedynie celom informacyjnym, rozpoznawczym. Dokładniejsze (miarodajne) procedury sprawdzające ilości wody kondensacyjnej muszą korzystać z bilansu wilgoci, sporządzonego dla całego roku. Dobrze znane i powszechnie stosowane w krajach UE metody, opisane normą PN-EN ISO 13788:2003 [4], spełniają te kryteria. Pełne ich stosowanie ogranicza wąska baza danych klimatycznych dla Polski – dostępna w celach projektowych. Bardziej zaawansowane metody numeryczne, rozpatrujące transport dyfuzyjny pary wodnej łącznie z przemieszczaniem się wody kapilarnej, jak na razie posiadają znaczenie ograniczone do badania zjawiska wysychania przegród z wilgoci początkowej, chociaż możliwe jest ich stosowanie (wymagają obszernej biblioteki danych wejściowych) w ocenie stanu wilgotnościowego przegród (metoda WUFI).

Pełniejszą analizę zapewnia metoda Glasera, która polega na uwzględnieniu warunków granicznych, z jakimi oddziałuje na przegrodę zmieniające się środowisko, które w rytmie cyklu rocznego decyduje o narastaniu niebezpieczeństwa kondensacji wewnętrznej w zimie, w lecie może prowadzić do wysuszenia przegrody. Tylko bilans roczny wilgoci z uwzględnieniem specyficznych warunków klimatycznych lokalizacji budynku może udzielić informacji o ogólnej kondycji przegrody, o możliwości neutralizowania zimowego niekorzystnego zawilgocenia. Przegrody wysychające w miesiącach ciepłych spełniają ze względów fizykalnych warunek konieczny poprawności konstrukcji. Jednak mimo korzystnego bilansu rocznego wilgoci znaczniejsza kondensacja wewnętrzna w okresie zimowym, dotycząca warstw położonych w strefie temperatur ujemnych w przegrodzie, może znacznie pogorszyć ich właściwości cieplne, wynikające z niedostatecznej mrozoodporności poszczególnych materiałów użytych do budowy. Pojawia się więc warunek dodatkowy – zapewnienia poprawności konstrukcji ze względu na zawilgocenie wewnętrzne. Znaczne zawilgocenie jastrychów i gładzi cementowych, umieszczonych pod pokryciami stropodachów może być powodem szybkiej degradacji tych elementów w wyniku zamarzania, nawet gdy zawilgocenie jest krótkotrwałe. Taki sam proces destrukcji może zagrazić ścianom zewnętrznym, szczególnie trójwarstwowym. W zakresie sprawdzenia ryzyka kondensacji międzywarstwowej należy przeprowadzić

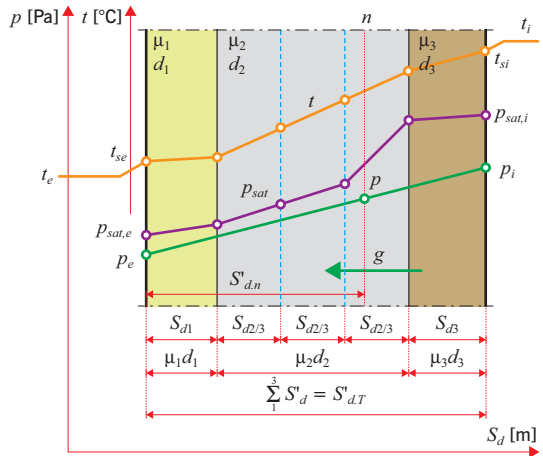
obliczenia i analizy dla 12 miesięcy w roku z uwzględnieniem szczegółowych parametrów powietrza wewnętrznego pomieszczenia oraz otaczającego powietrza zewnętrznego według normy PN-EN ISO 13788:2003 [4]. Procedura obliczeniowa obejmuje następujące etapy:

- » ustalenie parametrów technicznych materiałów występujących w przegrodzie: współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$  [W/(m·K)], współczynnika oporu dyfuzyjnego materiału  $\mu$  [-], dyfuzyjnie równoważnej warstwy powietrza  $s_d = \mu \cdot d$  [m], oporu cieplnego warstw przegrody  $R$  [(m<sup>2</sup>·K)/W] (jeśli opór cieplny warstwy przegrody przekracza wartość  $R > 0,25$  (m<sup>2</sup>·K)/W, należy podzielić taką warstwę na pojedyncze mniejsze, aby  $R < 0,25$  (m<sup>2</sup>·K)/W,
- » przyjęcie warunków brzegowych powietrza wewnętrznego: temperatury powietrza wewnętrznego  $t_i$  [°C] w zależności od przeznaczenia pomieszczenia, oporu przyjmowania ciepła  $R_{si} = 0,13$  (m<sup>2</sup>·K)/W dla ram i oszkleń oraz  $R_{si} = 0,25$  (m<sup>2</sup>·K)/W w pozostałych przypadkach, temperatury powietrza zewnętrznego  $t_e$  [°C] jako średnich miesięcznych temperatury dla danej lokalizacji budynku, oporu przyjmowania ciepła  $R_{se} = 0,04$  (m<sup>2</sup>·K)/W,
- » określenie rozkładu temperatury na stykach warstw materiałowych analizowanej przegrody:  $t_{si} = t_i - U \cdot \Delta t \cdot R_{si}$ ,
- » określenie wartości ciśnienia pary wodnej nasyconej ( $p_{sat.}$ ) na stykach warstw materiałowych (na podstawie określonych temperatur na stykach warstw materiałowych z zastosowaniem tablicy: „Ciśnienie cząstkowe pary wodnej nasyconej  $p_{sat.}$  w powietrzu w funkcji temperatury  $t$ ”),
- » określenie wartości rzeczywistego ciśnienia pary wodnej ( $p$ ) po uwzględnieniu wilgotności powietrza wewnętrznego (określenie  $\Delta p$  w zależności od klasy wilgotności pomieszczenia i  $t_e$ ) i wilgotności powietrza zewnętrznego w poszczególnych miesiącach,
- » zestawienie wyników obliczeń dla poszczególnych miesięcy w roku na wykresie (przykładowy RYS. 2);
- » ocena ryzyka występowania kondensacji międzywarstwowej na podstawie wykresów ( $p_{sat.}$ ) i ( $p$ ) – RYS. 3–5;

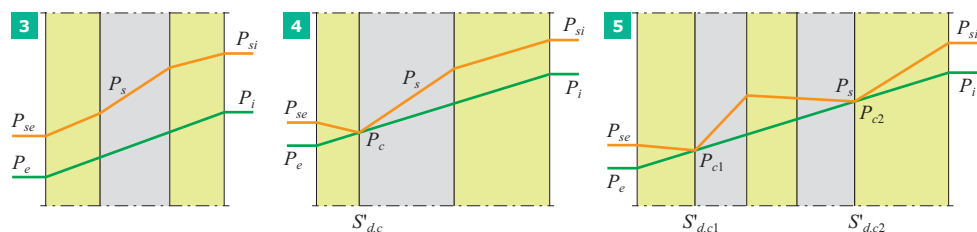
Przecięcie się wykresów ( $p_{sat.}$ ) i ( $p$ ) (w jednym lub dwóch punktach) wskazuje płaszczyznę, w której występuje ryzyko kondensacji międzywarstwowej. Szczegółowe obliczenia i analizy w tym zakresie zaprezentowano w pracach [2, 3, 5].

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Projektowanie elementów obudowy w aspekcie ciepłno-wilgotnościowym sprowadza się do następujących zagadnień i parametrów fizykalnych:



RYS. 2. Parametry charakterystyczne przegrody w zakresie oceny ryzyka kondensacji międzywarstwowej; rys.: autor



RYS. 3–5. Ocena ryzyka występowania kondensacji międzywarstwowej w przegrodzie: ryzyko kondensacji międzywarstwowej nie występuje (wykresy się nie przecinają) (3), ryzyko kondensacji międzywarstwowej występuje (wykresy się przecinają) (4, 5); rys. autor

- » straty ciepła przez płaską przegrodę – współczynnik przenikania ciepła  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] w polu jednowymiarowym,
- » straty ciepła przez złącza budowlane (mostki cieplne 2D) – liniowy współczynnik przenikania ciepła  $\Psi$  [ $W/(m \cdot K)$ ],
- » ocena ryzyka występowania kondensacji powierzchniowej (ryzyka występowania grzybów pleśniowych) – czynnik temperaturowy  $f_{Rsi}$  [-],
- » ocena ryzyka występowania kondensacji międzywarstwowej.

Należy podkreślić, że miarodajne określenie ww. zagadnień i parametrów fizykalnych wymaga znajomości m.in. współczynników przewodzenia ciepła  $\lambda$  [ $W/(m \cdot K)$ ] oraz oporu dyfuzyjnego  $\mu$  [-]. Zasadne staje się publikowanie tablic z ww. parametrami, np. w pracach [2, 3, 5].

## LITERATURA

1. PN-EN ISO 6946:2008, „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania”.
2. A. Dylla, „Praktyczna fizyka ciepła budowli. Szkoła projektowania złączy budowlanych”, Wydawnictwa Uczelniane UTP w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2009.
3. A. Dylla, „Fizyka ciepła budowli w praktyce. Obliczenia cieplno-wilgotnościowe”, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2015.
4. PN-EN ISO 13788:2003, „Cieplno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej umożliwiająca uniknięcie krytycznej wilgotności powierzchni wewnętrznej kondensacji. Metody obliczania”.
5. K. Pawłowski, „Projektowanie przegród zewnętrznych budynków o niskim zużyciu energii. Obliczenia fizykalne przegród zewnętrznych i ich złączy w świetle wymagań obowiązujących od 1 stycznia 2021 r.”, Grupa MEDIUM, Warszawa 2021.

**KRZYSZTOF PAWŁOWSKI** ukończył kierunek budownictwo na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Pracuje w Katedrze Budownictwa Zrównoważonego na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Bydgoskiej im. J. i J. Śniadeckich w Bydgoszczy. Przedmiotem jego zainteresowań badawczych jest kształtowanie zewnętrznych przegród budowlanych i ich złączy w aspekcie cieplno-wilgotnościowym. Jest autorem i współautorem 10 monografi i ponad 100 artykułów w zakresie budownictwa ogólnego, budownictwa zrównoważonego, fizyki budowli i materiałów budowlanych. Posiada uprawnienia do wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej budynków i lokali.

# ŚCIANY I PODŁOGI W ENERGOOSZCZĘDNYM DOMU – JAK WYBRAĆ STYROPIAN DO OCIEPLEŃ?

Ocieplenie domu to pierwszy i najważniejszy krok na drodze do stworzenia nowoczesnego, ekologicznego budynku. Zatrzyma bowiem ciepło wewnątrz i ograniczy jego straty, zmniejszając jednocześnie zapotrzebowanie domu na energię grzewczą. Skuteczna izolacja przegród chroni też wnętrze przed nadmiarem ciepła przenikającego do środka latem. Pozwoli to obniżyć nie tylko koszty ogrzewania w sezonie jesienno-zimowym, ale także klimatyzacji przy wysokich temperaturach panujących na zewnątrz.

Podstawowym warunkiem skutecznego działania warstwy ociepleniowej jest oczywiście prawidłowe zaprojektowanie i wykonanie izolacji, z uwzględnieniem wszystkich przegród budynku – zewnętrznych i wewnętrznych, czyli ścian, dachu, fundamentów, a także podłóg. Przy opracowywaniu projektu należy przeprowadzić analizę ciepłno-wilgotnościową, aby sprawdzić, jaka będzie optymalna wartość współczynnika przenikania ciepła dla poszczególnych przegród. Projekt ocieplenia powinien też wskazywać konkretny rodzaj płyt styropianowych o pożądanych właściwościach i określać wymagane poziomy parametrów izolacyjnych.

## NA CO ZWRACAĆ UWAGĘ PRZY WYBORZE STYROPIANU?

Równie istotny jest dobór sprawdzonego i efektywnego materiału termoizolacyjnego do ocieplenia przegród. Popularnym i ekonomicznym rozwiązaniem jest styropian – płyty w kolorze białym lub szarym mogą mieć różne właściwości i przeznaczenie. Wybór materiału warto potraktować jako inwestycję – na pewno nie warto kierować się tylko ceną, ale zwrócić uwagę na parametry izolacyjne, z których najważniejszy jest współczynnik przewodzenia ciepła, czyli  $\lambda$  (lambda) – im niższa jest jej wartość, tym lepiej.

**Uwaga!** Przy zakupie wyrobu warto sprawdzić w karcie technicznej produktu, czy deklarowane przez producenta właściwości, podane na etykiecie wyrobu, są zgodne z wymaganiami projektu.





## CIEPŁE I SZCZELNE ŚCIANY

**Styropiany marki FS Arbet** są stosowane do ocieplania fasad, podłóg i dachów, a także parkingów. Ich szczególne przeznaczenie czy lepsze właściwości podkreślają nazwy, np. **Fasada EXPERT** czy Fasada GRAFIT. Przykładowo współczynnik przewodzenia ciepła odmiany Fasada EXPERT wynosi 0,040 W/(m·K), a pojawiającej się często w projektach budowlanych i znanej wśród inwestorów **Fasady GRAFIT** – 0,031 W/(m·K). Oznacza to, że zastosowanie szarej odmiany – przy takiej samej grubości płyt – zapewni lepszą niż w pierwszym przypadku izolacyjność

cieplną, z uwagi na niższą, czyli korzystniejszą wartość lambdy. Aby przy wykorzystaniu styropianu Fasada EXPERT uzyskać taką samą izolacyjność cieplną, jak z odmianą Fasada GRAFIT, należy wybrać odpowiednio grubsze płyty Fasada EXPERT. Natomiast użycie grubszej warstwy ocieplenia nie zawsze jest możliwe, w zastosowaniu od wewnątrz zmniejsza też powierzchnię użytkową pomieszczenia.

Już wkrótce do portfolio FS Arbet dołączy nowy styropian Fasada GRAFIT o korzystnej wartości współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$  równej 0,032 W/(m·K). Dzięki swoim wyjątkowym właściwościom szary styropian zyskał w ostatnim czasie miano termoizo-


<b>CE</b>	
Nr identyf. notyfikowanego lab.: 1488/1434	
Producent: FS "ARBET" SP.J. 75-211 Koszalin, ul. Boh. W-wy 32 20	
Dwie ostatnie cyfry roku: 20	
Numer deklaracji:	
DWU/J/FASADA_GRAFIT/06.2020/100	
Specyfikacja techniczna: EN 13163:2012+A1:2015	
Niepowtarzalny kod identyfikacyjny typu wyrobu:	
ARBET/J/FG/EPS S/0,031/100	
T1-L2-W2-Sb2-P5-BS100-SS50-GM1000-DS(N)2-DS(70,-)2-TR100	
Zastosowanie Izolacja cieplna budynków	
$R_D^*$ [m <sup>2</sup> K/W]: 3,20	$d_N$ [mm]: <b>100</b>
$\lambda_D$ [W/mK]: <b>0,031</b>	
RIF E	*Właściwość nie zmienia się w czasie
Kod oznaczenia zgodny z ZA.1:	
EPS-EN 13163-T1-BS100-DS(70,-)2-TR100	
Informacje dodatkowe, nie towarzyszące oznakowaniu CE	
Nazwa wyrobu: <b>fasada GRAFIT</b>	
Kod oznaczenia wg EN 13163:2012+A1:2015:	
EPS-EN 13163-T1-L2-W2-Sb2-P5-BS100-SS50-GM1000-DS(N)2-DS(70,-)2-TR100	

lacji wyższej jakości i stał się symbolem energooszczędności. Jego zastosowanie pozwoli bowiem osiągnąć wymaganą poprawę izolacyjności przegrody, bez konieczności zwiększania dotychczasowej grubości warstwy ocieplenia.

W przypadku styropianów fasadowych ważna jest również wytrzymałość na rozciąganie, oznaczana symbolem TR widocznym na etykiecie wyrobu. Minimalny poziom TR dla płyt elewacyjnych, stosowanych w systemach ETICS wynosi 80 kPa. Natomiast płyty styropianowe o wyższej gęstości i spoiwości mają TR na poziomie 100, a nawet 120 kPa.

## WYTRZYMAŁA PODŁOGA I STROP

Do izolacji cieplnej podłóg, przede wszystkim tych na gruncie, stosowane są odpowiednie wyroby, np. płyty styropianowe **PODŁOGA/DACH EXPERT**, uwzględniające różne poziomy dopuszczalnych obciążeń. Podstawowym parametrem materiałów do izolacji podłogi jest naprężenie ściskające przy 10% odkształceniu, oznaczane symbolem CS(10). Wymagana wartość tego naprężenia również powinna być określona w projekcie ocieplenia. Standardowo, w budownictwie jednorodzinym stosowane są płyty o naprężeniu 60, 80 i 100 kPa [odpowiednio CS(10)60, CS(10)80 i CS(10)100]. Ważna jest również wartość współczynnika przewodzenia ciepła, który



**1488/1434**

Numer identyfikacyjny: **1488/1434**

Producent: **FS "ARBET" SP. J. 75-211 Koszalin, ul. Boh. W-wy 32**

Dwie ostatnie cyfry roku: **20**

Numer deklaracji: **20**

DWU/J/EP\_S\_100\_PODŁOGA\_DACH/08.2020/100

Specyfikacja techniczna: **EN 13163:2012+A1:2015**

Niepowtarzalny kod identyfikacyjny typu wyrobu:

**ARBET/J/E/100/EP\_S/100/0,036/100**

T2-L3-W3-Sb5-P10-BS150-CS(10)100-SS50-GM1000-DS(N)2-DS(70,-)2-DLT(1)5

Zastosowanie: Izolacja cieplna budynków

$R_D^*$  [m<sup>2</sup>K/W]: **2,75**

$\lambda_{D^*}$  [W/mK]: **0,036**

$d_N$  [mm]: **100**

RtF \* E \*Właściwości nie zmieniają się w czasie.

Kod oznaczenia zgodny z ZA-1:

EPS-EN 13163-T2-BS150-DS(70,-)2 **CS(10)100**

Informacje dodatkowe, nie tworzące oznakowania CE

Nazwa wyrobu: **EPS 100 podłoga/dach**

Kod oznaczenia wg EN 13163:2012+A1:2015:

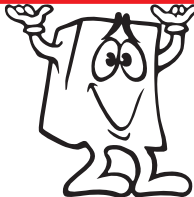
EPS-EN 13163-T2-L3-W3-Sb5-P10-BS150-CS(10)100-SS50-GM1000-DS(N)2-DS(70,-)2-DLT(1)5

może wynosić od 0,040 W/(m·K) – dla płyt o naprężeniu 60 kPa, do 0,036 W/(m·K) – dla płyt o naprężeniu 100 kPa, a nawet 0,031 W/(m·K) – dla płyt grafitowych.

## SKUTECZNE OCIEPLENIE TO MNIJSZE ZUŻYCIE ENERGII

Ocieplenie ścian i dachu to pierwszy etap prac termomodernizacyjnych. Stosowanie materiałów ociepleniowych, spełniających wysokie standardy aktualnych wymagań prawnych, pozwala uzyskać szczelne przegrody, przez które nie ucieka cenne ciepło. Dzięki temu do ogrzania domu potrzebujemy mniej energii, a więc zapłacimy niższe rachunki. Tak wiele możemy zyskać dzięki prawidłowej izolacji budynku i użyciu przy tym sprawdzonych wyrobów – płyt styropianowych FS Arbet. ■

## KONTAKT



**prawdziwy  
STYROPIAN**

Fabryka Styropianu ARBET  
ul. Bohaterów Warszawy 32, 75-211 Koszalin  
tel. 943 422 076-9, fax 943 422 390  
sekretariat@arbet.pl, www.arbet.pl

# Dla Profesjonalistów

# IZOLACJE

IZOLACJE.com.pl



Grupa  
**MEDIUM**

MGR INŻ. IRENEUSZ STACHURA

44

# JAK ELIMINOWAĆ MOSTKI CIEPLNE W BUDYNKU?

Planując budynek, czy to mieszkalny, czy o innej funkcji (np. biurowiec, hotel, szpital), projektant tworzy konkretną bryłę, która ma spełnić szereg funkcji – wizualną, funkcjonalną, ekonomiczną w fazie realizacji i eksploatacji – i zapewnić właściwe warunki do przebywania w tym budynku ludzi.

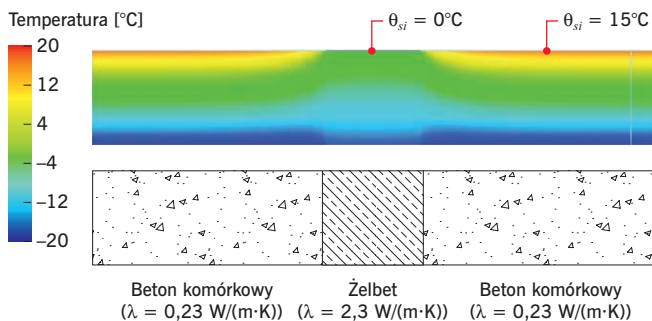
Optymalizacja kosztów eksploatacji, m.in. ogrzewania, dla każdego jest rzeczą oczywistą. Nieprzypadkowo przepisy budowlane (WT) [1] regulują i promują rozwiązania energooszczędne. Odnosi się to zarówno do wskaźnika rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną  $EP$  [ $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ ] dla poszczególnych rodzajów budynków (mieszkalnych, użyteczności publicznej, gospodarczych, produkcyjnych), jak i wymagań szczegółowych izolacyjności cieplnej przegród dotyczących wartości współczynnika przenikania ciepła  $U_C$  ścian, dachów, stropów i stropodachów oraz współczynnika  $U$  dla okien i drzwi.

## MOSTKI CIEPLNE – WRAŻLIWE MIEJSCA W BUDYNKU ZAPOMNIANE PRZEZ USTAWODAWCĘ

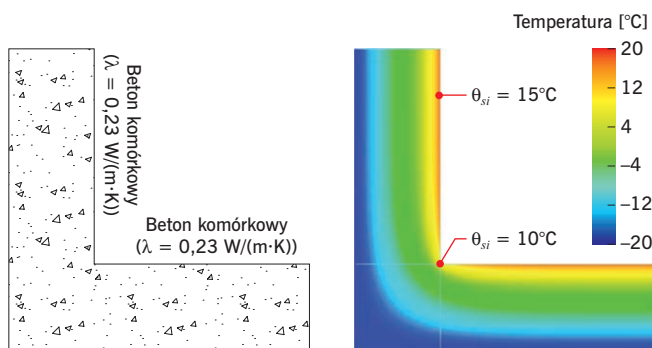
Niestety, zapomniano o ograniczeniach dla dopuszczalnych strat ciepła w miejscach, gdzie występują mostki cieplne (liniowe i punktowe). A w każdym budynku takich miejsc jest niemało. Wystarczy spojrzeć na schemat budynku pokazany w normie PN-EN ISO 14683 [2], aby uświadomić sobie, w jakich lokalizacjach mogą one występować. Są to:

- » węzeł ściany zewnętrznej i stropodachu,
- » balkony,
- » narożniki zewnętrzne i wewnętrzne,
- » złącze stropu ze ścianą zewnętrzną,
- » złącze ściany wewnętrznej ze ścianą zewnętrzną,
- » złącze podłogi na gruncie ze ścianą zewnętrzną,
- » złącze podłogi podwieszanej ze ścianą zewnętrzną,
- » słupy żelbetowe (rdzenie) w ścianie zewnętrznej,
- » złącze okna/drzwi ze ścianą zewnętrzną.

Wydawałoby się, że ww. norma stanowi wygodne narzędzie do obliczeń strat ciepła przez przenikanie. Nic bardziej mylnego. Norma ta podaje wartości orientacyjne, które mogą być wykorzystane tylko na etapie koncepcji, a nie w szczegółowych obliczeniach. Dla wielu schematów projektant zaj-



RYS. 1. Przykład materiałowego mostka cieplnego i rozkład temperatur w przegrodzie; rys.: autor



RYS. 2. Przykład geometrycznego mostka cieplnego i rozkład temperatur w przegrodzie; rys.: autor

muszą się obliczaniem strat ciepła powinien mieć do dyspozycji dokładniejsze dane dotyczące dodatkowych strat ciepła wskutek mostków cieplnych, aby wynik obliczeń był odzwierciedleniem detali zaprojektowanych przez architekta. Oczywiście można wykonać obliczenia komputerowe dla określenia wartości współczynnika  $\psi$  wg PN-EN 10211 [3], które dają największą dokładność (5%), ale w praktyce są bardzo rzadko wykonywane na potrzeby projektów.

Udział strat ciepła wskutek obecności mostków cieplnych w dobrze zaprojektowanym budynku może zostać ograniczony do kilku procent, a w budynku źle zaprojektowanym może wzrosnąć kilkakrotnie.

## RODZAJE MOSTKÓW CIEPLNYCH

Materiałowy mostek cieplny występuje, kiedy przegroda zewnętrzna składa się z materiałów różniących się znacznie współczynnikiem przewodzenia ciepła  $\lambda$  [W/m·K].

Na RYS. 1 jako przykład takiego mostka pokazano ścianę jednorodną z betonu komórkowego grubości 40 cm ( $\lambda = 0,23$  W/(m·K)), w której zaprojektowano żelbetowy rdzeń o wymiarach  $40 \times 40$  cm ( $\lambda = 2,3$  W/(m·K)).

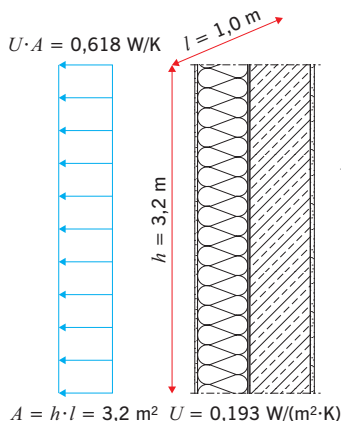
Geometryczny mostek cieplny występuje w przegrodzie, kiedy powierzchnia oddająca ciepło jest znacznie większa niż powierzchnia, która je przyjmuje, np. narożnik zewnętrzny budynku.

Na RYS. 2 pokazano przykład zewnętrznego narożnika jako geometrycznego mostka cieplnego w jednorodnej ścianie z betonu komórkowego grubości 40 cm ( $\lambda = 0,23$  W/(m·K)).

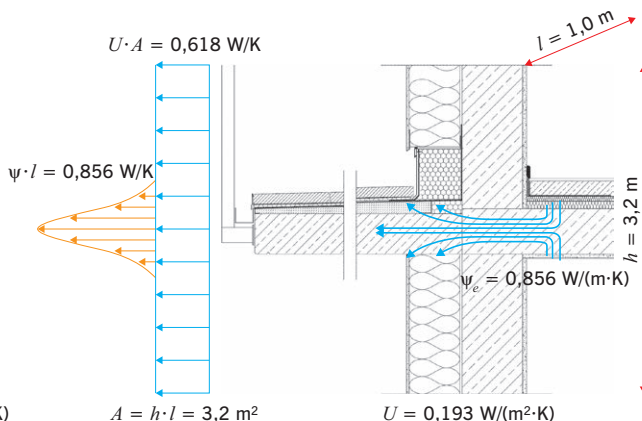
## WSKAŹNIKI CHARAKTERYZUJĄCE MOSTEK CIEPLNY

### Liniowy współczynnik przenikania ciepła $\psi$ [W/(m·K)]

Straty ciepła przez jednorodną przegrodę (np. ścianę) oblicza się jako iloczyn powierzchni tej ściany  $A$  [m<sup>2</sup>] i współczynnika przenikania ciepła przegrody  $U$  [W/m<sup>2</sup>·K] (RYS. 3).



**RYS. 3. Straty ciepła przez jednorodną przegrodę**  
– ściana zewnętrzna o wysokości  $h = 3,2$  m, długości  $l = 1,0$  m, powierzchni  $A = 3,2$  m<sup>2</sup>, współczynnika  $U = 0,193$  W/(m<sup>2</sup>·K); rys.: autor



**RYS. 4. Straty ciepła przez przegrodę zewnętrzną z balkonem** – ściana zewnętrzna o wysokości  $h = 3,2$  m, długości  $l = 1,0$  m, powierzchni  $A = 3,2$  m<sup>2</sup>, współczynnika  $U = 0,193$  W/(m<sup>2</sup>·K). Dodatkowe straty ciepła z uwagi na mostek cieplny spowodowany przez płytę balkonu – długość połączenia balkonu ze stropem  $l = 1,0$  m; liniowy współczynnik przenikania ciepła dla płyty balkonowej  $\psi_e = 0,856$  W/(m·K); rys.: autor

Kiedy mamy do czynienia z balkonem, pojawiają się dodatkowe straty ciepła związane z dłunością połączenia balkonu ze stropem, które opisuje liniowy współczynnik przenikania ciepła  $\psi$  [W/(m·K)] (RYS. 4). Dodatkowe straty ciepła są iloczynem długości połączenia balkonu ze stropem  $l$  [m] i liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\psi$  [W/(m·K)].

Całkowita strata ciepła wynikająca z przenikania przez obudowę budynku jest sumą strat przez powierzchnię ściany i przez liniowe połączenie balkonu i stropu:

$$H_D = \sum U \cdot A + \sum \psi \cdot l \text{ [W/K]},$$

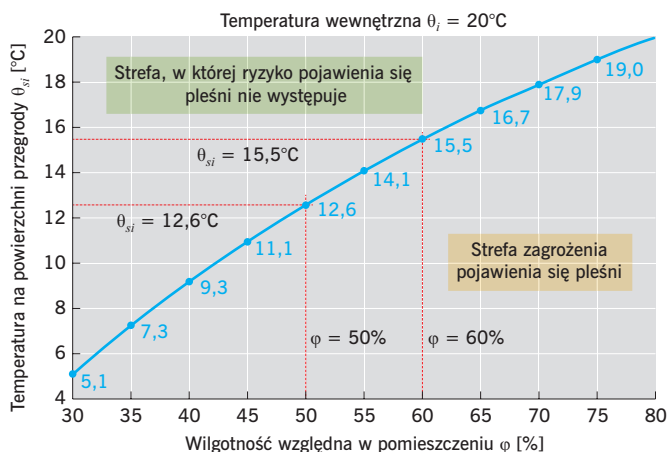
gdzie:

$H_D$  – współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej do otoczenia przez obudowę budynku.

### Temperatura na wewnętrznej powierzchni przegrody $\theta$ [°C]

Drugim, nie mniej istotnym, zagadnieniem związanym z mostkami cieplnymi jest lokalne obniżenie temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody (RYS. 1–2), możliwość kondensacji pary wodnej na zimnej powierzchni, a w dłuższej perspektywie powstanie grzybów pleśniowych. Tego nie wolno bagatelizować, mając na uwadze zdrowie przebywających w takim pomieszczeniu osób. Temu problemowi poświęcona jest przywołana w Warunkach Technicznych [1] norma PN-EN ISO 13788 [4]. RYS. 5, sporządzony na bazie wymagań ww. normy, pokazuje zależność temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody (poniżej której rozpoczyna się proces tworzenia grzybów pleśniowych) od wilgotności względnej w pomieszczeniu.

Z RYS. 5 możemy m.in. odczytać, że w normalnych warunkach w pomieszczeniu przy wilgotności względnej  $\phi = 50\%$  (pozioma oś wykresu) temperaturą powierzchni wewnętrz-



RYS. 5. Zależność temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody (poniżej której rozpoczyna się proces tworzenia grzybów pleśniowych) od wilgotności względnej w pomieszczeniu; rys.: autor

nej ściany/sufitu, poniżej której istnieje ryzyko powstania zagrzybienia, jest  $\theta = 12,6^\circ\text{C}$  (pionowa oś wykresu). Kiedy w pomieszczeniu panuje podwyższona wilgotność (np. w kuchni

lub w łazience), ryzyko pojawienia się pleśni wystąpi przy wyższej temperaturze na powierzchni przegrody (np. dla wilgotności względnej  $\varphi = 60\%$  temperatura ta wynosi  $\theta = 15,5^\circ\text{C}$ ). Na RYS. 6 pokazano skutek obniżonej temperatury w narożu ściany zewnętrznej i sufitu.



RYS. 6. Zagrzybienie w narożniku ściany i sufitu. Grzyb pleśniowy tworzy się, kiedy stworzone zostaną dla niego odpowiednie warunki – niska temperatura na powierzchni przegrody, wilgotność w pomieszczeniu i czas; rys.: Schöck

## MOSTKI CIEPLNE W BUDYNKU – STUDIUM PRZYPADKU NA PODSTAWIE ZASTOSOWANIA PRODUKTÓW I ROZWIĄZAŃ FIRMY SCHÖCK

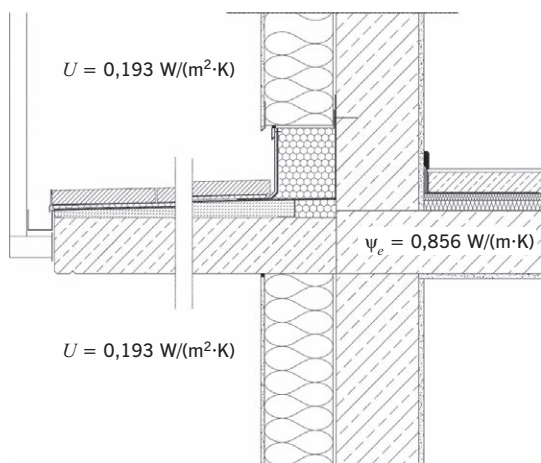
W dalszej części artykułu zostanie poddane analizie kilka typowych miejsc w budynku, w których ograniczenie strat ciepła wskutek mostka cieplnego może prowadzić do znacznej oszczędności energii.

### Balkony, daszki, loggie

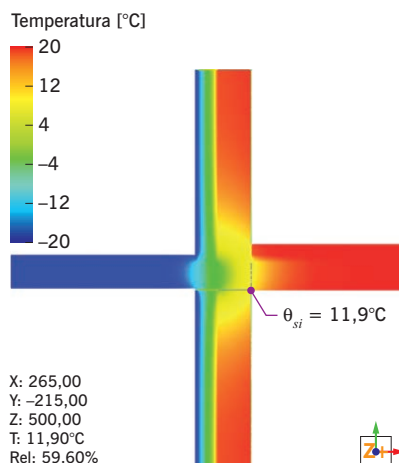
Płyta balkonu lub daszku będąca w nieogrzewanej części budynku może stanowić bardzo duży mostek cieplny w sytuacji, kiedy nie zostanie właściwie odizolowana od ogrzewanej części budynku. Na RYS. 7 pokazano przykład balkonu z mostkiem cieplnym.

Dodatkowa strata ciepła dla tego przypadku (ściana zewnętrzna o powierzchni  $A = 3,2 \text{ m}^2$  i współczynnika  $U = 0,193 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ) z powodu mostka cieplnego spowodowanego niezabezpieczoną termicznie płytą balkonu wyrażona jest przez współczynnik  $\psi_e = 0,856 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

Potwierdzeniem tak dużych strat dla takiego rozwiązania w balkonie jest wartość współczynnika  $\psi_e = 0,95 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  podana jako wartość orientacyjna w normie PN-EN ISO 14683 [2].



RYS. 7. Balkon z mostkiem cieplnym; rys.: autor



RYS. 8. Balkon z mostkiem cieplnym – rozkład temperatur; rys.: autor

Na RYS. 8 pokazano rozkład temperatur w balkonie z mostkiem cieplnym. Wyraźnie widoczne jest obniżenie temperatury w narożniku wewnętrznej powierzchni ściany ( $\theta_{si} = 11,9^\circ\text{C}$ ) i sufitu oraz w narożniku wewnętrznej powierzchni ściany i podłogi. Już przy wilgotności w pomieszczeniu poniżej 50% istnieje duże ryzyko powstania zagrzybienia wskutek kondensacji pary wodnej na wychłodzonej wewnętrznej powierzchni przegrody (RYS. 5).

### Łącznik termoizolacyjny pomiędzy płytą balkonu a stropem

Aby zabezpieczyć złącze płyty balkonu ze stropem przed negatywnymi skutkami mostka cieplnego, należy je zaprojektować tak, aby w maksymalny możliwy sposób ograniczyć w tym miejscu straty ciepła. Do tego celu służy łącznik termoizolacyjny Schöck Isokorb® – produkt łączący dwie funkcje:

- » izolowanie termiczne połączenia balkonu ze stropem,
- » przekazanie obciążenia z balkonu na strop (ciężar własny, warstwy wykończeniowe, ciężar balustrady, obciążenie użytkowe).

Konstrukcja łącznika izolacyjnego:

1. Korpus izolujący – materiałem jest Neopor®, czyli styropian z dodatkiem grafitu o współczynniku  $\lambda = 0,031 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , grubości 8 lub 12 cm.
2. Pręty zbrojenia przecinające łącznik (na rozciąganie i ścinanie), kotwione z jednej strony w płycie balkonu, z drugiej strony w stropie, ewentualnie w ścianie żelbetowej lub wieńcu. Pręty zbrojenia wykonane są ze stali nierdzewnej (bardzo ważne z uwagi na bezpieczeństwo połączenia w długim okresie użytkowania balkonu oraz ze względu na czterokrotnie mniejszy współczynnik przewodzenia ciepła ( $\lambda = 13 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ) w porównaniu do zwykłej stali zbrojeniowej ( $\lambda = 50 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ )).
3. Łożyska oporowe w dolnej części łącznika (odpowiadające za przeniesienie sił ściskających z balkonu na strop) wykonane są z wysoko wytrzymałego betonu. Wysoka wytrzymałość betonu jest bardzo istotna, tak by w łączniku udział tego betonu był jak najmniejszy. Powoduje to obniżenie, czyli poprawę współczynnika  $\lambda_{eq}$  dla całego produktu.





**RYŚ. 9. Lokalizacja łącznika termooizolacyjnego Schöck Isokorb® w połączeniu balkon–strop;** rys.: Schöck

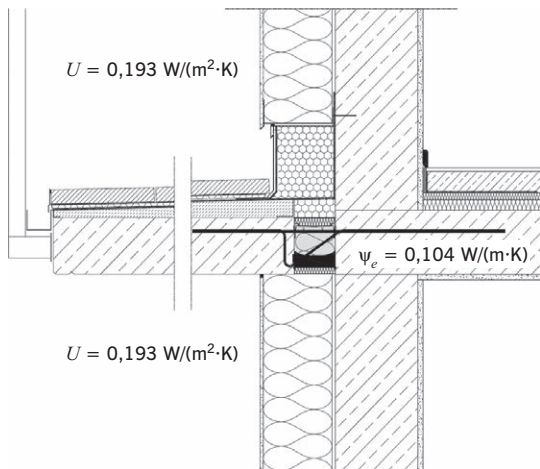
są przez współczynnik  $\psi_e = 0,104 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ . Ośmiokrotnie udało się zredukować straty ciepła w miejscu połączenia płyty balkonu ze stropem w porównaniu z niezabezpieczoną termicznie płytą balkonu (RYŚ. 7).

Na RYŚ. 11 pokazano rozkład temperatur w balkonie z łącznikiem termooizolacyjnym. Łącznik termooizolacyjny zamontowany pomiędzy płytą balkonu a stropem tworzy ciągłość zewnętrznej izolacji ściany i eliminuje mostek cieplny. Temperatura w narożniku wewnętrznej powierzchni ściany i sufitu oraz w narożniku wewnętrznej powierzchni ściany i podłogi jest o ponad 5°C wyższa od rozwiązania z niezabezpieczoną termicznie płytą balkonu (RYŚ. 8), co skutecznie zabezpiecza to miejsce przed powstaniem zagrzybienia (RYŚ. 5).

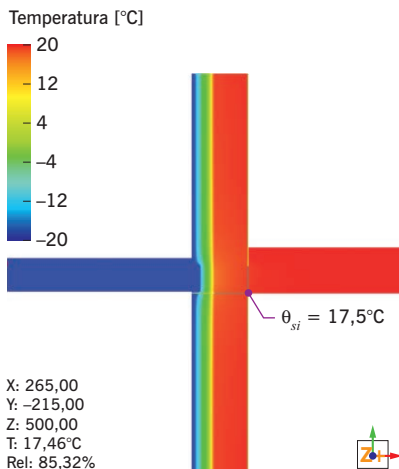
Łącznik termooizolacyjny montowany jest na etapie wykonywania konstrukcji budynku pomiędzy płytą stropu a płytą balkonu na granicy strefy ogrzewanej i nieogrzewanej, tworząc nieprzerwaną izolację zewnętrznej ściany budynku (RYŚ. 9).

Na RYŚ. 10 pokazano schematyczny przykład balkonu z zastosowanym łącznikiem termooizolacyjnym Schöck Isokorb®.

Dodatkowe straty ciepła dla tego przypadku (ściana zewnętrzna o powierzchni  $A = 3,2 \text{ m}^2$ , współczynniku  $U = 0,193 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ) z powodu zminimalizowanego mostka cieplnego dzięki zastosowaniu łącznika termooizolacyjnego Schöck Isokorb® XT typu K (gr. 12 cm, o współczynniku  $\lambda_{eq} = 0,10 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ) wyrażone



**RYŚ. 10. Balkon z łącznikiem termooizolacyjnym Schöck Isokorb® XT typu K;** rys.: autor



**RYŚ. 11. Balkon z łącznikiem termooizolacyjnym Schöck Isokorb® XT typu K – rozkład temperatur;** rys.: autor

## Żelbetowe balustrady tarasów, ścianki atykowe

Kolejne wrażliwe miejsce w budynku, w którym istnienie mostka cieplnego może skutkować powstaniem zagrzybienia, jest zewnętrzny narożnik. W tym miejscu mamy do czynienia z geometrycznym mostkiem cieplnym. Jeżeli w takim narożniku zostaje zaprojektowany balkon, żelbetowa balustrada tarasu lub ścianka atykowa, możemy mieć do czynienia

jednocześnie z dwoma nakładającymi się mostkami cieplnymi – materiałowym i geometrycznym. Problemem w tym miejscu może stać się niska temperatura na wewnętrznej powierzchni przegrody. Przykład takiego miejsca pokazano na RYS. 12.

Dodatkowa strata ciepła dla tego przypadku (ściana zewnętrzna o powierzchni  $A = 1,78 \text{ m}^2$ , współczynniku  $U = 0,193 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ; stropodach o powierzchni  $1,68 \text{ m}^2$ , współczynniku  $U = 0,144 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ) z powodu mostka cieplnego spowodowanego niezabezpieczoną termicznie żelbetową balustradą wyrażona jest przez współczynnik  $\psi_e = 0,432 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ .

Bardzo duże straty ciepła w ww. złączeniu potwierdza wartość współczynnika  $\psi_e = 0,60 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ , podana jako wartość orientacyjna w normie PN-EN ISO 14683 [2].

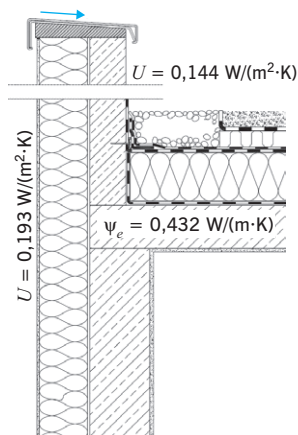
Na RYS. 13 pokazano rozkład temperatur w złączeniu niezabezpieczonej termicznie żelbetowej balustrady ze ścianą zewnętrzną i stropodachem. Wyraźnie widoczne jest obniżenie temperatury na połączeniu wewnętrznej powierzchni ściany i sufitu ( $\theta_{si} = 11,2^\circ\text{C}$ ). Jest ono jeszcze bardziej znaczne wskutek nałożenia się materiałowego (balustrada) i geometrycznego (narożnik zewnętrzny) mostka. Podobnie jak w przypadku balkonu (RYS. 7–8), już przy wilgotności względnej w pomieszczeniu ok. 45% istnieje duże ryzyko powstania zagrzybienia wskutek kondensacji pary wodnej na wychłodzonej wewnętrznej powierzchni przegrody (RYS. 5).

## Łącznik termoizolacyjny pomiędzy pionową balustradą a stropodachem

Podobnie jak w przypadku balkonów, zminimalizowanie mostka cieplnego w złączeniu pionowej balustrady, względnie atyki i stropodachu polega na „termicznym odcięciu” elementu balustrady, względnie atyki od ogrzewanej strefy budynku poprzez zastosowanie łącznika termoizolacyjnego. Ideę takiego rozwiązania przedstawia RYS. 14.

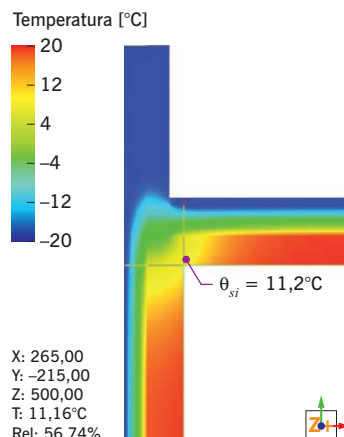
Jego budowa trochę różni się od łącznika stosowanego w balkonach. Dostępne są dwie możliwości zamocowania pionowej balustrady, względnie ścianki atykowej do konstrukcji stropodachu:

- » w poziomie z wykorzystaniem łącznika XT typu A,
- » w pionie z wykorzystaniem łącznika XT typu F.



RYS. 12. Żelbetowa balustrada tarasu z mostkiem cieplnym;

rys.: autor



RYS. 13. Żelbetowa balustrada tarasu z mostkiem cieplnym – rozkład temperatur;

rys.: autor

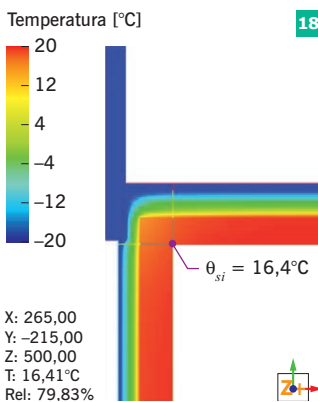
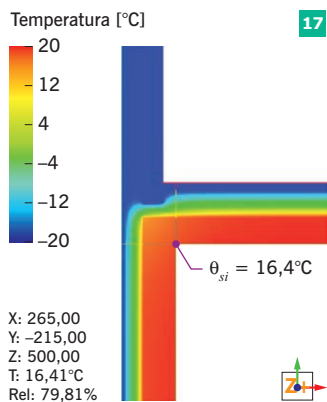
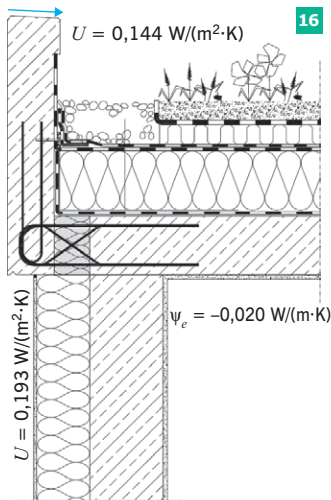
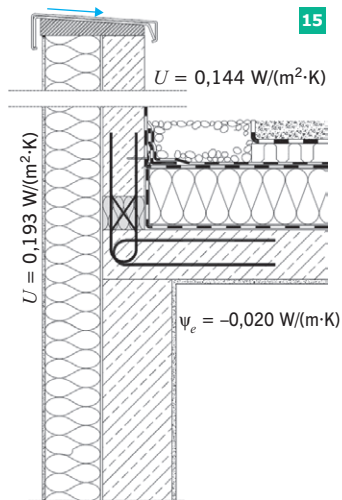


**RYS. 14. Lokalizacja łączników termoizolacyjnych Schöck Isokorb® XT typu A w połączeniu balustrady tarasu ze stropodachem; rys.: Schöck**

Na RYS. 15 pokazano schematyczny przykład pionowej balustrady żelbetowej z zastosowanym łącznikiem termoizolacyjnym Schöck Isokorb® XT typu A, a na RYS. 16 z zastosowanym łącznikiem termoizolacyjnym Schöck Isokorb® XT typu F.

Na RYS. 17–18 pokazano rozkład temperatur w złączy pionowej balustrady żelbetowej ze stropodachem i ścianą zewnętrzną z zastosowanymi łącznikami termoizolacyjnymi XT typu A (RYS. 17) i XT typu F (RYS. 18). Zastosowanie

ww. łączników pozwala na stworzenie ciągłej izolacji łączącej izolację ściany zewnętrznej z izolacją stropodachu. Skuteczne wyeliminowanie mostka cieplnego w tym miejscu powoduje, że temperatura w narożniku na wewnętrznej powierzchni ściany i sufitu jest o ponad 5°C wyższa

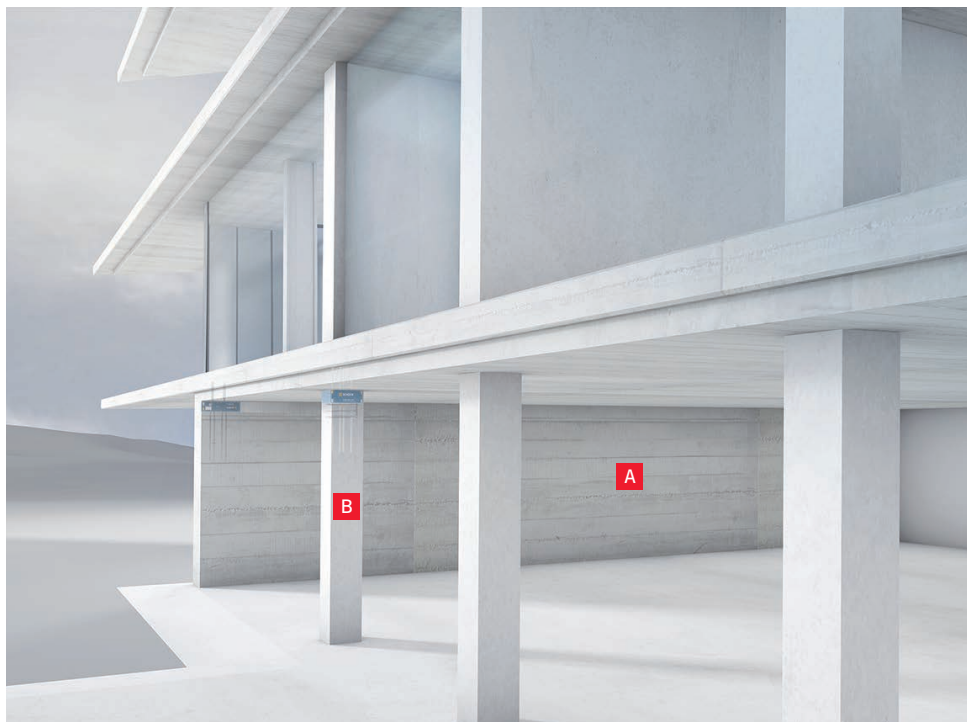


**RYS. 15. Żelbetowa balustrada tarasu z łącznikiem termoizolacyjnym Schöck Isokorb® XT typu A; rys.: autor**

**RYS. 16. Żelbetowa balustrada tarasu z łącznikiem termoizolacyjnym Schöck Isokorb® XT typu F; rys.: autor**

**RYS. 17. Żelbetowa balustrada tarasu z łącznikiem termoizolacyjnym Schöck Isokorb® XT typu A – rozkład temperatur; rys.: autor**

**RYS. 18. Żelbetowa balustrada tarasu z łącznikiem termoizolacyjnym Schöck Isokorb® XT typu F – rozkład temperatur; rys.: autor**



RYS. 19. Żelbetowa ściana nośna w nieogrzewanej części budynku jako podparcie dla stropu – miejsce potencjalnego liniowego mostka cieplnego (A) oraz punktowe podparcie stropu słupem żelbetowym – miejsce potencjalnego punktowego mostka cieplnego (B); rys.: Schöck

od rozwiązania z niezabezpieczoną termicznie balustradą, co skutecznie zabezpiecza to miejsce przed powstawaniem zagrzybenia (RYS. 5).

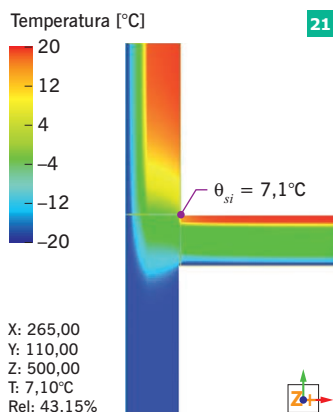
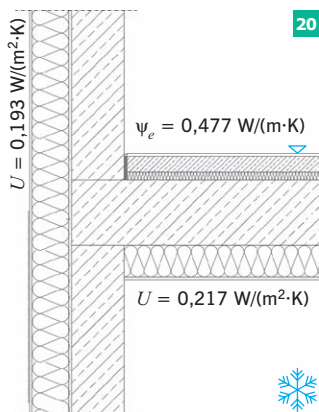
### Żelbetowe ściany pod i nad ogrzewaną częścią budynku

Statystycznie mostków cieplnych w połączeniach ścian znajdujących się w nieogrzewanej strefie budynku połączonych konstrukcyjnie z częścią ogrzewaną może być najwięcej, szczególnie w przypadku budynków niskich. Na RYS. 19 pokazano wizualizację takiego miejsca w budynku.

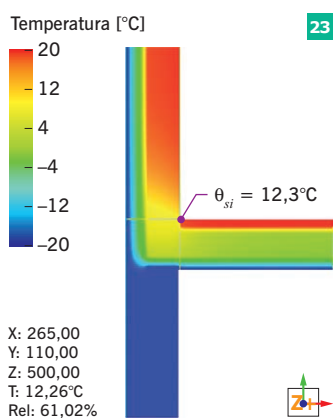
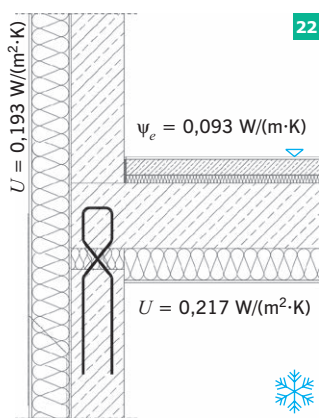
Przykładem takiego miejsca jest połączenie ściany nieogrzewanego parkingu podziemnego ze stropem, nad którym znajdują się pomieszczenia ogrzewane (RYS. 20).

Dodatkowa strata ciepła dla tego przypadku (ściana zewnętrzna o powierzchni  $A = 1,8 \text{ m}^2$ , współczynniku  $U = 0,193 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ; strop nad nieogrzewanym pomieszczeniem o powierzchni  $1,68 \text{ m}^2$ , współczynniku  $U = 0,217 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ) z powodu mostka cieplnego spowodowanego niezabezpieczoną termicznie żelbetową ścianą wyrażona jest przez współczynnik  $\psi_e = 0,477 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ . Szacunkowe straty ciepła dla takiego przypadku można odczytać z normy PN-EN ISO 14683 [2] ( $\psi_e = 0,75 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ).

Dużo większy problem może powodować w tym miejscu niska temperatura na wewnętrznej powierzchni ściany na styku z podłogą wynosząca  $\theta_{si} = 7,1^\circ\text{C}$  (RYS. 21). Powstanie w tym miejscu zagrzybenia jest bardzo realne.



RYS. 20. Żelbetowa zewnętrzna ściana parkingu w nieogrzewanej części budynku tworzy liniowy mostek cieplny w złączeniu ze stropem; rys.: autor



RYS. 21. Żelbetowa zewnętrzna ściana parkingu w nieogrzewanej części budynku tworząca liniowy mostek cieplny – rozkład temperatur; rys.: autor

RYS. 22. Rozwiązanie żelbetowej zewnętrznej ściany parkingu w nieogrzewanej części budynku z zastosowaniem łącznikiem Schöck Sconnex® typu W znacznie minimalizuje straty ciepła w powodu mostka cieplnego w miejscu połączenia ze stropem; rys.: autor

RYS. 23. Żelbetowa zewnętrzna ściana parkingu w nieogrzewanej części budynku z zastosowaniem łącznikiem Schöck Sconnex® typu W – rozkład temperatur; rys.: autor

### Łącznik termoizolacyjny pomiędzy żelbetową ścianą/słupem a stropem

Produkt stosowany w tego typu miejscach w celu zminimalizowania mostka cieplnego oczywiście oprócz funkcji izolującej ma za zadanie przeniesienie bardzo dużych sił ściskających. Dlatego jego budowa zasadniczo różni się od łączników stosowanych w balustradach żelbetowych i ściankach attykowych. Takimi produktami jest grupa produktów Schöck Sconnex® wykorzystywana do złączy liniowych (połączenie ściana–strop oraz złączy punktowych (połączenie słup–strop).

Na RYS. 22 pokazano przykład zewnętrznej żelbetowej ściany znajdującej się w nieogrzewanej części budynku (np. parking), do której został zamontowany łącznik termoizolacyjny Schöck Sconnex® typu W. Element ten „uciągnął” izolację poziomą stropu nad parkingiem z izolacją ściany zewnętrznej, redukując pięciokrotnie straty ciepła przez złącze liniowe (współczynnik  $\psi$ ).

Na RYS. 23 pokazano rozkład temperatur w złączeniu żelbetowej ściany zewnętrznej parkingu ze stropem i ścianą zewnętrzną w strefie ogrzewanej z zastosowanym łącznikiem termoizolacyjnym Schöck Sconnex® typu W. Temperatura na wewnętrznej powierzchni ściany przy podłodze wzrosła o ponad 5°C (z  $\theta_{si} = 7,1^\circ\text{C}$  do  $\theta_{si} = 12,3^\circ\text{C}$ ), znacznie zmniejszając zagrożenie kondensacji pary wodnej na powierzchni ściany i pojawienia się pleśni.

## Zatrzymajmy ciepło w budynku

W zaprojektowanej bridle budynku projektant, wskutek wymagań zawartych w Warunkach Technicznych [1], jest zobowiązany do zastosowania takich rozwiązań w ścianach zewnętrznych, stropodachach, oknach, które spełniają maksymalną dopuszczalną wartość współczynnika przenikania ciepła  $U$  [W/(m<sup>2</sup>·K)]. Niestety ustawodawca nie zadbał o odpowiednie wymagania precyzujące dopuszczalne straty ciepła w połączeniach liniowych, czyli miejscach występowania mostków cieplnych. Brak takich bezpośrednich wymagań może skutkować tym, że przez obudowę budynku przenika dużo więcej ciepła, niż byśmy tego oczekiwali. Szczególnie dodatkowe duże straty możemy zanotować w złączach m.in. balkonów, pionowych ścianek attykowych, okien ze ścianą zewnętrzną. Orientacyjne wartości dostępne są we wspomnianej już normie PN-EN ISO 14683 [2]. Norma ta niestety często wykorzystywana jest do obliczeń cieplnych, które powinny bazować na bardziej dokładnych danych.

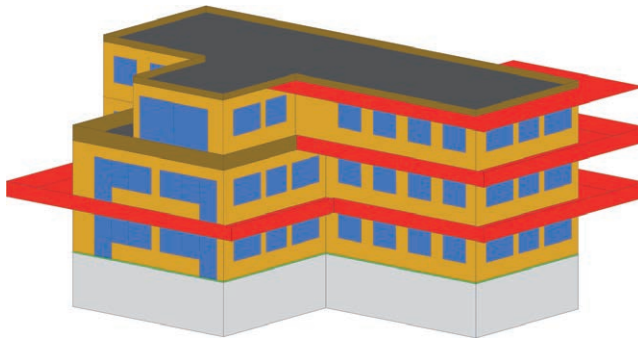
Poniższy przykład pokaże, jaki jest udział mostków cieplnych w całkowitych stratach ciepła przez przenikanie, kiedy będziemy bazować tylko na orientacyjnych danych dotyczących strat ciepła zawartych w normie [2], a jaki, kiedy te mostki policzymy dokładnie (w omawianych przypadkach do obliczeń wykorzystany został program AnTherm [5]). W omawianym przykładzie, w związku z prezentowanymi rozwiązaniami firmy Schöck, porównano tylko straty ciepła w mostkach cieplnych w balkonach, balustradach i attykach oraz żelbetowych ścianach nieogrzewanego parkingu.

Dane:

- » Ściana zewnętrzna: powierzchnia całkowita  $A = 581$  m<sup>2</sup>; współczynnik  $U = 0,193$  W/(m<sup>2</sup>·K) < 0,20 W/(m<sup>2</sup>·K) – spełnione wymaganie [1].
- » Okna i drzwi: powierzchnia całkowita  $A = 256,1$  m<sup>2</sup>; współczynnik  $U = 0,90$  W/(m<sup>2</sup>·K) = 0,90 W/(m<sup>2</sup>·K) – spełnione wymaganie [1].
- » Stropodach: powierzchnia całkowita  $A = 402,0$  m<sup>2</sup>; współczynnik  $U = 0,144$  W/(m<sup>2</sup>·K) < 0,15 W/m<sup>2</sup>·K – spełnione wymaganie [1].
- » Strop nad pomieszczeniem nieogrzewanym; powierzchnia całkowita  $A = 402,0$  m<sup>2</sup>; współczynnik  $U = 0,217$  W/(m<sup>2</sup>·K) < 0,25 W/(m<sup>2</sup>·K) – spełnione wymaganie [1].
- » Liniowe złącze balkon–strop/daszek–strop; długość  $l = 157,5$  m; współczynnik  $\psi_e = 0,95$  W/(m·K) (wg danych w normie [2]);  $\psi_e = 0,856$  W/(m·K) (obliczenia dokładne – wersja – mostek cieplny – RYS. 7);  $\psi_e = 0,104$  W/(m·K) (obliczenia dokładne – wersja – Schöck Isokorb® XT – RYS. 10) – brak wymagań w [1].
- » Liniowe złącze balustrada–strop/attyka–strop; długość  $l = 115,0$  m; współczynnik  $\psi_e = 0,60$  W/(m·K) (wg danych w normie [2]);  $\psi_e = 0,432$  W/(m·K) (obliczenia dokładne – wersja – mostek cieplny – RYS. 12);  $\psi_e = -0,020$  W/(m·K) (obliczenia dokładne – wersja – Schöck Isokorb® XT Typ A – RYS. 15) – brak wymagań w [1].
- » Liniowe złącze ściana–strop nad pomieszczeniem nieogrzewanym; długość  $l = 94,0$  m; współczynnik  $\psi_e = 0,75$  W/(m·K) (wg danych w normie [2]);  $\psi_e = 0,477$  W/(m·K) (obliczenia dokładne – wersja – mostek cieplny – RYS. 20);  $\psi_e = 0,093$  W/(m·K) (obliczenia dokładne – wersja – Schöck Sconnex® Typ W – RYS. 22) – brak wymagań w [1].

Na RYS. 24 pokazano ww. przykład analizowanego budynku.

Straty ciepła przez obudowę budynku to suma strat przez elementy ścian, okien, stropodachu, stropu nad pomieszczeniem nieogrzewanym, w których jednostką jest 1 m<sup>2</sup> powierzchni,



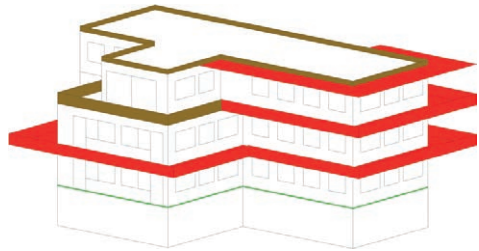
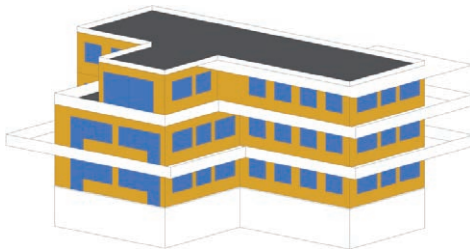
RYS. 24. Budynek przyjęty do analizy strat ciepła przez przenikanie: kolor brązowy – ściany zewnętrzne; kolor czarny – stropodach; kolor niebieski – okna i drzwi; kolor czerwony – balkony i daszki; kolor ciemny brąz – balustrady tarasu i ścianki attykowe; kolor zielony – złącze ściana–strop nad помещением nieogrzewanym. Niewidoczny strop nad помещением nieogrzewanym; rys.: autor

Straty ciepła przez przenikanie – współczynnik  $H_D$  [W/K]

$$\sum U \cdot A \text{ [W/K]}$$

+

$$\sum \psi \cdot l \text{ [W/K]}$$



RYS. 25. Budynek przyjęty do analizy strat ciepła przez przenikanie: lewa strona – straty wskutek przenikania przez powierzchnię – miarodajny współczynnik  $U$ ; prawa strona – straty wskutek przenikania przez złącza liniowe – miarodajny współczynnik  $\psi$ ; rys.: autor

oraz strat przez połączenia liniowe balkonów, okien, balustrad i liniowych złączy ścian piwnic ze stropem nad помещением nieogrzewanymi, których jednostką jest 1 m złącza – schemat pokazano na RYS. 25. Wyniki obliczeń zestawiono w TABELI.

## WNIOSKI

1. Mostki cieplne mogą mieć znaczny udział w stratach ciepła w budynku. Wartości orientacyjne podawane w PN-EN ISO 14683 [2] nie mogą w żadnym wypadku służyć do obliczeń cieplnych, ponieważ wyniki wykonane na bazie tego dokumentu będą niewiarygodne, szczególnie kiedy w budynku miejsc takich będzie dużo – powyższy przykład jest tego dowodem.
2. Dokładne (komputerowe) metody obliczeń wg PN-EN 10211 [3] dają możliwość otrzymania realnych wyników.
3. Bagatelizowanie w procesie projektowania miejsc, w których przez mostki przenika znaczna ilość ciepła, może prowadzić do bardzo dużego udziału mostków w całkowitych stratach ciepła przez przenikanie (w analizowanym przykładzie to aż 32%).
4. Brak bezpośrednich wymagań dotyczących strat ciepła w złączach liniowych niestety nie pomaga w optymalnym energooszczędnym projektowaniu. Stworzono bardzo surowe wymagania dotyczące współczynników  $U$  (m.in. ściany, stropodachy, okna), a pozostawiono „nie-

Element konstrukcji budynku	Współczynnik przenoszenia ciepła przez obudowę budynku $H_b$ [W/K]						
	$\sum A \cdot U$	$\sum \psi \cdot l$					
		wg normy PN-EN 14683 [2] – wartości orientacyjne		mostek cieplny – obliczenia dokładne		z rozwiązaniami firmy Schöck – obliczenia dokładne	
	[W/K]	[W/K]	%	[W/K]	%	[W/K]	%
Ściana zewnętrzna	112,1		14,4		15,6		21,9
Okna/drzwi	230,5		29,7		32,1		45,0
Stropodach	57,9		7,5		8,1		11,3
Strop nad piwnicą	87,2		11,2		12,2		17,0
Balustrady + atyki		69,0	8,9	49,7	6,9	-0,2	0,0
Balkony + daszki		149,6	19,3	134,8	18,8	16,4	3,2
Ściany piwnic		70,5	9,1	44,8	6,3	8,7	1,7
Suma	487,7	289,1	100,0	229,3	100,0	24,9	100,0
Razem $\sum A \cdot U + \sum \psi \cdot l$		776,9		717,1		512,6	
Udział strat w mostkach		37,2%		32,0%		4,9%	

TABELA. Wartości współczynnika przenoszenia ciepła przez obudowę budynku dla elementów konstrukcji budynku

szczelności” w przepisach w postaci braku wymagań dla strat ciepła w liniowych mostkach cieplnych.

## LITERATURA

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
2. PN-EN ISO 14683, „Mostki cieplne w budynkach. Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne”.
3. PN-EN 10211, „Mostki cieplne w konstrukcji budowlanej. Przepływy ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe”.
4. PN-EN ISO 13788, „Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacji międzywarstwowej. Metody obliczania”.
5. AnTherm – program do obliczeń cieplnych.

**IRENEUSZ STACHURA** – magister inżynier budownictwa lądowego w specjalności konstrukcje budowlane i inżynierskie. Studiował na Politechnice Częstochowskiej w latach 1977–1982. Od 2005 r. pracuje w firmie Schöck jako inżynier produktu. Przedmiotem jego zainteresowań jest fizyka budowli – zagadnienia mostków cieplnych i akustyka w budynkach.





Sprawdź na

**eb**  
**ekspertbudowlany.pl**

**bezpłatne poradniki**

**w formie e-booków**

*Czytaj, jak lubisz!*

MARTA WYSOCKA, PRODUCT & SPECIFICATION MANAGER W FIRMIE DRYVIT SYSTEMS USA (EUROPE) SP. Z O.O.

58

## JAK PRAWIDŁOWO MONTOWAĆ SYSTEMY OCIEPLEŃ ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH?

Porady eksperta Dryvit

Zastosowanie systemu ocieplania ścian zewnętrznych metodą ETICS (External Thermal Insulation Composite System), w nowym obiekcie lub w ramach termomodernizacji, to jedna z najbardziej skutecznych technologii obniżania kosztów związanych z ogrzewaniem lub chłodzeniem budynku.

Metoda ta wykorzystuje zestaw dopasowanych do siebie produktów, niezbędnych do prawidłowego wykonania izolacji termicznej wraz z wykończeniową powłoką tynkarską. Odpowiednio zaprojektowana i wykonana pozwala poprawić izolacyjność termiczną ścian zewnętrznych, a tym samym prowadzi do zmniejszenia zapotrzebowania obiektu na energię.

Na etapie projektowania systemu ocieplania elewacji kluczowe znaczenie ma prawidłowy dobór grubości izolacji cieplnej oraz przewidywanie rozwiązań pozwalających na uniknięcie mostków termicznych, m.in. zwrócenie uwagi na prawidłowy, szczelny montaż drzwi i okien przy zastosowaniu specjalistycznych, zaawansowanych technologicznie produktów, np. marki illbruck.

Poza kwestiami ekonomicznymi, związanymi z obniżeniem rachunków, rośnie także świadomość korzyści dla środowiska naturalnego wynikających z termomodernizacji. Rozpatrując systemy ETICS w ujęciu ekologicznym, warto pamiętać o możliwości zastosowania klejów na bazie cementów o obniżonej emisji CO<sub>2</sub>, styropianów EPS wykonywanych z surowców z recyklingu, oraz farb i tynków o niskiej emisji lotnych związków organicznych.

Obok jakości materiałów oraz odpowiedniej eksploatacji obiektu profesjonalne wykonanie systemu ocieplania budynku to jeden z najważniejszych czynników, który decyduje o tym, czy system ETICS będzie zachowywał swoje właściwości oraz spełniał stawiane przed nim wymagania techniczno-użytkowe przez lata.



Marta Wysocka, Product & Specification Manager w firmie Dryvit Systems USA (Europe) Sp. z o.o.



## PODSTAWOWE ZASADY INSTALACJI SYSTEMÓW OCIEPLEŃ

### 1. Prawidłowe przygotowanie podłoża

Podłoże to jeden z kluczowych elementów, który wpływa na zachowanie całego systemu w dłuższej perspektywie, dlatego warto poświęcić czas i energię na jego prawidłowe przygotowanie. Należy zadbać o to, aby było gładkie, czyste, suche, dobrze związane, a przy tym wolne od nalotów, wykwitów, tłustych plam i innych środków, które mogą utrudniać przyczepność kolejnych warstw. Ponadto podłoże powinno spełniać kryteria tolerancji odchyień powierzchni i krawędzi. Wszelkie nierówności większe niż dopuszczalne przez producenta systemu ETICS należy wyrównać nie poprzez grubsze nakładanie zaprawy klejącej, ale kompensować grubością materiału termoizolacyjnego, który można odpowiednio zeszlifować. Zbyt duża ilość zaprawy klejącej nie tylko zwiększa ciężar systemu ETICS, ale również wydłuża czas wiązania i sprawia, że jest on bardziej podatny na powstawanie rys skurczowych.

### 2. Sprawdzenie wytrzymałości podłoża na odrywanie

Podłoże, do którego mocowany jest system ocieplania, musi być statyczne i nośne. Warstwa termoizolacji powinna być z nim dobrze związana za pomocą zaprawy klejącej, ewentualnie także zamocowana za pomocą łączników mechanicznych, które stanowią dodatkowy element wzmacniający, przeciwdziałający sile ssania wiatru. Zwłaszcza w przypadku starszych budynków należy sprawdzić, czy istniejąca okładzina jest spójna z podłożem. Do weryfikacji jej wytrzymałości na odrywanie, która według wytycznych Stowarzyszenia na Rzecz Systemów Ociepleń powinna wynosić co najmniej 0,08 MPa, stosuje się badanie „pull off”. W przypadku, gdy podłoże wykazuje niską przyczepność, nie można uznać go za odpowiednie do zamocowania wyłącznie za pomocą zaprawy klejącej. Warto także sprawdzić siłę zamocowania mechanicznych łączników.



### 3. Bezwzględne przestrzeganie reżimu technologicznego

W czasie wykonywania systemu ocieplania ważne jest stosowanie się do wymogów technologicznych, w tym zachowywanie odpowiednich przerw między kolejnymi etapami prac. Równie istotne jest przestrzeganie zaleceń dotyczących warunków atmosferycznych. W czasie realizacji robót oraz w fazie wysychania temperatura otoczenia i podłoża nie powinna być niższa niż  $+5^{\circ}\text{C}$ , w przypadku materiałów silikatowych dolna granica to  $+8^{\circ}\text{C}$ . Za górną granicę przyjmuje się  $+25^{\circ}\text{C}$ . Dodatkowo podczas prac wykonawczych i w fazie wiązania materiały należy chronić przed deszczem, silnym nasłonecznieniem czy wiatrem. Szczegółowe wymagania są określane przez producentów systemów ociepleń ścian zewnętrznych.

### 4. Prawidłowa koordynacja z innymi pracami na budowie

Przy ocenie warunków prac wykończeniowych należy uwzględnić inne prace trwające w obiekcie budowlanym, które mogłyby mieć wpływ na istotną zmianę tych warunków. Może to być np. znaczne zwiększenie wilgotności podłoża i powietrza spowodowane nakładaniem tynków gipsowych wewnątrz budynku.

### 5. Stosowanie wyłącznie kompletnych systemów

Poza przestrzeganiem technologii wykonania należy zawsze pamiętać o tym, aby stosować tylko te materiały, które dany producent przewiduje w swoim systemie. Jakikolwiek zmiany poszczególnych elementów systemu na składniki pochodzące od innych producentów, często tańsze i gorszej jakości, czyli tworzenie tzw. składaków, są niedopuszczalne, chyba że jest to dozwolone w wytycznych producenta i dostawcy danego systemu. Takie działanie powoduje także utratę gwarancji i zwiększa ryzyko szkód.

### 6. Dobre praktyki w zakresie techniki wykonywania systemów ocieplania

W wybranych kwestiach związanych z techniką wykonywania systemów ocieplania specjaliści mogą się różnić, są jednak zasady, co do których panuje powszechna zgoda. Podczas mocowa-



nia płyt termoizolacyjnych do podłoża zaprawa klejowa powinna być nanoszona metodą obwodowo-punktową i pokrywać ok. 40% powierzchni płyty. Płyty termoizolacyjne należy układać tak, aby szczelnie do siebie przylegały. Wszelkie szpary powinny być wypełnione paskami z tego samego materiału izolacyjnego, aby zapobiec powstawaniu tzw. mostków termicznych.

Przed zamontowaniem warstwy zbrojącej na całej powierzchni należy wykonać dodatkowe zbrojenie, zabezpieczające otwory okienne, drzwiowe oraz narożniki. Przy wykonywaniu warstwy zbrojącej, siatkę należy zatopić w naniesionej wcześniej zaprawie

klejącej i wyrównać w taki sposób, aby jej oczka nie były widoczne. Jest to niezwykle istotne, ponieważ prawidłowe zabezpieczenie siatką z klejem i tynkiem gwarantuje utrzymanie parametrów izolacyjności systemu i chroni przed szkodliwym wpływem czynników atmosferycznych.

Ze względów estetycznych warto pamiętać o tym, żeby w momencie przystępowania do wykonywania wierzchnich warstw wykończeniowych, czyli wypraw tynkarskich lub elewacyjnych powłok malarskich, mieć przygotowaną ilość materiału pozwalającą na wykonanie całej ściany. Pozwala to uniknąć różnic w kolorystyce spowodowanych zastosowaniem materiałów z różnych partii produkcyjnych.

Warto przestrzegać opisanych zasad aplikacji, ponieważ zapewniają one skuteczność izolacyjności termicznej ścian zewnętrznych, co z kolei pozwala ograniczyć koszty energii potrzebnej na ogrzewanie lub chłodzenie budynku. ■

## KONTAKT



Dryvit Systems USA (Europe) Sp. z o.o.  
Krże Duże 7, 96-325 Radziejowice  
tel. kom. 506 000 509  
[www.dryvit.pl](http://www.dryvit.pl)  
[www.cpg-europe.com](http://www.cpg-europe.com)



Dryvit Systems USA (Europe) Sp. z o.o. to producent wysokiej jakości systemów ociepleń i materiałów elewacyjnych, które w wielu aspektach przewyższają obowiązujące normy. Szeroka gama rozwiązań daje nieograniczone możliwości architektom i inwestorom. Na podstawie rozwiązań marki Instytut Techniki Budowlanej stworzył wytyczne do oceny systemów ociepleń w Polsce. Produkty Dryvit obecne są na polskim rynku ponad 30 lat. Marka Dryvit stanowi część CPG Europe.

PAWEŁ SIEMIENIUK

62

## OCIEPLENIE PODDASZA – TRADYCYJNIE I NOWOCZEŚNIE

Dobrze ocieplone poddasze to przede wszystkim komfort ciepły panujący w pomieszczeniach użytkowych zimą – na tym powinno zależeć nam najbardziej. Przekłada się to także na niższe rachunki za ogrzewanie, co również jest istotne, szczególnie teraz. Ponadto prawidłowe wykonanie wszystkich warstw dachu zapobiega nadmiernemu nagrzewaniu się wewnątrz pod skosami.

Ocieplenie poddasza wykonujemy w momencie, gdy dom został doprowadzony do stanu surowego zamkniętego. Nie musi być wykończony, ale konieczne powinny być w nim zamontowane okna i ułożone pokrycie dachowe. Do izolacji cieplnej wykorzystujemy materiały lekkie i sprężyste, aby zbyt mocno nie obciążały konstrukcji dachowej, a jednocześnie dokładnie wypełniały przestrzeń między krokiewiami. Zazwyczaj stosuje się wełnę mineralną, styropian i – coraz częściej – piankę PUR. Niezależnie od tego, na jaki materiał ociepleniowy się zdecydujemy, należy wziąć pod uwagę współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda$  (lambda). Zasada jest taka, że im jego wartość jest niższa, tym lepiej, materiał ma bowiem wtedy lepsze właściwości izolacyjne. Pamiętajmy jednak, że o komforcie ciepłym na poddaszu decyduje nie tylko materiał ociepleniowy – nawet najwyższej jakości. Nieprawidłowy układ warstw izolacyjnych, nieciągłość materiału izolacyjnego, a także brak wentylacji (lub niedostateczna wentylacja) mogą być powodem zawilgocenia, rozwoju grzybów czy pleśni, a nawet gnicia drewnianej więźby. Dlatego aby zapewnić jak najlepsze warunki w pomieszczeniach pod skosami i uniknąć kosztownego remontu dachu, zadbajmy o wszystkie warstwy dachu.

### WSTĘPNE KRYCIE – NAD OCIEPLENIEM

Bezpośrednio nad izolacją termiczną musi znajdować się warstwa, która z jednej strony będzie nieprzepuszczalna dla cieczy, gdy woda opadowa czy roztopowa przedostanie się pod dach, a z drugiej umożliwi niezakłócone ujście pary wodnej z wnętrza domu, zapobiegając w ten sposób zawilgoceniu ocieplenia i więźby dachowej. Będzie też oczywiście uniemożliwiać wywiewanie ciepła z domu. Jako warstwę wstępnego krycia zazwyczaj stosuje się folie lub membrany wstępnego krycia (FWK lub MWK). Są one wytrzymałe na rozciąganie i zrywanie, lekkie, łatwe i szybkie w montażu oraz trudno zapalne. Charakteryzuje je szeroki zakres temperatur, od  $-40$  do nawet  $+120^{\circ}\text{C}$ . Pamiętajmy, że aby membrana spełniała swoje funkcje, musi być prawidłowo ułożona. Zacznijmy od tego, że warstwa odbijająca promieniowanie UV (ta z nadrukiem) powinna być skierowana na zewnątrz! Arkusze folii muszą zachodzić na siebie na co najmniej 10–15 cm. Ponadto



przy okapie należy przykleić folię do blaszanej obróbki pasa nadrynnowego, w kalenicy przykleić membranę do blaszanej obróbki pasa nadrynnowego, a w koszach ułożyć podwójną warstwę folii z zakładami szerokości 25 cm, uszczelnionymi taśmą dwustronnie klejącą. Zadbajmy również o zabezpieczenie komina i innych elementów przechodzących przez dach – folię przecinamy na krzyż, wywijamy na komin i przyklejamy taśmą. Zamiast membrany można zastosować tradycyjne deskowanie wykończone papą. W tym przypadku konieczne trzeba utworzyć szczelinę wentylacyjną między poszyciem z desek a ociepleniem.

### WEŁNA CZY STYROPIAN?

Śmiało można stwierdzić, że do ocieplenia poddasza najczęściej stosowana jest wełna mineralna – szklana lub skalna. Przybiera ona postać płyt lub mat. Wełna mineralna ma bardzo dobrą izolacyjność cieplną (współczynnik  $\lambda = 0,031\text{--}0,036 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ) oraz dużą zdolność do przepuszczania pary wodnej. Oprócz tego jest sprężysta, co pozwala na szczelne wypełnienie przestrzeni między drewnianymi elementami konstrukcji dachu. Jej zaletą jest także to, że jest niepalna – w razie pożaru chroni drewnianą konstrukcję dachu przed ogniem.

Pomieszczenia na poddaszu możemy również ocieplić elastycznymi płytami ze styropianu. On również jest ciepłym materiałem, o współczynniku  $\lambda$  na poziomie  $0,031\text{--}0,033 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Styropian jest dużo lżejszy oraz łatwiejszy w montażu niż wełna mineralna. Poza tym nie pyli oraz jest bardziej wytrzymały i odporny na zniszczenia. Jest natomiast palny i ma gorsze właściwości tłumienia hałasu, co w przypadku poddasza ma duże znaczenie.

### TYPOWE OCIEPLENIE DACHU UKŁADANE MIĘDZY KROKWIAMI

Najlepszym sposobem ocieplenia poddasza jest ułożenie materiału izolacyjnego między krokwiami połaci dachowej. Niestety zazwyczaj jest to niemożliwe, ponieważ wysokość belek jest za mała w stosunku do wymaganej grubości materiału ociepleniowego i wystaje on poza krokwie.

## NAJCZĘSTSZE BŁĘDY W OCIEPLENIU PODDASZA

- » Niedokładnie przycięty materiał ociepleniowy. Za długie, a co się z tym wiąże, zbyt mocno upchnięte między krokwiemi kawałki materiału będą wypychać membranę wstępnego krycia do góry. Kawałki za krótkie będą się natomiast wysuwać spomiędzy krokwi.
- » Za wąska szczelina wentylacyjna pod pokryciem oraz za małe przekroje otworów wlotowych przy okapie i wylotowych przy kalenicy utrudnią (a nawet uniemożliwią) prawidłową wentylację dachu.
- » Ułożenie cieńszej izolacji cieplnej niż przewidywana w projekcie spowoduje, że na poddaszu będzie zimno, a rachunki za ogrzewanie będą wysokie. Na tym etapie nie warto oszczędzać.
- » Niedokładne przyleganie sąsiednich odcinków materiału ociepleniowego prowadzi do powstawania mostków cieplnych.
- » Nieocieplone połączenia krokwi z murłatą oraz ścianką kolankową również powodują powstawanie mostków cieplnych.
- » Stosowanie nieodpowiedniej folii paroizopuszczalnej oraz jej nieprawidłowe ułożenie może doprowadzić do zawilgocenie ocieplenia.
- » Nieszczelne połączenia membrany dachowej z kofnierzem okna dachowego czy kominami powodują przedostawanie się wody opadowej pod folię, do ocieplenia.
- » Brak sprawnej wentylacji w domu skutkuje zawilgoceniem ścian – para wodna powstająca podczas użytkowania budynku nie ma możliwości wydostania się na zewnątrz.

Najczęściej więc ocieplenie układa się w dwóch warstwach. Pierwsza warstwa termoizolacji umieszczona jest między krokwiemi, natomiast druga między elementami metalowego rusztu, prostopadle do pierwszej. Takie rozwiązanie pozwala uniknąć mostków termicznych – miejsc niekontrolowanej ucieczki ciepła. Uwaga! Materiał ociepleniowy układany między krokwiemi należy przycinać z nadładkiem wynoszącym 1,5–2 cm, aby po rozprężeniu nie obsuwał się pod własnym ciężarem. Przyjmuje się, że grubość izolacji dachu po zsumowaniu powinna wynosić minimum 30 cm, a w przypadku domów energooszczędnych – nawet 40 cm. Jednak nic nie stoi na przeszkodzie, aby zwiększać grubość ocieplenia.

### PAROIZOLACJA – POD OCIEPLENIEM

Poniżej termoizolacji układana jest folia paroizolacyjna. Ma ona przede wszystkim ochronić ocieplenie przed zawilgoceniem parą wodną napływającą z wnętrza domu. Najczęściej wykorzystuje się folię polietylenową o grubości 0,15 lub 0,20 mm. Przykleja się ją do metalowych profili taśmą dwustronnie klejącą. Poszczególne arkusze muszą zachodzić na siebie – niezbędny jest zakład o szerokości około 10 cm. Należy również zadbać o szczelne połączenia folii ze ścianą szczytową czy murłatą – najlepiej uszczelnić je specjalną taśmą dwustronnie klejącą lub dodatkowo taśmą rozprężną. Musimy także zakleić wszystkie przecięcia folii.



## IZOLACJA NAKROKWIOWA – OCIEPLENIE NA DACHU

Alternatywnym sposobem ocieplenia dachu jest ułożenie materiału termoizolacyjnego na krokwiach. Takie rozwiązanie pozwala uniknąć mostków liniowych powstających wtedy, gdy ocieplenie zostanie ułożone między krokwiemi. Co ważne, takie ocieplenie nie zmniejsza kubatury pomieszczeń na poddaszu. Izolacja nakrokwiowa może być stosowana w przypadku nowo budowanych domów (pozwala m.in. bez problemu wyeksponować krokwie), ale sprawdza się również podczas docieplania dachu (unikamy ingerencji we wnętrze budynku). Poprawia też stabilność konstrukcji dachowej, którą usztywniają systemowe deski montażowe. Materiałem ociepleniowym stosowanym w przypadku izolacji nakrokwiowej są maty i płyty z twardej wełny mineralnej. Możemy również z powodzeniem wykorzystać specjalne sztywne płyty z polistyrenu ekstrudowanego XPS bądź pianki poliuretanowej PIR. Często materiały izolacyjne od zewnątrz zabezpieczone są już membraną, dzięki czemu nie ma potrzeby wykonywania wstępnego krycia.

## MATERIAŁY OCIEPLENIOWE – PRZYKŁADY INNE NIŻ STANDARDOWE

Materiałem coraz częściej stosowanym do ocieplania dachu jest pianka PUR. Natryśnięta natychmiast pęcznieje i pianka się utwardza, ściśle przylegając do podłoża i szczelnie wypełniając wszelkie szczeliny, a przy tym nie ulega zjawisku osuwania się (filcowania). Dodatkowo wzmacnia sztywność konstrukcji szkieletowej i stanowi wygłuszenie. Pianka nie nasiąka wodą i jest świetną izolacją cieplną – współczynnik przewodnictwa cieplnego pianki PUR wynosi 0,020–0,023 W/(m·K). Możemy się również zdecydować na inne materiały termoizolacyjne. Płyty z polistyrenu ekstrudowanego są twarde, mają świetną izolacyjność termiczną i nie chłoną wody. Najkorzystniej jest stosować je jako ocieplenie nakrokwiowe, układane pod pokryciem, chociaż można nimi również ocieplać krokwie od spodu. Właściwości zbliżone do polistyrenu ekstrudowanego mają płyty z poliuretanu PIR. Charakteryzują się one jeszcze lepszą izolacyjnością cieplną, można je więc układać cieńszą warstwą. Płyty poliuretanowe stosuje się do ocieplania zarówno nakrokwiowego, jak i podkrokwiowego. Innym materiałem ociepleniowym jest folia termoizolacyjna. Wykonana jest z dwóch warstw metalizowanej membrany, między którymi umieszczona jest folia bąbelkowa lub specjalna włóknina. Ma najlepszą izolacyjność termiczną spośród wymienionych produktów, dzięki czemu wykonana z niej warstwa ociepleniowa jest lekka i może być bardzo cienka (1–2 cm). Folie termoizolacyjne stosuje się głównie do ocieplania podkrokwiowego. Montaż folii termoizolacyjnej, tak jak w przypadku każdej folii, przebiega niezwykle szybko i sprawnie. Do ocieplenia poddasza możemy również wykorzystać płyty drzewno-magnezytowe. Są one wykonane z wełny drzewnej związanej spoiwem magnezytowym. Płyty ocieplają i jednocześnie tworzą stabilny podkład pod wykończenie tradycyjnym tynkiem. Montuje się je między i pod krokwiemi. Płyty drzewno-magnezytowe są ciężkie i wymagają solidnej więźby. Zapewniają za to dobrą izolacyjność akustyczną. ■

**Uwaga!** Podczas ocieplania poddasza nie możemy dopuścić do powstania jakiegokolwiek przerwy w materiale izolacyjnym, w przeciwnym wypadku będzie to skutkowało utratą ciepła.

## IZOLACJA Z PIANY POLIURETANOWEJ – SKUTECZNE OCIEPLENIE PODDASZA

Jak uniknąć wysokich kosztów ogrzewania, przeciągów oraz efektu zimnych ścian? Poznaj zalety izolacji z piany poliuretanowej ULTRAPUR – laureata wyróżnienia „PERŁY JAKOŚCI QI 2023”.

Skromne domy w tradycyjnej zabudowie, o prostej konstrukcji prostopadłościowej bryły przykrytej dwuspadowym dachem, jaką można zaobserwować zarówno na wiekowych osiedlach podmiejskich, jak i nowych inwestycjach deweloperskich – to jedno z rozwiązań o bardzo dobrym bilansie energetycznym.

Ale co, jeśli chcemy, aby dom się wyróżniał? Wtedy niezwykle ważną rolę odgrywa konstrukcja dachu. Warto, by była zarówno estetyczna, jak i funkcjonalna.

Przy skomplikowanej architekturze dachu szczególnie trudno zadbać o prawidłowe zaizolowanie i uszczelnienie poddasza, aby uniknąć przeciągów oraz zjawiska zimnych ścian.

Pianka poliuretanowa to jedna z najlepszych opcji, niezależnie od tego, jaki kształt dachu wybierzemy – dwu- lub czterospadowy, modułowy czy kopertowy. **Im bardziej skomplikowany kształt dachu, tym korzystniej, na tle innych materiałów izolacyjnych, wypada pianka ULTRAPUR.**

Dzięki natryskowej metodzie wytwarzania pianki na miejscu budowy („in-situ”) na ścianach oraz stropach tworzy się ciągła warstwa izolacji cieplnej i akustycznej, bez mostków termicznych. Wnikając w każdą szczelinę, piana znakomicie wiąże się z podłożem. W ten sposób uszczelnia budynek, chroniąc zarówno przed zimnym wiatrem, jak i ciepłymi promieniami słońca. Nanie-siona warstwa poliuretanu ma charakter monolityczny, nic z niej nie odpada, ani nie osypuje się, nawet po wielu latach od aplikacji.

Dodatkowy problem spowodowany brakiem szczelności poddasza to tzw. efekt kominowy. W okresie zimowym, ciepłe powietrze z ogrzewanych pomieszczeń pod ciśnieniem unosi się do góry, tworząc pętle konwekcyjne, ostatecznie ulatując przez nieszczelności w połaci dachu. W tym samym czasie ta sama ilość zimnego powietrza zostanie zassana w dole budynku. Efektem tego jest wyraźnie odczuwalny ruch chłodnego powietrza, nawet jeśli na zewnątrz nie ma wiatru. **Izolacja z piany poliuretanowej ULTRAPUR skutecznie rozwiązuje problem efektu kominowego.**

Większość budynków nie jest całkowicie szczelna, a w elewacji budynków istnieją luki, które pozwalają na zassanie powietrza do środka budynku, a także do wnętrza ścian. Ten ruch powie-



rze wokół termoizolacji całkowicie zmienia wartość oporu cieplnego ściany. Widać to szczególnie przy strukturze włóknistej termoizolacji. Natomiast pianka poliuretanowa zatrzymuje przepływ powietrza, dzięki czemu wartość oporu cieplnego **pianki ULTRAPUR jest zawsze zbliżona do wartości laboratoryjnych**.

Pianka poliuretanowa firmy ULTRAPUR ma też wiele innych zalet. Jest lekka, ciepła, bezpieczna, samogasnąca. Otwartokomórkowa struktura powoduje, że pomimo właściwości izolujących pianka „oddycha”. Wyróżniają ją też łatwa aplikacja i korzystna cena. ■

**Zależy Ci na skutecznej izolacji poddasza? Wybierz piankę polskiej firmy ULTRAPUR, laureata specjalnego wyróżnienia „PERŁY JAKOŚCI QI 2023”**

## KONTAKT



Ultrapur Sp. z o.o.  
Chwaliszewo 72/7, 61-104 Poznań  
tel. 61 415 29 82  
biuro@ultrapur.pl  
www.ultrapur.pl

PIOTR WOLAŃSKI, KATARZYNA WOLAŃSKA

68

## DACHY BIOSOLARNE

# – POŁĄCZENIE DACHU ZIELONEGO I OGNIW FOTOWOLTAICZNYCH JAKO SPOSÓB NA ZWIĘKSZENIE EFEKTYWNOŚCI INSTALACJI PV

Połączenie instalacji fotowoltaicznej i dachu zielonego jest korzystne, ponieważ pozwala uzyskać efekt synergii przy wytwarzaniu prądu. Stosunkowo niska temperatura powierzchni zazielenionej prowadzi do mniejszego nagrzewania modułów fotowoltaicznych, co poprawia ich efektywność.

Z jednej strony obserwujemy bardzo dynamiczny rozwój rynku fotowoltaicznego. Miasta w Polsce opracowują mapy potencjału solarne dachów na swoim terenie z uwagi na potrzebę większego wykorzystania odnawialnych źródeł energii i redukcji smogu. Inwestycje w instalacje fotowoltaiczne są dofinansowane. Osoby prywatne korzystają z dotacji w ramach programu „Mój prąd”. W grudniu 2022 r. Ministerstwo Rozwoju i Technologii wprowadziło kolejne rozwiązanie zachęcające do stosowania odnawialnych źródeł energii (OZE), w tym fotowoltaiki w Polsce. To prosument lokatorski dla spółdzielni i wspólnot mieszkaniowych. Będzie można odzyskać 100% wartości energii przekazanej do systemu energetycznego i otrzymać 50% dofinansowania na instalację – grant na OZE.

Energia słoneczna jest traktowana jako odnawialne źródło energii, w przeciwieństwie do paliw kopalnych, które skończą się za kilkadziesiąt lat. Jest to również czyste źródło energii, ponieważ produkcja energii dzięki wykorzystaniu paneli fotowoltaicznych pozwala zredukować emisję dwutlenku węgla i zanieczyszczeń do atmosfery. Jest to więc zrównoważony sposób na pozyskiwanie energii, co oznacza możliwość zaspokojenia potrzeb współczesnych pokoleń bez negatywnego wpływu na zmiany klimatu.

Z drugiej strony powszechnie znane są też korzyści ekologiczne wynikające ze stosowania dachów i tarasów zielonych. Należą do nich:

- » retencjonowanie wody opadowej i opóźnianie jej spływu do kanalizacji (odciążanie kanalizacji w czasie intensywnych opadów),
- » niwelowanie negatywnych skutków miejskiej wyspy ciepła,
- » poprawa bioróżnorodności w miastach (dodatkowe miejsca dla roślinności, ptaków, owadów),



FOT. 1. Połączenie fotowoltaiki i dachu zielonego;

fot.: Piotr Wolański, APK Dachy Zielone



FOT. 2. Rozchodniki na dachu biosolarnym;

fot.: Piotr Wolański, APK Dachy Zielone

- » ograniczenie energochłonności budynków (dachy zielone stanowią izolację termiczną budynków, co powoduje, że poprawiają ich efektywność energetyczną i zmniejszają zapotrzebowanie na ogrzewanie zimą i chłodzenie latem),
- » oczyszczanie powietrza,
- » produkcja tlenu,
- » redukcja hałasu.

Dachy zielone są uznawane za rozwiązanie, które jest pomocne w procesach adaptacji do zmian klimatu w miastach i ochrony klimatu przed dalszymi zmianami (mitygacja).

Warto podkreślić, że jeśli inwestor chce wykorzystać dach i zapewnić dodatkową funkcję na tej powierzchni w postaci ogniw fotowoltaicznych czy dachu zielonego, to nie musi wybierać pomiędzy tymi rozwiązaniami. Zazielenianie dachów oraz instalacje PV mogą być łączone, zwłaszcza na dachach płaskich. Co więcej, połączenie paneli fotowoltaicznych i dachu zielonego poprawia efektywność samej instalacji solarnej.

Należy przy tym rozróżnić dach biosolarny i dach zielony solarly. Dach zielony biosolarly to zielony dach zintegrowany z systemem do montażu paneli fotowoltaicznych, gdzie dach zielony pełni rolę balastu i bez niego konstrukcja nośna pod PV nie może poprawnie funkcjonować. Natomiast dach zielony solarly to każdy zielony dach, na którym dodatkowo zostały umieszczone panele PV, przy czym dach zielony nie stanowi balastu ani nie jest zintegrowany z systemem nośnym paneli fotowoltaicznych. W niniejszym artykule koncentrujemy się na dachach biosolarnych.

W odpowiedzi na potrzebę prowadzenia intensywnych działań ochrony klimatu i adaptacji do zmian, które już zaszły w środowisku, zostały opracowane rozwiązania techniczne, które pozwalają na zastosowanie ogniw fotowoltaicznych na dachach zielonych. Stosując takie technologie, można uzyskać wymienione powyżej korzyści wynikające z zazieleniania dachów oraz stosowania paneli fotowoltaicznych (jako odnawialnego źródła energii) oraz dodatkowo zapewnić efekt synergii wynikający z ich połączenia.

Połączenie dachu zielonego i paneli fotowoltaicznych jest korzystne ze względu na efekt synergii przy wytwarzaniu prądu. Stosunkowo niska temperatura powierzchni zazielenionej (w porów-

naniu do temperatury panującej na dachach tradycyjnych) prowadzi do mniejszego nagrzewania modułów fotowoltaicznych, co poprawia ich sprawność i efektywność działania.

Dachy zielone nie nagrzewają się w takim stopniu jak tradycyjne. Badania prowadzone w Nowym Jorku (Rosenzweig i in., 2006) wykazały, że w upalne letnie popołudnie temperatura powierzchni dachu standardowego może być nawet o 40°C wyższa od temperatury powierzchni dachu zielonego. Średnio (pomiarzy prowadzone w lipcu 2003 r.) temperatura powierzchni dachu standardowego była wyższa o 19°C od temperatury powierzchni dachu zielonego w ciągu dnia i niższa o 8° nocą.

Zastosowanie paneli fotowoltaicznych na dachu obsadzonym roślinnością podnosi efektywność działania instalacji solarnych. Jest to korzystne ze względu na efekt synergii przy wytwarzaniu prądu – stosunkowo niska temperatura powierzchni zazielenionej (w porównaniu z dachami tradycyjnymi) prowadzi do mniejszego nagrzewania się modułów fotowoltaicznych, co poprawia ich sprawność. Rośliny na zielonym dachu pochłaniają zanieczyszczenia, dzięki czemu panele PV nie są tak bardzo zanieczyszczone jak na tradycyjnym dachu.

Potwierdzają to badania dra Petera Irgi z University of Technology Sydney w Australii, który porównywał wydajność systemów fotowoltaicznych na dwóch dachach na biurowcach zlokalizowanych obok siebie w centrum Sydney: instalację PV na tradycyjnym dachu oraz połączenie dachu zielonego z fotowoltaiką.

Wyniki badań potwierdziły liczne zalety dachów, gdzie połączono fotowoltaikę i dach zielony:

- » w ciągu ośmiu miesięcy instalacja fotowoltaiczna z zielonym dachem wykazała o 3,6% większą wydajność niż instalacja bez zielonego dachu,
- » 20°C mniej – tyle miał zielony dach w porównaniu z dachem budynku bez zieleni,
- » podczas całego eksperymentu zielony dach pochłonął prawie 9 ton gazów cieplarnianych,
- » poprawa bioróżnorodności – na dachu zamieszkały licznie owady oraz zaczęły pojawiać się ptaki,
- » zielony dach znacznie zmniejszył odpływ wody deszczowej,
- » 69 MWh energii elektrycznej wyprodukowano na zielonym dachu w porównaniu z 59,5 MWh na drugim dachu (bez roślin) [1].

Jeśli chodzi o badania prowadzone na terenie Europy, to możemy przywołać badania prowadzone w Niemczech, gdzie stwierdzono, że wydajność energetyczna systemu fotowoltaicznego na ekstensywnym zielonym dachu obsadzonym rozchodnikami w Berlinie wykazała wzrost o około 6% w porównaniu do dachu bitumicznego [2].

Ważne jest również to, że na dachach zielonych nie rozprzestrzenia się ogień. Więc jeśli panele fotowoltaiczne zamontujemy na dachu zielonym, to dzięki roślinom będziemy mieć mniejsze ryzyko pożaru.

## OKIEM PRAKTYKA

Jeśli chodzi o technikę montażu instalacji fotowoltaicznych na dachach, to mogą one być mocowane z naruszeniem warstw izolacji wodochronnej lub bez konieczności przechodzenia przez powłokę tej izolacji. W przypadku dachów biosolarnych moduły fotowoltaiczne montowane są bez ingerencji w powłokę dachową i nie są kotwione do konstrukcji stropu, a ciężar warstw dachu zielonego pełni rolę kotwiącą, balastującą i stabilizującą dla instalacji fotowoltaicznej. Należy



FOT. 3. Dach biosolarny w trakcie montażu;

foto.: Piotr Wolański, APK Dachy Zielone

przy tym przestrzegać wymogów statycznych w odniesieniu do obciążenia wiatrem, a także obciążenia konstrukcji budynku.

Instalacje fotowoltaiczne i dach zielony wymagają konserwacji i pielęgnacji, dlatego należy zastosować ścieżki serwisowe i elementy zabezpieczenia przed upadkiem z wysokości. Należy także zapewnić wystarczający odstęp od krawędzi dachu i odstęp rzędów modułów od siebie. Kable i inne elementy należące do instalacji solarnej należy montować tak, aby nie utrudniały konserwacji i pielęgnacji dachu zielonego.

Montaż instalacji solarnej na dachu zielonym powoduje zróżnicowanie naświetlenia roślin i wilgotności podłoża, co prowadzi do występowania różnorodnych warunków siedliskowych. Może to też przyczyniać się do zwiększenia bioróżnorodności na dachach, czyli zwiększenia różnorodności występujących tam gatunków flory i fauny.

Aby uzyskać odpowiednią ilość światła dla roślin, także światła rozproszonego, należy dopasować odstęp rzędów modułów między sobą, głębokość modułów lub transparenację rzędów modułów do roślinności.

Zastosowanie paneli fotowoltaicznych na dachu zielonym prowadzi do zróżnicowania warunków wilgotnościowych, jakie mają rośliny. Instalacje fotowoltaiczne wytwarzają z jednej strony cień opadowy, a z drugiej strony na krawędzi dolnej modułów woda opadowa spływa, co powoduje, że rośliny znajdujące się pod spodem mają bardziej wilgotną lokalizację. Należy to wziąć pod uwagę, projektując dach i planując prace pielęgnacyjne.

Jest kilka innych ważnych kwestii, na które warto zwracać uwagę, projektując dach, który będzie połączeniem dachu zielonego i paneli fotowoltaicznych. Kluczowa jest bliska współpraca pomiędzy inwestorem, architektem, dostawcą technologii dachów zielonych oraz dostawcą ogniw fotowoltaicznych, a także firmą wykonawczą. Od dostawcy technologii dachów biosolarnych możemy oczekiwać skonsultowania projektu, zwłaszcza układu rozmieszczenia na dachu zielonym ogniw fotowoltaicznych w takich odstępach, aby zapewnić roślinom odpowiednie warunki.

Należy zachować wystarczający odstęp dolnej krawędzi modułów od podłoża w zależności od wysokości roślinności. Odstęp minimalny przy zazielenieniu w uprawie ekstensywnej powinien wynosić 20 cm i może być większy, w zależności od wysokości przewidzianych w projekcie roślin.

Ważna jest także antykorozyjność izolacji wodochronnej oraz obciążenie konstrukcyjne budynków.

Zastosowanie ogniw fotowoltaicznych na dachu zielonym powinno się przełożyć na obniżenie kosztów konserwacji paneli fotowoltaicznych, ponieważ rośliny na dachu będą pochłaniać

zanieczyszczenia znajdujące się w powietrzu, co oznacza mniejszą ilość pyłu i zanieczyszczeń osiadających na panelach fotowoltaicznych.

## PRZYKŁADOWE REALIZACJE

Na całym świecie istnieje wiele dachów biosolarnych, które łączą dachy zielone z produkcją energii słonecznej. Jako przykłady z Londynu można podać dach Olympic Park Media Center lub Standard Chartered Bank. W Szwajcarii jest np. dach biosolarny na Messe Hall w Bazylei. W Niemczech wiele dachów zielonych połączonych z panelami słonecznymi znajduje się we Fryburgu i innych częściach kraju. Dachy biosolarne występują również w Holandii, Francji i Austrii.

W Polsce połączenie instalacji fotowoltaicznych z dachami zielonymi można spotkać na kilku inwestycjach. Tego typu budynek powstał np. w 2020 r. przy obwodnicy Krakowa, w sąsiedztwie Bielańsko-Tynieckiego Parku Krajobrazowego. Jest to nowa siedziba austriackiej firmy Schacher-mayer. Hala magazynowa wraz z budynkiem biurowym mają 2600 m<sup>2</sup> powierzchni użytkowej.

Na stosowanie dachów biosolarnych otwarci są też inwestorzy indywidualni.

## ZWROT Z INWESTYCJI

Możliwość połączenia dachów zielonych i paneli fotowoltaicznych oraz efektywność takiego rozwiązania była przedmiotem badań na Uniwersytecie Illinois w Urbanie i Champaign w Stanach Zjednoczonych. Dokonano tam analizy zwrotu z inwestycji, biorąc pod uwagę trzy opcje:

- » sam zielony dach,
- » same panele fotowoltaiczne zamontowane na standardowym dachu,
- » połączenie dachu zielonego z panelami fotowoltaicznymi.

Wyniki tych badań prowadzonych w amerykańskich uwarunkowaniach prawnych i klimatycznych pozwoliły ustalić, że okres zwrotu dla samych paneli fotowoltaicznych wyniósł 13 lat. Ze względu na większą efektywność pracy paneli fotowoltaicznych na dachu zielonym, inwestycja polegająca na połączeniu dachu zielonego z PV, pomimo większych kosztów początkowych, na etapie instalacji (większe koszty nakładu pracy i użytych materiałów), zwraca się w tym samym czasie, czyli okresie 13 lat. Oczywiście badania te wykonano, biorąc pod uwagę amerykańskie uwarunkowania klimatyczne i realia cenowe, z czasu przed powstaniem raportu (końcowy raport został opracowany w 2017 r.) [3].

## OPŁACALNOŚĆ W POLSCE

Analizując opłacalność finansową realizacji dachów zielonych w uwarunkowaniach polskich, powinno się wziąć pod uwagę między innymi: oszczędności na ogrzewaniu zimą i klimatyzacji latem wynikające z tego, że dachy zielone stanowią izolację termiczną budynku, korzyści wynikające z zagospodarowania na dachu zielonym wody opadowej, ewentualne dotacje związane z zielonymi dachami, np. ogólnopolski program „Moja Woda“ oraz podniesienie wartości nieruchomości.

Dla inwestorów ma również duże znaczenie to, że 50% powierzchni dachów zielonych można zaliczyć jako teren biologicznie czynny. Uzyskanie odpowiednich wskaźników udziału terenu biologicznie czynnego w intensywnej zabudowie w miastach, gdzie grunty są bardzo drogie, to duże



wyzwanie. Inwestorzy poza powierzchnią zabudowy muszą zapewnić drogi dojazdowe i miejsca parkingowe. Dlatego możliwość zaliczenia 50% powierzchni dachów zielonych do wskaźnika terenu biologicznie czynnego to duża korzyść.

Zgodnie z aktualnymi polskimi przepisami [4] przez teren biologicznie czynny należy rozumieć teren o nawierzchni urządzonej w sposób zapewniający naturalną vegetację roślin i retencję wód opadowych, a także 50% powierzchni tarasów i stropodachów z taką nawierzchnią oraz innych powierzchni zapewniających naturalną vegetację roślin, o powierzchni nie mniejszej niż 10 m<sup>2</sup> oraz wodę powierzchniową na tym terenie.

Podobnie powinniśmy przeanalizować korzyści finansowe wynikające z zastosowania paneli fotowoltaicznych oraz efekt synergii, czyli fakt, że zastosowanie paneli na dachu zielonym zwiększa efektywność pracy samej instalacji solarnej.

Efektywna pod względem ekonomicznym inwestycja, walka ze skutkami zmian klimatu, bioróżnorodność, transformacja energetyczna i poprawa efektywności energetycznej budynku – takie cele można osiągnąć, stosując połączenie paneli fotowoltaicznych z dachami zielonymi.

## LITERATURA

1. Green Roof & Solar Array – Comparative Research Project Final Report July 2021, <https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/150142/2/City%20of%20Sydney%20Final%20Report%20EPI%20R3%20201920005.pdf>
2. M. Köhler, W. Wiartalla, R. Feige, „Interaction between PV-Systems and extensive green roofs. Session 3.3: Energy and Thermal Performance at the Fifth Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference“, Minneapolis 2007.
3. K. Kessling, A. Cohen, J. Jasso, „Feasibility of Combining Solar Panels and Green Roofs on the Activities and Recreation Center“, 2017.
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa, z dnia 14 listopada 2017 r., zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU z 2017 r., poz. 2285).
5. „Wytyczne dla dachów zielonych. Wytyczne do projektowania, wykonywania i utrzymywania dachów zielonych“, Stowarzyszenie Wykonawców Dachów Płaskich i Fasad DAFA, Opole 2021.

**PIOTR WOLAŃSKI** od 16 lat zajmuje się dachami zielonymi, konsultuje projekty i opracowuje opinie eksperckie, realizuje inwestycje, współpracuje ze środowiskiem naukowym przy projektach innowacyjnych dla branży, publikuje artykuły. Uczestniczy w charakterze eksperta w zajęciach dydaktycznych dla studentów. Współzałożyciel Grupy Merytorycznej Dachy Zielone w ramach Stowarzyszenia DAFA i pierwszy jej koordynator, a także jeden z inicjatorów wydania w Polsce „Wytycznych dla dachów zielonych” FLL. Aktywnie uczestniczył w pracach Zespołu Redakcyjnego DAFA, opracowującego dwa polskie wydania wytycznych. Jest członkiem Polskiego Stowarzyszenia „Dachy Zielone”.

**KATARZYNA WOLAŃSKA** jest publicystką specjalizującą się w tematyce zielonej infrastruktury i wykorzystywania dachów zielonych w procesach adaptacji do zmian klimatu. Uczestniczy w charakterze eksperta w zajęciach dydaktycznych dla studentów. Współpracuje z miastami przy projektach w zakresie zielonej infrastruktury. Koordynator Grupy Merytorycznej Dachy Zielone w Stowarzyszeniu Wykonawców Dachów Płaskich i Fasad DAFA w latach 2019–2021. Aktywnie uczestniczyła w pracach Zespołu Redakcyjnego DAFA, opracowującego dwa polskie wydania „Wytycznych dla dachów zielonych” FLL. Członek Zarządu Polskiego Stowarzyszenia „Dachy Zielone”.

JOANNA RYŃSKA

74

## DOTACJE NA ŹRÓDŁA CIEPŁA W 2023 ROKU

W 2023 roku kontynuowane będą znane rządowe programy dotacji wspierających wycofywanie z rynku pozaklasowych kotłów i pieców na paliwa stałe oraz promujących zastosowanie wysokoefektywnych i niskoemisyjnych źródeł ciepła.

### „MÓJ PRĄD” – PIĄTA EDYCJA

W najnowszej edycji programu (nabór wniosków uruchomiono 22 kwietnia br.) nadal wspierani są finansowo prosumenci, którzy wytwarzają energię elektryczną na potrzeby gospodarstw domowych. W ramach PPMP5 beneficjenci mogą otrzymać bezzwrotną dotację nawet w wysokości do 58 tys. zł, dzięki rozszerzeniu zakresu rzeczowego programu o kolejne elementy, np. kolektory słoneczne oraz pompy ciepła.

We wszystkich wskazanych przedsięwzięciach intensywność dofinansowania wynosi do 50% kosztów kwalifikowanych.

Program skierowano do prosumentów, którzy na dzień składania wniosku posiadają przyłączoną mikroinstalację fotowoltaiczną o mocy od 2 kWh do 10 kWh i rozliczają się za wyprodukowaną energię elektryczną w systemie net-billing.

Dotychczasowi prosumenci również mogą skorzystać z dotacji w ramach najnowszej edycji programu, jednak warunkiem jest przejście/rozliczenie się w systemie net-billing, zakończenie inwestycji przed dniem złożenia wniosku i poniesienie wydatków nie wcześniej niż 1.02.2020 r.

Przykładowo przy wsparciu tylko do paneli fotowoltaicznych maksymalna dotacja wyniesie do 6 tys. zł, natomiast przy realizacji inwestycji obejmującej swoim zakresem mikroinstalację fotowoltaiczną wraz z pompą ciepła, w zależności od jej rodzaju dofinansowanie dodatkowo wzrośnie o kwotę od 4,4 tys. zł do aż 28,5 tys. zł.

Nabór wniosków będzie trwał do dnia 22.12.2023 r. lub do wyczerpania się środków.

### „MOJE CIEPŁO” – ZMIANA WAŻNEGO WYMAGU

W 2023 roku kontynuowany jest również program „Moje Ciepło”. Obejmuje on dotacje do już zamontowanych i odebranych pomp ciepła w nowych domach, wypłacane jako zwrot części kosztów poniesionych na zakup, transport i montaż pompy ciepła – ale nie wcześniej niż 1 stycznia 2021 r. Zaostrzono jednak wymagania względem standardu energetycznego domu, w którym zamontowana jest pompa ciepła. Wskaźnik rocznego zużycia nieodnawialnej energii pierwotnej



na ogrzewanie, chłodzenie, oświetlenie, wentylację oraz produkcję c.w.u. (*EP*) wynosi maksymalnie 55 kWh/(m<sup>2</sup>·rok), czyli spełnia wymóg dla budynku pasywnego, zgodnie z projektowaną charakterystyką energetyczną budynku (dla domu w budowie) lub świadectwem charakterystyki energetycznej. Dla porównania: standard WT 2021 wymaga, by wskaźnik *EP* dla nowego domu jednorodzinnego nie przekraczał 70 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Dotację można otrzymać na fabrycznie nowe pompy ciepła powietrze/powietrze (do 7 tys. zł), powietrze/woda (również do 7 tys. zł) lub grzewcze (do 21 tys. zł).

## NAJNOWSZE ZMIANY W PROGRAMIE „CZYSTE POWIETRZE”

Od 3 stycznia 2023 r. obowiązują ważne zmiany w rządowym programie „Czyste Powietrze”, który ma na celu dofinansowanie wymiany starych, nieefektywnych źródeł ciepła na nowoczesne urządzenia oraz głębokiej termomodernizacji budynku (na ten ostatni aspekt położono w najnowszej edycji programu szczególny nacisk), skierowanym do inwestorów indywidualnych – właścicieli lub współwłaścicieli domów jednorodzinnych.

Jeśli inwestor zdecyduje się na kompleksową termomodernizację, wymianę źródła ciepła i montaż mikroinstalacji PV, ma szansę uzyskać bardzo wysoką dotację. Jednak dodatkowym warunkiem uzyskania najwyższej dotacji jest nie tylko przeprowadzenie audytu energetycznego, ale też realizacja wskazanego w nim wariantu prac remontowych. W wyniku realizacji wskazanych w audycie przedsięwzięć, zużycie energii użytkowej (EU) na ogrzewanie ma spaść o co najmniej 40% lub do wartości nie większej niż 80 kWh/(m<sup>2</sup>·rok).

Z punktu widzenia potencjalnych beneficjentów jedną z najlepiej widocznych (i najbardziej oczekiwanych) zmian są nowe, wyższe progi dochodowe (czyli poszerzenie grupy potencjalnych beneficjentów) oraz podwyższenie maksymalnych kwot wsparcia i intensywności dofinansowania. Najwyższe poziomy dofinansowania (uwzględniające kompleksową termomodernizację wraz z mikroinstalacją PV) wynoszą obecnie:



- » 66 tys. zł dla poziomu podstawowego (roczny dochód wnioskodawcy do 135 tys. zł),
- » 99 tys. zł dla poziomu podwyższonego (dochód maksymalny na osobę do 1894 zł w przypadku gospodarstw wieloosobowych i 2651 zł w przypadku gospodarstw jednoosobowych),
- » 135 tys. zł dla poziomu najwyższego (dochód maksymalny na osobę do 1090 zł w przypadku gospodarstw wieloosobowych i 1526 zł w przypadku gospodarstw jednoosobowych).

W przypadku wykonania audytu energetycznego, można otrzymać dodatkową dotację w wysokości 1200 zł. Koszt audytu energetycznego nie wlicza się do poziomu kosztów kwalifikowanych, jest rozliczany osobno.

W programie wprowadzono także możliwość uzyskania dotacji na kocioł na biomasę drzewną o obniżonej emisyjności cząstek stałych  $\leq 20 \text{ mg/m}^3$  w budynku podłączonym do sieci dystrybucji gazu. Jednocześnie od 1 lipca 2023 r. nie będzie już można uzyskać w ramach „Czystego Powietrza” dotacji na kocioł na biomasę drzewną, którego emisyjność cząstek stałych przekracza  $20 \text{ mg/m}^3$ .

Z dotychczasowych, cenionych przez odbiorców programu korzyści, utrzymano m.in. prefinansowanie inwestycji – pierwsza transza będzie trafiała na konto wykonawcy już 14 dni po podpisaniu umowy o dofinansowanie.

### „STOP SMOG” – CO NOWEGO?

NFOŚiGW planuje także kontynuację programu „Stop Smog”, w ramach którego zawierane są kolejne porozumienia z gminami – do końca 2022 r. porozumienie na łączną kwotę 141,35 mln zł podpisało 31 gmin (w tym 11 jako Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia), co umożliwi im przeprowadzenie 2705 przedsięwzięć niskoemisyjnych w 2675 jednorodzinnych budynkach mieszkalnych.

Celem programu jest poprawa efektywności energetycznej i obniżenie emisyjności domów, których właściciele osiągają najniższe dochody (125 i 175% najniższej emerytury na osobę, w przypadku odpowiednio gospodarstw domowych wielo- i jednoosobowych). Dotacje mogą wynieść nawet 100% kosztów kwalifikowanych. ■

MGR INŻ. KAROL MIAZIO

# W JAKI SPOSÓB PRAWIDŁOWO WYKONAĆ INSTALACJĘ FOTOWOLTAICZNĄ NA DACHU PŁASKIM?

77

W czasie panującego boomu na instalacje fotowoltaiczne bardzo często rozważa się dach jako preferowane miejsce montażu. Jest to myśl bardzo logiczna, dachy są bowiem mniej narażone na zacienienie przez inne budynki czy roślinność, dzięki czemu uzyskamy większą produkcję energii. Dachy są przestrzenią najczęściej niezagospodarowaną i ich wykorzystanie nie powoduje konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów w postaci dzierżawy gruntu itp., jednocześnie nie są także dostępne dla osób trzecich, co, jak pokazuje doświadczenie rynkowe, istotnie wpływa na bezpieczeństwo montowanych urządzeń. Mimo iż dach wydaje się idealną lokalizacją na umiejscowienie swojej własnej elektrowni, bezpieczeństwo jej użytkowania w przestrzeni dachowej powinno stanowić priorytet.

Instalacje fotowoltaiczne różnią się od innych instalacji dachowych, ponieważ ich obecność nie jest wymagana dla poprawnego funkcjonowania obiektu, a inwestorzy rozpatrują je dziś bardziej jako inwestycję, z której uzyskany szybki zwrot pozwoli generować dochody oraz w pewnym stopniu zapewnić niezależność energetyczną. Niestety rozpatrywanie instalacji jedynie pod kątem opłacalności może skutkować błędami projektowymi, wykorzystywaniem nieodpowiednich komponentów, a także błędami wykonawczymi. Niepokojem może napawać fakt, że nawet jeśli powstaje projekt budowlany, to prawie zawsze dotyczy on jedynie branży elektrycznej, dlatego też zamieszczone poniżej opisy i wytyczne mają służyć budowaniu świadomości i zwiększeniu bezpieczeństwa wykonywanych na wysokości instalacji.

Najważniejsze wytyczne dotyczące montażu instalacji fotowoltaicznych na dachach:

- » Rozmieszczenie instalacji na dachu nie powinno mieć negatywnego wpływu na prawidłowe działanie innych urządzeń ani utrudniać dostępu serwisowego. Pod uwagę należy wziąć zachowanie odpowiednich warunków BHP, wpływ na warstwy układu dachowego oraz możliwość przeciążenia konstrukcji. Ze względu na większe oddziaływanie sił wiatru oraz warunki BHP nie zaleca się umieszczania konstrukcji z panelami blisko krawędzi dachu.
- » Należy dobrać odpowiednie warstwy separujące na styku konstrukcji i hydroizolacji. W przypadku najczęściej stosowanych konstrukcji obciążanych balastem, w przeciwieństwie do in-



**FOT. 1. Nieprawidłowy montaż instalacji fotowoltaicznej – konstrukcja mocowana do bloczków betonowych;**  
 fot.: Eko Projekt Sp. z o.o.



**FOT. 2. Nieprawidłowy montaż instalacji fotowoltaicznej – mała powierzchnia styku, duży balast;**  
 fot.: Eko Projekt Sp. z o.o.

nych instalacji dachowych, jej elementy nie przenikają przez stałe elementy obiektu ani nie posiadają stałych zamocowań. Niedopuszczalne jest więc stosowanie luźnych przekładek, które będą powodowały zmniejszenie siły tarcia, co mogłoby prowadzić do przemieszczania się instalacji w sposób niekontrolowany. Wykorzystywane na warstwy separujące materiały powinny być także dobierane do konkretnej warstwy wodochronnej pod względem możliwości wystąpienia niepożądanych reakcji między tymi materiałami. Dla przykładu nie zaleca się, aby takie materiały jak np. bitum czy EPDM miały bezpośredni kontakt z membranami PVC.

- » Warstwy separujące powinny być na stałe związane z konstrukcją w taki sposób, aby niemożliwe było uszkodzenie dachu przez ostre krawędzie konstrukcji czy też jej przetarcie w wyniku długotrwałych oddziaływań.
- » Konstrukcja powinna być dobierana w taki sposób, aby powierzchnia kontaktu z powierzchnią dachu była jak największa, dzięki czemu masa instalacji rozłoży się na większą powierzchnię, zmniejszając powstające w poszczególnych warstwach dachu naprężenia.
- » Niedopuszczalne jest obciążanie konstrukcji w sposób wywołujący odkształcenie termoizolacji. O ile powstawanie zastoin wodnych na dachach płaskich w małym stopniu nie jest niepokojącym zjawiskiem, o tyle powstawanie zastoin pod konstrukcją balastową powoduje zmniejszenie siły tarcia – zwłaszcza w okresie zimowym, kiedy zebrana pod konstrukcją woda zacznie zamarzać.
- » Dla każdej instalacji powinien zostać przygotowany projekt uwzględniający oddziaływanie wiatru oraz śniegu. Wszelkie wytyczne producentów mówiące np. o masie balastu na jeden moduł fotowoltaiczny mogą być traktowane jedynie jako minimalne wymagania i nie zwalniają z obowiązku wykonania kalkulacji.
- » W przypadku dużych obszarów pokrytych instalacją należy stosować przerwy dylatacyjne w konstrukcji, aby nie wprowadzać dodatkowych naprężeń w warstwie hydroizolacji.
- » Na dachach o nachyleniu powyżej 3° rekomenduje się stosowanie dodatkowego zabezpieczenia w postaci stałych zamocowań, aby zminimalizować ryzyko wystąpienia naprężeń hydroizolacji oraz zapobiegać przemieszczaniu się konstrukcji.
- » Podpory konstrukcji powinny przylegać do dachu całą powierzchnią, nie powinny przechodzić przez miejsca, w których następuje zmiana nachylenia połaci. Wyjątkiem może być kalenica, o ile producent konstrukcji przewidział takie rozwiązanie.
- » Konstrukcja powinna być dobrana i rozmieszczona w taki sposób, aby możliwe było poprawne odprowadzenie wody z dachu.
- » Przewody instalacji powinny być odpowiednio zabezpieczone i nie powinny mieć bezpośredniego kontaktu z powierzchnią dachu.



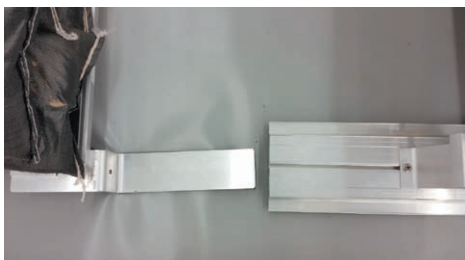
FOT. 3. Nieprawidłowy montaż instalacji fotowoltaicznej – mocowanie mechaniczne przez papę; fot.: Eko Projekt Sp. z o.o.



FOT. 4. Nieprawidłowy montaż instalacji fotowoltaicznej – zbyt duże obciążenia punktowe oraz źle dobrana warstwa separująca; fot.: Eko Projekt Sp. z o.o.



FOT. 5. Nieprawidłowy montaż instalacji fotowoltaicznej – mocowanie mechaniczne i uszczelnienie mocowania; fot.: Wind Projekt Sp. z o.o.



FOT. 6. Wpływ powierzchni nacisku na powierzchnię dachu; fot.: IBC Solar

- » Nie zaleca się umieszczania instalacji na dachach, które nie są w odpowiednim stanie technicznym.
- » Zamocowanie mechaniczne instalacji może się odbyć jedynie po dokładnym określeniu parametrów podłoża, dobraniu odpowiednich dla niego zamocowań oraz pod warunkiem, że nie spowoduje negatywnego wpływu na właściwości układu dachowego. Ilość stosowanych zamocowań powinna wynikać z wykonanych kalkulacji oddziaływań na konstrukcję.
- » Wszelkie prace związane z instalacją fotowoltaiczną na dachu powinny zostać uzgodnione z wykonawcą dachu, zwłaszcza w okresie gwarancji.

Stowarzyszenie DAFA zaprasza ekspertów do współpracy przy opracowaniu wytycznych dot. prawidłowego wykonania instalacji fotowoltaicznych na dachach płaskich: [biuro@dafa.com.pl](mailto:biuro@dafa.com.pl). Projekt będzie realizowany w pierwszym kwartale 2023 r.

**Stowarzyszenie DAFA stanowi wspólny głos wykonawców i producentów w podnoszeniu kultury projektowania, budowania i użytkowania budynków. Określa wytyczne i wydaje publikacje techniczne, uznawane za powszechnie obowiązujące zasady techniki, wpływające na podniesienie jakości i bezpieczeństwa funkcjonowania całej branży.**

Księgarnia techniczna DAFA dostępna jest na: [www.dafa.com.pl](http://www.dafa.com.pl).

**KAROL MIAZIO** ukończył Politechnikę Warszawską na kierunku Inżynierii Materiałowej. Jest współzałożycielem firmy Eko Projekt Sp. z o.o., w której pełni funkcję dyrektora ds. technicznych. Zawodowo związany z budownictwem przemysłowym, w szczególności z dachami płaskimi, zajmuje się między innymi wyrobami budowlanymi, w tym także konstrukcjami instalacji fotowoltaicznych. Prowadzi cykliczne szkolenia teoretyczno-praktyczne dla instalatorów fotowoltaiki. Jest ekspertem Stowarzyszenia DAFA, które tworzy i reprezentuje najwyższe standardy technologiczne dla nowoczesnego budownictwa dachów płaskich i fasad.

DR INŻ. MAREK MIARA, FRAUNHOFER ISE, PORT PC

80

## POMPY CIEPŁA W ISTNIEJĄCYCH BUDYNKACH. OCENA EKOLOGICZNA I EKONOMICZNA

W artykule poświęconym wynikom badań pracy instalacji z pompami ciepła w budynkach istniejących, prowadzonych przez wiele lat w niemieckim Instytucie Fraunhofera ISE, omówiono kwestie redukcji emisji dwutlenku węgla w porównaniu z kotłami węglowymi i gazowymi oraz kosztów eksploatacyjnych. Uwzględniając obecne ceny energii elektrycznej, ogrzewanie pompą ciepła jest bardziej ekonomiczne od ogrzewania kotłem gazowym, jeśli pompa ciepła ma efektywność większą niż 3,0.

### CZY POMPY CIEPŁA W ISTNIEJĄCYCH BUDYNKACH DZIAŁAJĄ W SPOSÓB PRZYJAZNY ŚRODOWISKU?

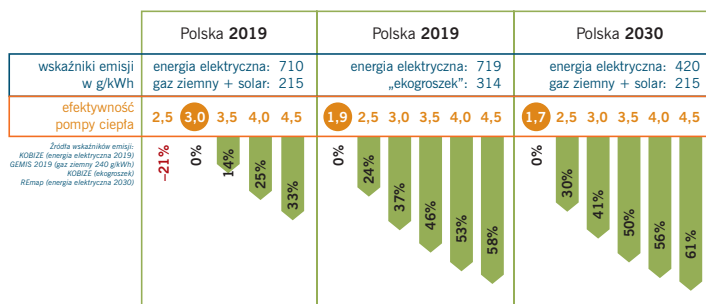
Aby złagodzić skutki zmian klimatycznych, niezbędna jest drastyczna redukcja emisji dwutlenku węgla. W ramach europejskiego „Zielonego Ładu” (*European Green Deal*) zwiększono w ostatnim czasie cele redukcji CO<sub>2</sub> do roku 2030 z 40 na 55%. Celem nadrzędnym jest osiągnięcie do roku 2050 neutralności klimatycznej. Wiele krajów zastrza swoje plany już do roku 2030, by cel ten udało się zrealizować, np. w Niemczech planuje się w tym czasie zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o 65%. Plany te potwierdzone zostały przez zdecydowaną większość krajów na szczycie klimatycznym w kwietniu 2020 roku, a brak jednoznacznej deklaracji Polski w kwestii neutralności klimatycznej odebrany został jako co najmniej niezrozumiały.

Dekarbonizacja sektora ogrzewania budynków jest jednym z podstawowych założeń osiągnięcia redukcji emisji CO<sub>2</sub>. W tym celu konieczne jest działanie na dwóch frontach: po pierwsze, należy wzmocnić prace termomodernizacyjne budynków, redukując dzięki temu zapotrzebowanie na energię cieplną, a po drugie, dokonać możliwie szybkiej transformacji ogrzewania budynków, korzystając z technologii, które zapewnią znaczne ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>, a w perspektywie neutralność klimatyczną.

### JAK DUŻĄ REDUKCJĘ EMISJI CO<sub>2</sub> MOŻNA OSIĄGNĄĆ DZIĘKI POMPOM CIEPŁA W PORÓWNANIU Z INNYMI TECHNOLOGIAMI?

Pompy ciepła to technologia dojrzała, która już dziś w większości przypadków może zastąpić systemy grzewcze wykorzystujące paliwa kopalne: gaz ziemny, olej opałowy czy węgiel. Z tego





Redukcja emisji CO<sub>2</sub> w porównaniu z kotłem gazowym\* oraz kotłem na „ekogroszek”  
\* sprawność kotła 90%, udział wsparcia kolektorów słonecznych dla c.w.u. 70%

RYS. 1. Redukcja emisji dwutlenku węgla w wyniku zastosowania pomp ciepła, w zależności od ich efektywności, w porównaniu z kotłem gazowym oraz kotłem węglowym; rys.: autor

powodu pompy ciepła uważane są za centralny element przyszłego, neutralnego klimatycznie systemu energetycznego.

Redukcja emisji dwutlenku węgla dzięki zastosowaniu elektrycznych pomp ciepła zależy od dwóch czynników – intensywności emisyjnej energii elektrycznej oraz efektywności pompy ciepła. Pierwsza z tych wielkości mówi, w jak „czysty” sposób wyprodukowana została energia elektryczna, czyli ile gramów CO<sub>2</sub> wyemitowane zostało do atmosfery przy produkcji jednej kilowatogodziny prądu. Wskaźnik ten jest wartością dynamiczną i zależy od pory roku czy nawet dnia oraz obszaru geograficznego. W obliczeniach używa się najczęściej jego średniej wartości rocznej.

Zgodnie ze statystyką Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) wskaźnik emisji dla odbiorców końcowych energii elektrycznej wyniósł w Polsce w 2019 r. 719 g CO<sub>2</sub>/kWh. Wartość ta co roku maleje wraz ze wzrostem udziału odnawialnych źródeł energii oraz zwiększeniem efektywności elektrowni. Dla porównania w Niemczech jest to obecnie 401 g CO<sub>2</sub>/kWh (w roku 2020 po raz pierwszy udział energii odnawialnej w produkcji energii elektrycznej przekroczył 50%), a średnia dla krajów EU28 wynosi poniżej 300 g CO<sub>2</sub>/kWh.

**RYSUNEK 1** obrazuje redukcję emisji dwutlenku węgla dzięki zastosowaniu pomp ciepła, w zależności od ich efektywności, w porównaniu z kotłem gazowym oraz węglowym. W przypadku kotła gazowego produkcja ciepłej wody użytkowej realizowana jest w 70% przez termiczny kolektor słoneczny. Analizę przeprowadzono dla obecnego stanu wskaźników emisji (Polska, 2019) oraz stanu przewidywanego w roku 2030.

Biorąc pod uwagę dane z roku 2019, w porównaniu z kotłem gazowym wspomaganym termicznym kolektorem słonecznym pompa ciepła przyczynia się do redukcji CO<sub>2</sub>, jeśli jej efektywność wynosi minimum 3,0. Warto wspomnieć, że jeśli założymy 20-proc. udział energii elektrycznej pochodzącej z własnej instalacji fotowoltaicznej, efekty redukcji emisji CO<sub>2</sub> uzyskiwane są już od efektywności 2,4.

Drugie porównanie przeprowadzono dla pomp ciepła oraz kotłów spalających węgiel pod postacią „ekogroszku”. W tym przypadku pozytywne efekty redukcji emisji uzyskiwane są już w odniesieniu do pomp ciepła o efektywności na poziomie 1,9. Uwzględniając wyniki pomiarów monitoringowych, w trakcie których powietrzne pompy ciepła uzyskały średnie wartości efektywności na poziomie 3,1, a gruntowe pompy ciepła 4,1, redukcja emisji dwutlenku węgla w porównaniu z kotłem węglowym wynosi co najmniej 40%. W porównaniu z kotłami węglowymi

pompy ciepła redukują oczywiście jeszcze jeden ważny problem – lokalną emisję zanieczyszczeń pyłowych, popularnie zwanych smogiem.

Ostatnie z porównań przeprowadzone zostało dla prognozy wartości wskaźnika emisji energii elektrycznej w 2030 roku. Według przewidywań Komisji Europejskiej i Międzynarodowej Agencji Energii Odnawialnej „IRENA” zawartych w REMAP 2030, wartość wskaźnika dla Polski osiągnie wówczas poziom 420 g CO<sub>2</sub>/kWh. Przy takich emisjach, nawet w porównaniu z kotłem gazowym, redukcja CO<sub>2</sub> będzie możliwa już dla pomp ciepła działających z efektywnością 1,7, a więc w przypadku wszystkich poprawnie działających instalacji.

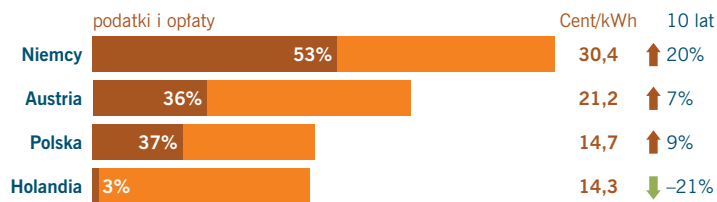
Warto zwrócić uwagę na jeszcze jeden aspekt. Im wyższa efektywność pomp ciepła lub im niższe wartości wskaźników emisji energii elektrycznej, tym wolniej rośnie potencjał redukcji CO<sub>2</sub>. Wyrażając ten efekt w liczbach – wzrost efektywności pompy ciepła w roku 2030 z 2,5 na 3,5 (a więc o 1,0) powoduje wzrost redukcji o 20%. Taki sam wzrost efektywności, ale z 3,5 na 4,5, oznacza wzrost redukcji jedynie o 11%. Jednocześnie same wartości redukcji utrzymują się już na bardzo wysokim poziomie.

Nie należy jednak zapominać, że wraz ze wzrostem efektywności pomp ciepła maleje zapotrzebowanie na energię elektryczną, co jest bardzo ważnym aspektem zarówno pod względem kosztów dla użytkowników końcowych, jak i powszechnej konieczności oszczędzania energii. Inaczej mówiąc, z czysto ekologicznej perspektywy efektywność pomp ciepła będzie z czasem maleć, po początkowym szybkim wzroście ekologicznego zysku. Nie oznacza to jednak, że kwestia efektywności nie pozostanie ważna pod względem ekonomicznym. Zagadnienie to zostanie szczegółowo omówione poniżej.

Podsumowując, należy stwierdzić, że stosowanie pomp ciepła prowadzić będzie do znacznej redukcji emisji dwutlenku węgla w porównaniu z technologiami bazującymi na tzw. kopalnych źródłach energii, jak gaz ziemny czy węgiel. Zwiększenie udziału energii odnawialnej w krajowej produkcji energii elektrycznej będzie ten trend znacząco pogłębiać. Już teraz w bilansie indywidualnym pompy ciepła osiągają znacznie lepsze wyniki ekologiczne niż kotły gazowe wspierane kolektorami słonecznymi, jeśli uwzględni się produkcję prądu z własnej instalacji fotowoltaicznej. Wyniki efektywności pomp ciepła uzyskane w projektach monitoringowych pokazują, że pompy ciepła działają w sposób ekologiczny zarówno w budynkach nowo wznoszonych, jak i istniejących.

## **CZY OGRZEWANIE POMPAMI CIEPŁA NIE JEST ZA DROGIE?**

Bez względu na zalety ekologiczne danej technologii ma ona szansę na powodzenie wówczas, gdy jest ekonomicznie korzystna dla jej użytkowników. Mówiąc krótko, musi się po prostu opłacać. Ocena ekonomiczna uwzględniająca zarówno koszty inwestycyjne, jak i eksploatacyjne musi być kompleksowa, a jej wyniki zależą od wielu parametrów. Pompy ciepła są obecnie droższe od np. kotłów gazowych, jednak ta różnica cenowa zmienia się w zależności od modelu i jakości urządzeń. Biorąc pod uwagę szybki wzrost liczby produkowanych pomp ciepła, można liczyć na spadek ich cen w niedalekiej przyszłości. Dodatkowym elementem utrudniającym całościowe porównanie ekonomiczne jest różnego rodzaju dofinansowanie, które często niweluje większe koszty inwestycyjne. Dla użytkowników indywidualnych najbardziej wymierne są koszty eksploatacyjne i właśnie im warto się przyrzeć dokładniej.



**RYS. 2. Ceny energii elektrycznej dla odbiorców indywidualnych w 2020 roku, uwzględniające podatki i inne opłaty;**

rys.: Eurostat 2021, <https://strom-report.de/> /strompreise-europa/owym

## NIERÓWNY PUNKT WYJŚCIA

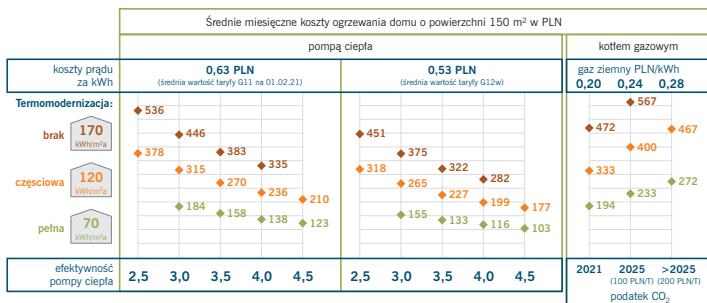
W przypadku elektrycznych pomp ciepła decydująca dla oceny kosztów eksploatacyjnych jest cena energii elektrycznej. Jak różna może być ona w poszczególnych krajach (zarówno wartość absolutna, jak i udział podatków i opłat), pokazuje RYS. 2.

Zgodnie z danymi Eurostatu (urzędu statystycznego Unii Europejskiej), najwyższe ceny energii elektrycznej dla odbiorców indywidualnych mają obecnie Niemcy. Również udział podatków i opłat utrzymuje się w tym kraju na bardzo wysokim poziomie. W dodatku w ciągu ostatnich 10 lat ceny wzrosły o 20%. Głównym powodem jest fakt, że koszty zmian systemu energetycznego (Energiewende) ponosi właśnie energia elektryczna, a nie gaz ziemny czy olej opałowy. Średnia cena elektryczności w Unii Europejskiej wynosi 21 centów za kilowatogodzinę i tyle właśnie płać odbiorcy indywidualni w Austrii. W Polsce jest to około połowy ceny niemieckiej – 14,7 centów, w ciągu ostatnich 10 lat kwota ta wzrosła o 9%. Podobne ceny ma również Holandia, ale tam dzięki konsekwentnemu obniżaniu podatków kwota ta spadła w ciągu 10 lat o ponad 20%.

## PORÓWNANIE MIESIĘCZNYCH KOSZTÓW

Pomijając cenę prądu, na wysokość kosztów eksploatacyjnych mają wpływ również inne parametry. Oczywiście decyduje standard energetyczny budynku oraz jego powierzchnia grzewcza, a inaczej mówiąc: ilość energii grzewczej potrzebnej do ogrzania budynku. Kolejnym ważnym czynnikiem jest efektywność pompy ciepła. Podobnie jak w przypadku innych technologii, decydujące są oczywiście koszty paliw przez nie wykorzystywanych.

Na RYS. 3 pokazano średnie miesięczne koszty ogrzewania pompą ciepła lub kotłem na gaz ziemny budynku o powierzchni grzewczej 150 m<sup>2</sup> i różnym standardzie energetycznym: bez termomodernizacji, poddanej częściowej lub całkowitej termomodernizacji, o zapotrzebowaniu na energię cieplną na poziomie odpowiednio: 170, 120 oraz 70 kWh/m<sup>2</sup>/rok. Dla uproszczenia





**RYS. 3. Średnie miesięczne koszty ogrzewania budynku o powierzchni grzewczej 150 m<sup>2</sup> i różnym standardzie energetycznym;**

rys.: autor

RYS. 4. Miesięczne koszty eksploatacyjne pomp ciepła o efektywności 3,0 oraz 4,0 w domu o powierzchni 150 m<sup>2</sup>, po częściowej termomodernizacji;

rys.: autor

 <p>120 kWh/m<sup>2</sup>a 150 m<sup>2</sup></p>	<p>energia elektryczna taryfa G11 <b>315 PLN</b></p> <p>energia elektryczna taryfa G12w <b>265 PLN</b></p>	<p>pompa ciepła efektywność 3,0</p>
	<p>dzisiejsza cena <b>333 PLN</b></p> <p>cena z podatkiem CO<sub>2</sub> (2025) <b>400 PLN</b></p>	<p>kocioł gazowy</p>
 <p>120 kWh/m<sup>2</sup>a 150 m<sup>2</sup></p>	<p>energia elektryczna taryfa G11 <b>236 PLN</b></p> <p>energia elektryczna taryfa G12w <b>199 PLN</b></p>	<p>pompa ciepła efektywność 4,0</p>
	<p>dzisiejsza cena <b>333 PLN</b></p> <p>cena z podatkiem CO<sub>2</sub> (2025) <b>400 PLN</b></p>	<p>kocioł gazowy</p>

obliczeń pominięto ogrzewanie ciepłej wody użytkowej. W przypadku pompy ciepła uwzględniono średnie koszty dla taryfy G11 (stała cena prądu przez całą dobę) w wysokości 0,63 zł oraz dla sugerowanej dla pomp ciepła taryfy G12w (tzw. weekendowej). Miesięczne koszty przedstawione zostały w zależności od efektywności pompy ciepła. W przypadku gazu ziemnego wzięto pod uwagę cenę aktualną oraz cenę uwzględniającą możliwy podatek za emisję dwutlenku węgla. Wartości tego podatku odnoszą się do cen ustawowych w Niemczech, zostały jednak przesunięte czasowo. Dla roku 2025 przyjęto do obliczeń podatek w wysokości 100 zł za tonę CO<sub>2</sub> (w Niemczech wartość 25 euro obowiązuje już od bieżącego roku) oraz 200 zł za tonę CO<sub>2</sub> po roku 2025 (w Niemczech 55 euro obowiązywać będzie już od roku 2025, natomiast w latach późniejszych prognozowany jest podatek w wysokości min. 100 euro za tonę CO<sub>2</sub>). Przy obliczeniach dla kotła gazowego uwzględniono jego efektywność na poziomie 90%.

Podczas porównywania kosztów wyraźnie widać znaczenie efektywności pompy ciepła. Przykładowo średnie miesięczne koszty dla pompy ciepła o efektywności 3,0 (wartość reprezentatywna dla powietrznej pompy ciepła) i budynku niepoddanego termomodernizacji, uwzględniając taryfę G11, wynoszą 446 zł. Dla tego samego przypadku, ale efektywności 4,0 (średnia wartość dla gruntowych pomp ciepła), koszty są o ponad 100 zł niższe i wynoszą 335 zł. W obu przypadkach koszty te są niższe niż ogrzewania kotłem gazowym.

Uwzględniając dzisiejsze ceny, ogrzewanie pompą ciepła jest bardziej ekonomiczne od ogrzewania kotłem gazowym, jeśli pompa ciepła ma efektywność wyższą niż 3,0. Jeśli uwzględniona zostanie taryfa „dedykowana” pompom ciepła (G12w), przy tej samej efektywności oszczędności w stosunku do kotła gazowego wyniosą już ok. 100 zł miesięcznie. Podobny lub nawet większy efekt uzyskać można dzięki połączeniu pompy ciepła z instalacją fotowoltaiczną. Zmiany cen gazu ziemnego, np. na skutek dodatkowego podatku za emisję CO<sub>2</sub>, jedynie tę tendencję pogłębiają.

Na RYS. 4 w sposób uproszczony przedstawiono omawiane porównanie. Dane zredukowano do jednego typu domu (poddanego częściowej termomodernizacji) oraz dwóch wielkości efektywności pomp ciepła.

Miesięczne koszty eksploatacyjne policzone zostały dla pomp ciepła o efektywności 3,0 oraz 4,0. W obu przypadkach wyraźnie widoczne są korzyści ekonomiczne uzyskiwane dzięki zastosowaniu tej technologii. Optymalizacja ceny energii elektrycznej (poprzez wybór taryfy lub własną instalację fotowoltaiczną) oraz prawdopodobny wzrost ceny gazu ziemnego pogłębiają tę tendencję.

Opisane powyżej korzyści ekologiczne jednoznacznie pokazują, jak ważne jest możliwie szerokie zastosowanie pomp ciepła zarówno w budynkach nowo wznoszonych, jak i starszych. Aby przyspieszyć ten proces, niezbędne jest wprowadzenie korzyści ekonomicznych dla użytkowników

Przygotowana przez autora seria materiałów pt. „Pompy ciepła w istniejących budynkach” powstała w celu rzetelnej odpowiedzi na pytania: W jaki sposób pompy ciepła mogą być stosowane w istniejących budynkach? Czy są one w stanie zapewnić wymagane wysokie temperatury zasilania układów grzewczych w przypadku zastosowania systemu opartego na grzejnikach? Co z ich efektywnością w tego typu budynkach? Czy można nazwać działanie pomp ciepła w budynkach istniejących i starszych ekologicznym?

Opracowanie podzielono na 12 części, które sukcesywnie ukazują się na stronie Polskiej Organizacji Rozwoju Technologii Pomp Ciepła pod adresem: <https://portpc.pl/pompy-ciepla-w-istniejacych-budynkach/>. To wiedza zebrana przez autora podczas dwudziestu lat badań nad pompami ciepła w niemieckim Instytucie Fraunhofera ISE. W tym czasie przebadano m.in. ok. 300 rzeczywistych instalacji pomp ciepła w budynkach jednorodzinnych różnych klas energetycznych. Projekty badawcze z ostatnich lat poświęcone były budynkom starszym.

Uzyskane wyniki w sposób jednoznaczny wskazują na możliwość celowego stosowania pomp ciepła w budynkach niepoddanych termomodernizacji lub poddanych jej jedynie częściowo. W ramach prezentowanej serii omawianych jest wiele powszechnie wykorzystywanych argumentów przeciw stosowaniu pomp ciepła wraz z analizą wyników badań i pomiarów, zaprzeczających często utartym przekonaniom.

pomp ciepła. Dzięki obniżeniu cen energii elektrycznej dla tej technologii, np. poprzez celowe obniżenie podatków, wprowadzenie taryf dedykowanych itp., możliwe będzie szybsze rozpowszechnienie pomp ciepła, a co za tym idzie – zbliżenie się do osiągnięcia ambitnych celów klimatycznych.

\* \* \*

W obecnych czasach ceny energii zmieniają się bardzo dynamicznie. Tendencja jednak pozostaje taka sama i pogłębia się na korzyść pomp ciepła ze względu na to, że ceny gazu rosną szybciej niż ceny prądu.

## LITERATURA

1. <https://portpc.pl/pompy-ciepla-w-istniejacych-budynkach/>
2. <https://portpc.pl/pompy-ciepla-w-istniejacych-budynkach-cz-4/>
3. [https://www.waermepumpe.de/presse/referenzobjekte/bwp-datenbank/?tx\\_bwprefobjdb\\_house%5Bdetailid%5D=183&tx\\_bwprefobjdb\\_house%5Baction%5D=show&tx\\_bwprefobjdb\\_house%5Bcontroller%5D=House#content](https://www.waermepumpe.de/presse/referenzobjekte/bwp-datenbank/?tx_bwprefobjdb_house%5Bdetailid%5D=183&tx_bwprefobjdb_house%5Baction%5D=show&tx_bwprefobjdb_house%5Bcontroller%5D=House#content)
4. [https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/downloads/pdf/Forschungsprojekte/BMWi-03ET\\_1272A-WPsmart\\_im\\_Bestand-Schlussbericht.pdf](https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/downloads/pdf/Forschungsprojekte/BMWi-03ET_1272A-WPsmart_im_Bestand-Schlussbericht.pdf)

**MAREK MIARA** studiował na Politechnice Wrocławskiej oraz Uniwersytecie w Kassel, w 2014 r. obronił tytuł doktora z zakresu oceny efektywności pomp ciepła. Koordynator działań związanych z pompami ciepła w Instytucie Fraunhofera ISE we Freiburgu, członek założyciel Polskiej Organizacji Rozwoju Technologii Pomp Ciepła. Autor wielu publikacji naukowych z zakresu pomp ciepła oraz budownictwa energooszczędnego.

**Bank Gospodarstwa Krajowego**

ul. Chmielna 73 (budynek VARSO 2), 00-801 Warszawa  
 tel. 801 598 888, 22 475 88 88  
 bgk@bgk.pl  
 www.bgk.pl

**Dryvit Systems USA (Europe) Sp. z o.o.**

Krze Duże 7, 96-325 Radziejowice  
 tel. kom. 506 000 509  
 www.dryvit.pl  
 www.cpg-europe.com

**Fabryka Styropianu ARBET**

ul. Bohaterów Warszawy 32, 75-211 Koszalin  
 tel. 943 422 076-9, fax 943 422 390  
 sekretariat@arbet.pl  
 www.arbet.pl

**PHU POLSTYR Zbigniew Świąszek**

ul. Krakowska 134  
 32-546 Młoszowa  
 polstyr@polstyr.com.pl  
 www.polstyr.com.pl

**ROCKWOOL Polska**

ul. Kwiatowa 14, 66-131 Cigacice  
 tel. 68 385 02 50  
 fax 68 385 02 34  
 www.rockwool.pl

**Ultrapur Sp. z o.o.**

Chwaliszewo 72/7, 61-104 Poznań  
 tel. 61 415 29 82  
 biuro@ultrapur.pl  
 www.ultrapur.pl

