

CZY DOM ENERGOOSZCZĘDNY SIĘ OPŁACA?

JAK GO ZBUDOWAĆ LUB JAK WYBRAĆ MIESZKANIE?

JAK ZDOBYĆ DOPLĄTY?

  
**Dom**  
**ENERGOOSZCZĘDNY**  
*to się opłaca!*

**DVD**  
VIDEO

W środku płyta  
z filmami

Poradnik inwestora  
**Buduję z głową,  
buduję energooszczędnie**

dr inż. Szymon Firląg





## **Dom** **ENERGOOSZCZĘDNY** *to się opłaca!*

Projekt „Dom Energooszczędny – to się opłaca”, w ramach którego powstał niniejszy Poradnik Inwestora, to ogólnopolska kampania edukacyjna Fundacji „Ziemia i Ludzie” promująca budownictwo energooszczędne i informująca o dopłatach do kredytów NFOŚiGW przez cały 2014 rok.

Realizując projekt wykorzystujemy wszystkie kanały, którymi posługuje się przyszły inwestor poszukując informacji. Przygotowane zostały filmy poradnicze omawiające każdy aspekt przyszłej budowy. W popularnym magazynie „Budujemy Dom” publikujemy artykuły wskazujące najważniejsze dla inwestora zadania i problemy. Filmy i artykuły dostępne są także na portalu projektu razem wieloma innymi treściami dotyczącymi rozwiązań energooszczędnych i problematyki dopłat. Na portalu Projektu „Dom Energooszczędny – to się opłaca” pojawi się także Poradnik Inwestora w wersji elektronicznej i do ściągnięcia na urządzenia mobilne, zamieścimy też użyteczny Kalkulator Opłacalności Inwestycji. Na największych imprezach targowych w kraju ustawione zostaną Punkty Edukacyjne, w których porad udzielać będą nasi eksperci.

**Szczegóły znajdziecie Państwo na stronie [www.mieszkajenergooszczednie.pl](http://www.mieszkajenergooszczednie.pl)**

**Zapraszamy na stronę**  
**[www.mieszkajenergooszczednie.pl](http://www.mieszkajenergooszczednie.pl)**



Poradnik inwestora

**Buduję z głową,  
buduję energooszczędnie**

dr inż. Szymon Firląg



**Współpraca:**

Martyna Wojnar, Piotr Balcerowski

**Recenzja merytoryczna:**

dr inż. Joanna Rucińska

**Korekta:**

Danuta Zalewska

**Redakcja techniczna:**

Ewelina Skoczeń

**Projekt okładki i skład publikacji:**

Tomasz Karolak

**Zdjęcia:**

Szymon Firląg, Fotolia

**Wydawca:**



Copyright© Fundacja „Ziemia i Ludzie”

ul. Napoleona Bonaparte 47 B

04-965 Warszawa

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

Warszawa 2014

ISBN: 978-83-935905-4-4

AUTOR PROJEKTU



DOFINANSOWANIE



Dofinansowano ze środków  
Narodowego Funduszu Ochrony  
Środowiska i Gospodarki Wodnej

PARTNERZY PROJEKTU



Politechnika  
Świętokrzyska

PARTNERZY



REKUPERATORY.PL  
MONITAZ EMERGENCJI DNII I WENTYLACJA



Specjaliści od pompy ciepła



# SPIS TREŚCI

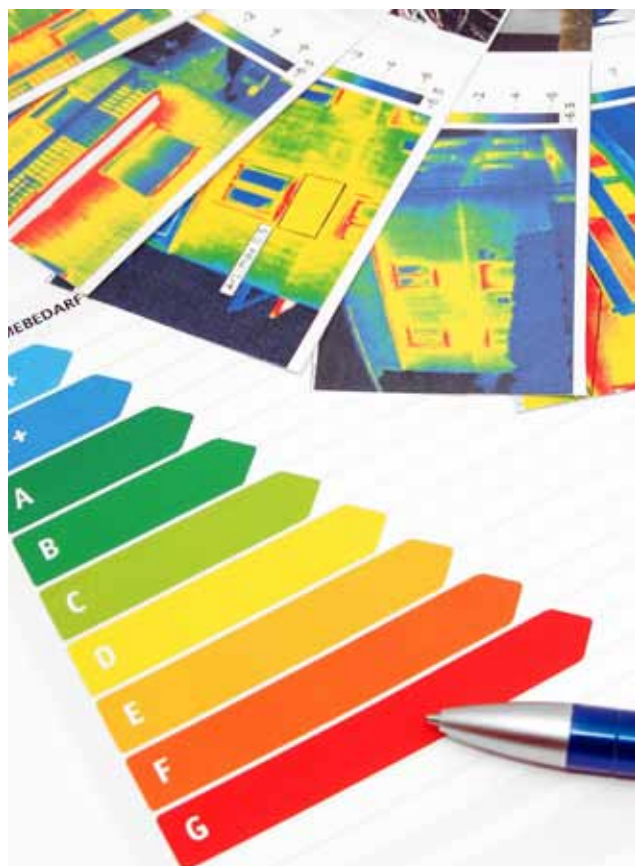
<b>1. DLACZEGO WARTO BUDOWAĆ BUDYNKI ENERGOOSZCZĘDNE? .....</b>	<b>6</b>
1.1. Budynki a środowisko naturalne .....	7
1.2. Zmiany klimatyczne .....	7
1.3. Rosnące ceny energii .....	8
1.4. Zobowiązania międzynarodowe .....	9
<b>2. CO TO SĄ BUDYNKI ENERGOOSZCZĘDNE W STANDARDZIE NF40 I NF15? .....</b>	<b>11</b>
2.1. Program wsparcia NFOŚiGW .....	11
2.2. Definicje i standardy budynków energooszczędnych .....	12
2.3. Korzyści w ocenie mieszkańców .....	14
<b>3. ZALETY BUDYNKÓW ENERGOOSZCZĘDNYCH .....</b>	<b>16</b>
3.1. Wysoki komfort cieplny.....	16
3.2. Świeże powietrze.....	16
3.3. Wysoki komfort akustyczny.....	17
3.4. Dostępność światła dziennego.....	17
<b>4. JAK ZBUDOWAĆ DOM LUB KUPIĆ MIESZKANIE ENERGOOSZCZĘDNE? .....</b>	<b>18</b>
4.1. Bilans energetyczny budynku.....	19
4.2. Lokalizacja i orientacja.....	19
4.3. Cechy dobrego projektu.....	21
4.3.1. Prosta bryła budynku .....	21
4.3.2. Strefowanie temperaturowe.....	23
4.3.3. Odpowiedni projekt instalacji .....	23
4.3.4. Zapewnienie odpowiedniej masy akumulacyjnej .....	24
4.3.5. Kompleksowość zmian.....	24
4.4. Podstawowe technologie.....	25
4.4.1. Technologia murowana .....	25
4.4.2. Technologia lekka drewniana.....	26
4.4.3. Technologia prefabrykowana.....	27
4.4.4. Technologie ekologiczne.....	27
4.4.5. Inne technologie.....	27
4.5. Jak kupić energooszczędny dom lub mieszkanie? .....	28
<b>5. DOBRZE ZAIZOLOWANE PRZEGRODY BUDYNKU .....</b>	<b>30</b>
5.1. Wymagania stawiane przegrodom w budynkach NF15 i NF40 .....	30
5.2. Wymagania stawiane w Warunkach Technicznych.....	32
5.3. Zalety dobrze zaizolowanych przegród.....	34
5.4. Przykładowe materiały termoizolacyjne i ich grubości .....	35
5.5. Sposoby ocieplania przegród .....	35
5.5.1. Ściany zewnętrzne .....	36
5.5.2. Dachy, stropodachy, stropy pod nieogrzewanym poddaszem .....	37
5.5.3. Podłogi na gruncie.....	37
5.5.4. Stropy nad nieogrzewanymi piwnicami.....	38
<b>6. MOSTKI CIEPLNE .....</b>	<b>39</b>
6.1. Rodzaje mostków cieplnych .....	39
6.2. Przyczyny powstawania .....	40
6.3. Skutki istnienia mostków cieplnych ...	40
6.4. Wymagania względem mostków cieplnych .....	41
6.5. Sposoby unikania mostków cieplnych w budynkach .....	41
6.6. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne .....	42
6.7. Badania termowizyjne.....	45
6.7.1. Warunki wykonywania badań termowizyjnych.....	45
6.7.2. Raport z badania termowizyjnego.....	46
6.7.3. Jak zinterpretować zdjęcie termowizyjne ...	47







7.	<b>OKNA</b> .....	<b>48</b>
7.1.	Wpływ okien na bilans energetyczny budynku .....	48
7.2.	Rozmieszczenie okien w budynku ....	50
7.3.	Montaż stolarki okiennej i drzwiowej. .	51
7.4.	Wymagania stawiane oknom w budynkach NF40 i NF15 .....	52
7.5.	Elementy zacięniające .....	54
8.	<b>SZCZELNOŚĆ POWIETRZNA BUDYNKU</b> .....	<b>58</b>
8.1.	Infiltracja a wentylacja .....	58
8.2.	Infiltracja a eksfiltracja .....	59
8.3.	Zalety szczelnego budynku .....	59
8.3.1.	Oszczędność energii .....	59
8.3.2.	Komfort cieplny .....	60
8.3.3.	Zdrowie .....	60
8.3.4.	Ochrona budynków i materiałów .....	60
8.4.	Sposoby podwyższania szczelności powietrznej budynków .....	61
8.4.1.	Miejsca występowania nieszczelności .....	61
8.4.2.	Szczelne materiały .....	62
8.4.3.	Przykładowe sposoby rozwiązania szczelnych detali konstrukcyjnych .....	63
8.4.4.	Wizualne sprawdzenie wykonania .....	65
8.5.	Badania szczelności powietrznej .....	66
9.	<b>SYSTEM WENTYLACJI</b> .....	<b>68</b>
9.1.	Wymagania dotyczące instalacji wentylacyjnych w budynkach NF40 i NF15 .....	69
9.2.	Centrala wentylacyjna z odzyskiem ciepła .....	71
9.3.	Gruntowy wymiennik ciepła .....	72
9.4.	Rozdział powietrza .....	72
9.5.	Szczegółowe rozwiązania systemu wentylacji .....	73
9.6.	Rozwiązania systemu wentylacji w budynkach wielorodzinnych .....	74
9.7.	Praca w trybie letnim .....	75
10.	<b>SYSTEM OGRZEWANIA</b> .....	<b>77</b>
10.1.	Zadania i wymagania stawiane instalacji c.o. ....	77
10.2.	Czym ogrzać budynek energooszczędny? .....	79
10.3.	Przykładowe rozwiązania źródeł ciepła w budynkach energooszczędnych ....	80
10.4.	Nowoczesne źródła ciepła – kogeneracja, kompaktowe urządzenia grzewcze .....	82
10.5.	Ogrzewanie powietrzne .....	84
11.	<b>INSTALACJA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ</b> .....	<b>85</b>
11.1.	Zadania i wymagania stawiane instalacji c.w.u. ....	85
11.2.	Instalacja c.w.u. ....	86
11.2.1.	Źródło ciepła .....	86
11.2.2.	Dystrybucja i cyrkulacja c.w.u. ....	86
11.2.3.	Zasobniki c.w.u. ....	87
11.2.4.	Sposoby podgrzewania c.w.u. ....	87
11.3.	Wymagania w standardzie NF40 i NF15 .....	88
11.4.	Sposoby ograniczenia zużycia c.w.u. i energii potrzebnej na jej podgrzanie .....	90
11.5.	Bakteria Legionella .....	92
12.	<b>KOMFORT CIEPLNY W OKRESIE LATA</b> .....	<b>93</b>
12.1.	Przyczyny przegrzewania budynków w okresie lata .....	93
12.2.	Sposoby zapobiegania przegrzewaniu .....	93
12.2.1.	Elementy zacięniające .....	93
12.2.2.	Użytkowanie systemu ogrzewania i wentylacji .....	94
12.2.3.	Przewietrzanie nocne .....	94
12.2.4.	Masa akumulacyjna .....	94
12.3.	Chłodzenie budynku w okresie lata ...	94



### 13. OGRANICZENIE ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ .....97

- 13.1. Instalacje c.o., c.w.u. i wentylacji. .... 97
- 13.2. Oświetlenie ..... 98
- 13.3. Energooszczędne urządzenia domowe 99
- 13.4. Inteligentny budynek..... 102

### 14. WYKORZYSTANIE ENERGII ZE ŹRÓDEŁ ODNAWIALNYCH ..... 103

- 14.1. Pasywne systemy słoneczne ..... 103
- 14.2. Aktywne systemy słoneczne ..... 104
  - 14.2.1. Kolektory słoneczne ..... 104
  - 14.2.2. Panele fotowoltaiczne..... 107
- 14.3. Ciepło zmagazynowane w gruncie .. 109
  - 14.3.1. Pompy ciepła ..... 109
  - 14.3.2. Gruntowy wymiennik ciepła..... 111
- 14.4. Energia wiatru..... 111
- 14.5. Energia biomasy ..... 112

### 15. BUDYNKI ENERGOOSZCZĘDNE JESZCZE BARDZIEJ EKOLOGICZNE?..... 113

- 15.1. Wykorzystanie wody szarej i deszczowej ..... 114
  - 15.1.1. Instalacja wody szarej (dualna) ..... 114

- 15.1.2. Instalacja wody deszczowej ..... 114
- 15.2. Oceń budynek w cyklu życia ..... 115
- 15.3. Ekologiczne materiały budowlane ... 117

### 16. CZY BUDYNKI NF40 I NF15 SĄ OPŁACALNE EKONOMICZNIE? .... 119

- 16.1. Przykładowe analizy ekonomiczne budynków i mieszkań ..... 119
  - 16.1.1. Ogrzewanie gazem ziemnym..... 120
  - 16.1.2. Ogrzewanie pompą ciepła ..... 121
  - 16.1.3. Ogrzewanie biomasą..... 122
- 16.2. Określenie szacunkowych dodatkowych nakładów inwestycyjnych..... 123
- 16.3. System wsparcia NFOŚiGW ..... 124
- 16.4. Budowa przy wykorzystaniu kredytu jako źródła finansowania .... 126

### 17. PRZYKŁADOWE REALIZACJE..... 128

- 17.1. Pierwszy certyfikowany budynek pasywny w Polsce ..... 128
  - 17.1.1. Rozwiązania konstrukcyjne..... 128
  - 17.1.2. Charakterystyka energetyczna ..... 131
  - 17.1.3. Koszty budowy i eksploatacji ..... 131
  - 17.1.4. Błędy projektowe i wykonawcze..... 132
- 17.2. Dom pasywny w Słomczynie..... 132
  - 17.2.1. Rozwiązania konstrukcyjne..... 132
  - 17.2.2. Szczelność powietrzna ..... 133
  - 17.2.3. Koszty budowy i eksploatacji ..... 133
- 17.3. Osiedle energooszczędne Gdańsk-Osowa ..... 133
  - 17.3.1. Rozwiązania konstrukcyjne..... 133
  - 17.3.2. Koszty budowy i eksploatacji ..... 134
- 17.4. Pasywna hala sportowa w Słomnikach ..... 134
  - 17.4.1. Rozwiązania konstrukcyjne..... 134
  - 17.4.2. Charakterystyka energetyczna ..... 134
  - 17.4.3. Koszty budowy i eksploatacji ..... 134
- 17.5. Pierwszy pasywny kościół w Nowym Targu ..... 134
  - 17.5.1. Rozwiązania konstrukcyjne..... 135
  - 17.5.2. Charakterystyka energetyczna ..... 135
  - 17.5.3. Koszty budowy i eksploatacji ..... 135
- 17.6. Pierwsza pasywna szkoła w Budzowie ..... 136
  - 17.6.1. Rozwiązania konstrukcyjne..... 136
  - 17.6.2. Charakterystyka energetyczna ..... 136
  - 17.6.3. Koszty budowy i eksploatacji ..... 137
  - 17.6.4. Błędy wykonawcze i projektowe..... 137

### SŁOWNIK POJĘĆ ..... 138

### BIBLIOGRAFIA ..... 143





## 1. DLACZEGO WARTO BUDOWAĆ BUDYNKI ENERGOOSZCZĘDNE?

Działalność człowieka zazwyczaj destrukcyjnie wpływa na środowisko naturalne. Również przy projektowaniu i wykonywaniu budynków stosunkowo mało osób zwraca uwagę na problemy związane z ich wpływem na środowisko, a także coraz wyższymi kosztami eksploatacji. Celem niniejszej publikacji jest zwiększenie świadomości inwestorów w zakresie rozwiązań energooszczędnych w budownictwie, czyli tytułowego „budowania z głową”. Rozwiązań, które pozwalają ograniczyć negatywne oddziaływanie budynków na środowisko, a jednocześnie poprawiają komfort jego użytkowania i znacząco zmniejszają koszty eksploatacji.

Budynki zużywające minimalne ilości energii potrzebnej do utrzymania wewnętrznego komfortu cieplnego, czy takie, które nie są wyposażone w tra-

dycyjne systemy ogrzewania to już nie nierealna idea, czy ciekawostka techniczna. To fakt, dzięki któremu mamy szansę zracjonalizować zużycie energii w dzisiejszych czasach. To już nie alternatywa, lecz konieczność wynikająca zarówno ze względów ekonomicznych, jak i środowiskowych.

Zastanawiając się nad zasadnością inwestowania w budynki energooszczędne, których koszty budowy są nieco wyższe w stosunku do tradycyjnych musimy być świadomi, z jakich przyczyn wynika konieczność podwyższania efektywności energetycznej budynków powstających, jak i tych istniejących. Jednocześnie musimy pamiętać, że budynki są eksploatowane przez długi okres (ponad 50 lat), stąd wszelkie korzyści wynikające z podnoszenia standardów energetycznych budynków, ich wpływ na



środowisko i użytkowników powinniśmy rozważać w perspektywie wielu lat.

### Dlaczego powinniśmy budować energooszczędnie?

1. Przede wszystkim staramy się minimalizować niekorzystne oddziaływania budynków na środowisko naturalne.
2. Musimy podjąć działania przeciwko zmianom klimatu.
3. Chcemy ograniczyć koszty eksploatacji budynku.
4. Z uwagi na osobiste korzyści dla mieszkańców (szerzej opisane w dalszej części książki).
5. Ważnym aspektem są również zobowiązania międzynarodowe, których Polska zobowiązała się przestrzegać.

## 1.1. Budynki a środowisko naturalne

Już teraz widoczne są negatywne skutki oddziaływania dotychczasowej działalności człowieka na klimat i środowisko. Same budynki odpowiadają za ok. 40% zużycia energii (oraz 35% emisji gazów cieplarnianych) w UE, z czego najwięcej energii przeznaczane jest na ogrzewanie. Istnieje zatem duży potencjał ograniczenia tego zużycia, chociażby poprzez zastosowanie podstawowych rozwiązań energooszczędnych w trakcie budowy lub modernizacji budynków.

Musimy także pamiętać, że w Polsce większość energii (ok. 90%) pozyskujemy z nieodnawialnych paliw kopalnych, takich jak węgiel kamienny i brunatny, ropa naftowa czy gaz ziemny. Dzięki ograniczeniu zużycia energii przez budynki, znacząco wpły-

wamy na zmniejszenie zapotrzebowania na surowce nieodnawialne.

## 1.2. Zmiany klimatyczne

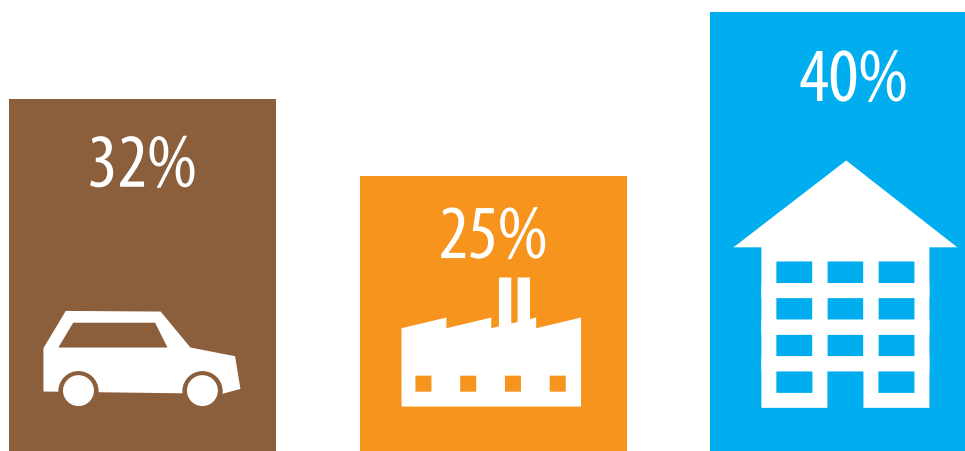
### Czy wiesz, że?

Budynki zużywają aż 40% energii w Unii Europejskiej, czyli więcej niż transport (32%) czy przemysł (25%). Budując energooszczędnie możemy w prosty sposób zmniejszyć zapotrzebowanie na energię. Dlatego tak ważne jest podwyższanie standardów energetycznych budynków oraz ich popularyzacja.

Globalne ocieplenie staje się coraz większym problemem i jest bezpośrednio związane ze wzrostem ilości dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) w atmosferze. Według danych obserwatorium w Mauna Loa na Hawajach stężenie dwutlenku węgla osiąga alarmująco wysokie wartości, najwyższe od ponad 50 lat.

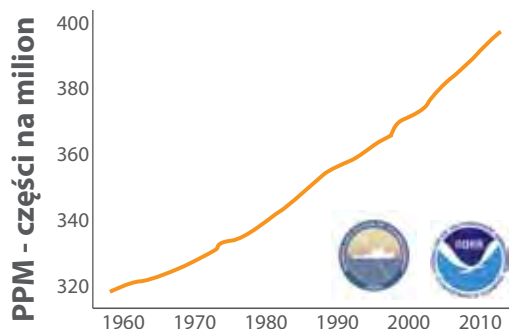
Państwa członkowskie Unii Europejskiej podjęły działania mające na celu zahamowanie tego zjawiska, przyjmując tzw. pakiet 3 × 20, czyli 20% redukcje emisji gazów cieplarnianych, 20% poprawę efektywności energetycznej oraz podniesienie do 20% wykorzystania energii odnawialnej do 2020 roku.

W obecnej sytuacji budynki są odpowiedzialne za 35% emisji gazów cieplarnianych w Unii Europejskiej. Dlatego dzięki zastosowaniu rozwiązań energooszczędnych w budownictwie, zgodnych z ideą zrównoważonego rozwoju, możemy w niemałym stopniu przyczynić się do poprawy kondycji środowiska.



Rysunek 1.1 Zużycie energii w Unii Europejskiej, źródło: „Green Paper on Energy Efficiency or Doing More with Less”, Marzec 2006 r.

## Zmiana stężenia CO<sub>2</sub> w atmosferze



Rysunek 1.2 Zmiana stężenia CO<sub>2</sub> w atmosferze rejestrowana przez obserwatorium Mauna Loa na Hawajach w ppm (częściach na milion), źródło: P. Tans (NOAA/ESRL), <http://www.pmel.noaa.gov/co2>

Sama poprawa efektywności energetycznej budynków może zmniejszyć emisję dwutlenku węgla o 460 mln ton rocznie, co odpowiada:

- Usunięciu 6 milionów samochodów z dróg na 14 lat,
- Zasadzeniu lasu o powierzchni trzykrotnie większej niż Francja.

### 1.3. Rosnące ceny energii

Ceny energii stale rosną, dlatego z punktu widzenia użytkownika bardziej opłacalne jest mieszkanie w budynku energooszczędnym, który charakteryzuje się mniejszym kosztem całkowitym, (czyli łącznie budowy i eksploatacji) w cyklu życia niż budynki standardowe.

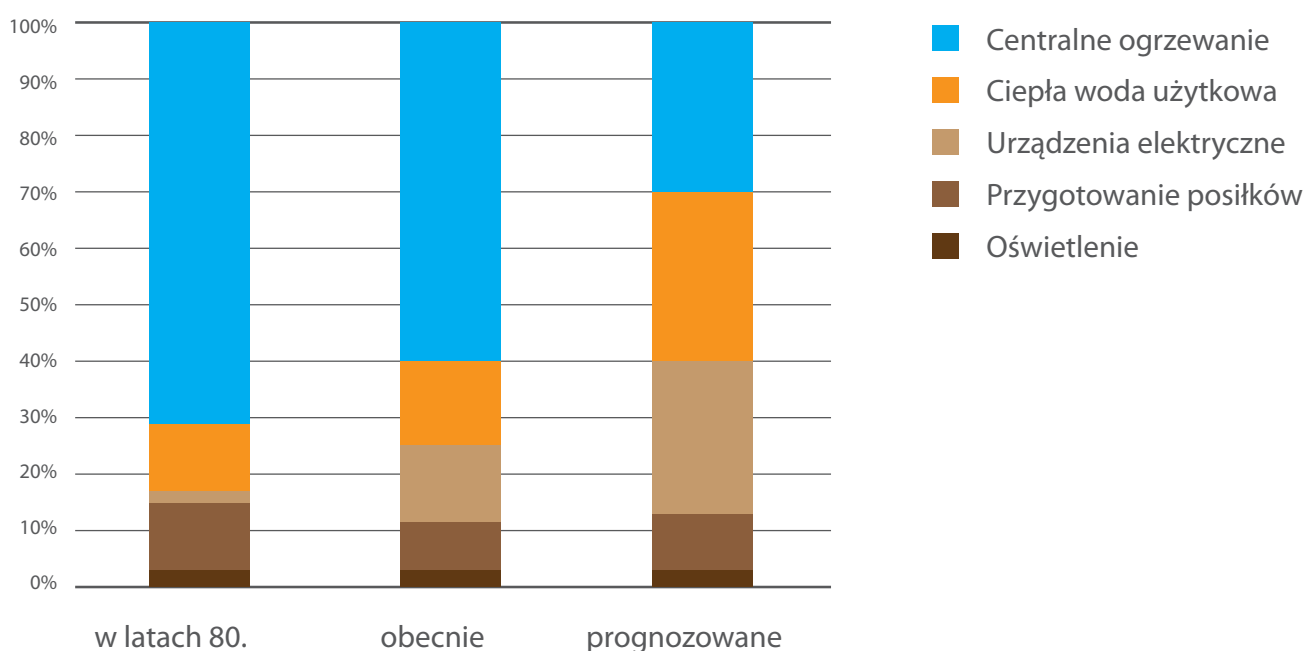
Najwięcej energii zużywanej przez budynek przeznaczane jest do jego ogrzewania. Spowodowane jest to głównie przez nadmierne straty ciepła przez przegrody zewnętrzne wynikające z niedostatecznego ich ocieplenia, konieczność podgrzania powietrza wentylacyjnego, a także powstawanie mostków cieplnych (zagadnienie szerzej opisane jest w rozdziale 6).

Poniższe wykresy (rysunek 1.4 i 1.5) obrazują, w jakim tempie zmieniają się ceny paliw w Polsce na przełomie ostatnich lat. Istotne są zwłaszcza ceny węgla, ze spalania którego w Polsce otrzymujemy większość energii.

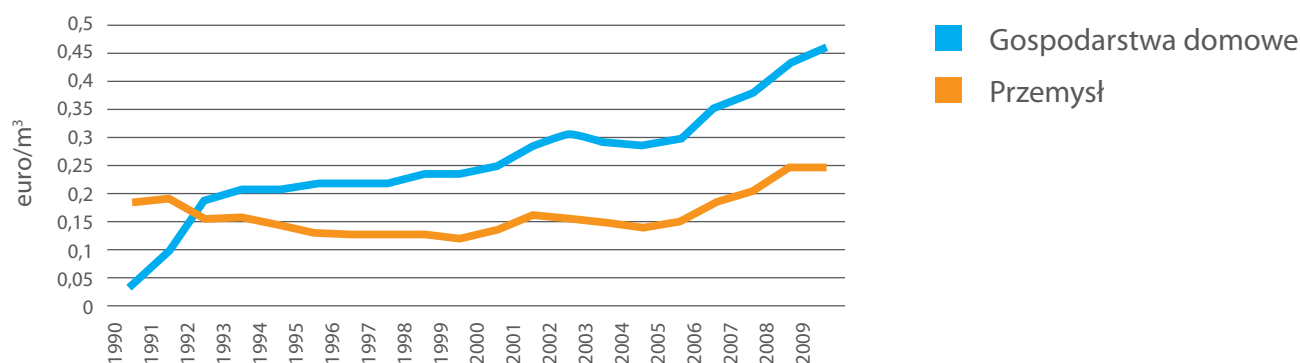
Energooszczędny sektor budowlany oznacza także mniejsze uzależnienie kraju od importu energii, która w dzisiejszych czasach jest podstawą funkcjonowania zarówno gospodarki jak i gospodarstw domowych.

### Czy wiesz, że?

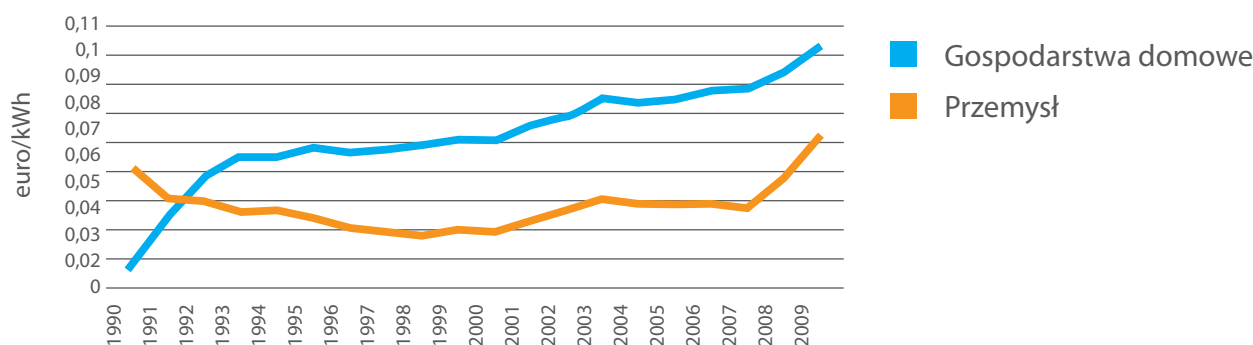
Jeszcze niedawno tylko 20% Polaków było świadomych, że to właśnie ogrzewanie, a nie oświetlenie czy elektronika jest odpowiedzialne za wysokość naszych rachunków. Na szczęście z dnia na dzień zagadnienie oszczędzania energii staje się nam coraz bliższe. Coraz więcej osób zaczyna stosować rozwiązania mające na celu zmniejszenie zużycia energii.



Rysunek 1.3 Procentowe zużycie energii w budynkach mieszkalnych



Rysunek 1.4 Zmiany cen gazu dla gospodarstw domowych i przemysłu, źródło: GUS



Rysunek 1.5 Zmiany cen energii elektrycznej dla gospodarstw domowych i przemysłu, źródło: GUS

## 1.4. Zobowiązania międzynarodowe

Istnieje wiele uregulowań prawnych mających na celu poprawę efektywności energetycznej i redukcję emisji gazów cieplarnianych, których Polska zobowiązała się przestrzegać. W odniesieniu do budynków jest nim Recast dyrektywy EPBD 2010/31/UE, na mocy którego państwa członkowskie Unii Europejskiej zapewniają, aby:

- Do dnia 31 grudnia 2020 r. wszystkie nowe budynki były budynkami o niemal zerowym zużyciu energii.
- Po dniu 31 grudnia 2018 r. nowe budynki, zajmowane przez władze budynki publiczne oraz będące ich własnością były budynkami o niemal zerowym zużyciu energii.

### Polska powinna opracować:

- Szczegółowo stosowaną w praktyce przez dane państwo członkowskie definicję budynków o niemal zerowym zużyciu energii odzwierciedlającą krajowe, regionalne lub lokalne warunki i obejmującą liczbowy wskaźnik zużycia energii pierwotnej wyrażony w kWh/m<sup>2</sup> na rok. Wskaźniki energii pierwotnej stosowane do określenia pierwotnego zużycia

energii mogą opierać się na krajowych lub regionalnych uśrednionych wartościach rocznych i mogą uwzględniać odpowiednie normy europejskie.

- Pośrednie cele służące poprawie charakterystyki energetycznej nowych budynków na 2015 rok.
- Informację na temat polityk i środków finansowych lub innych środków przyjętych w celu promowania budynków o niemal zerowym zużyciu energii, w tym szczegóły na temat krajowych wymagań i środków dotyczących zużycia energii ze źródeł odnawialnych w nowych budynkach oraz istniejących budynkach poddanych ważniejszej renowacji.

### Czy wiesz, że?

W naszym kraju nie mamy jeszcze obowiązującej definicji budynku o niemal zerowym zużyciu energii. Możemy jedynie odnosić się do wytycznych podanych przez NFOŚiGW, w których mowa o dofinansowaniu na budowę domów energooszczędnych w standardzie NF40 i NF15.



W Polsce budynki energooszczędne są nadal mało popularne. Inwestorzy wciąż obawiają się podwyższonych kosztów budowy w porównaniu z tradycyj-

nymi obiektami, co więcej stosunkowo niewiele firm jest wykwalifikowanych w ich wykonywaniu.



## 2. CO TO SĄ BUDYNKI ENERGOOSZCZĘDNE W STANDARDZIE NF40 I NF15?

### 2.1. Program wsparcia NFOŚiGW

Celem wsparcia budownictwa energooszczędnego Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej uruchomił w 2013 roku program priorytetowy dopłat do kredytów na budowę domów energooszczędnych. Jest to pierwsza ogólnopolska inicjatywa ułatwiająca budowę budynków mieszkalnych o niskim zużyciu energii. W ramach programu beneficjent może uzyskać dopłatę do:

- Budowy domu jednorodzinnego,
- Zakupu nowego domu jednorodzinnego,
- Zakupu lokalu mieszkalnego w nowym budynku mieszkalnym jednorodzinnym.

Budżet programu w formie bezzwrotnych dofinansowań wynosi 300 mln zł. Środki te pozwolą na realizację około 12 tys. domów jednorodzinnych i mieszkań w budynkach wielorodzinnych. Wdrożenie programu przewidziane jest na lata 2013-2018, a wydatkowanie środków z nim związanych – do 31.12.2022 r. Wysokość dofinansowania jest zróżnicowana w zależności od uzyskanego wskaźnika rocznego jednostkowego zapotrzebowania na energię użytkową do celów ogrzewania i wentylacji (EUco, która opisana jest w słowniku) i wynosi:

#### W przypadku domów jednorodzinnych:

- NF40: EUco  $\leq$  40 kWh/m<sup>2</sup> na rok – dopłata 30 000 zł brutto,
- NF15: EUco  $\leq$  15 kWh/m<sup>2</sup> na rok – dopłata 50 000 zł brutto.

#### W przypadku lokali mieszkalnych w domach wielorodzinnych:

- NF40: EUco  $\leq$  40 kWh/m<sup>2</sup> na rok – dopłata 11 000 zł brutto,
- NF15: EUco  $\leq$  15 kWh/m<sup>2</sup> na rok – dopłata 16 000 zł brutto.

EUco oznacza energię użytkową do celów ogrzewania i wentylacji.

Budynki powstające w Polsce zgodnie z obowiązującymi wymaganiami charakteryzują się wskaźnikiem EUco wynoszącym od 110 do 130 kWh/m<sup>2</sup> na rok. Zmniejszające się zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i wentylacji jest więc znaczące.

Cele programu to przede wszystkim obniżenie zużycia energii oraz ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> o ok. 32 tys. ton rocznie. Jego efektem ma być zgromadzenie kompetencji potrzebnych do budowy budynków

o niemal zerowym zużyciu energii od 2021 r. Ma to być także impuls do rozwoju rynku technologicznego w Polsce i zmiany standardów budowy.

#### Uczestnictwo w programie daje korzyści w postaci:

- Dopłaty do kredytu pokrywającej część wyższych kosztów inwestycyjnych oraz koszty weryfikacji projektu budowlanego i potwierdzenia osiągniętego standardu energetycznego,
- Niższych kosztów eksploatacji budynku, a co za tym idzie niższych rachunków,
- Weryfikacji poprawności zastosowanych rozwiązań energooszczędnych,
- Niższego kosztu kredytu z uwagi na mniejsze ryzyko banku i lepszy profil ryzyka kredytowego kredytobiorcy,
- Podniesienia wartości nieruchomości – w porównaniu do budynków tradycyjnych budynki energooszczędne mają wyższą wartość rynkową.

Jak widać budynki w standardzie NF40 i NF15 będą posiadały wiele zalet w stosunku do budynków tradycyjnych. Dzięki temu decydując się na budowę domu lub zakup mieszkania z dopłatą dostajemy coś więcej niż tylko małe zużycie energii. Sama zresztą dopłata, jeżeli uwzględnimy koszty weryfikacji, konieczność zapłacenia podatku, większe koszty projektu oraz dodatkowe badania szczelności powietrznej, może okazać się niewielka. Dlatego największą korzyścią z udziału w programie jest dwuetapowa weryfikacja poprawności zastosowanych rozwiązań energooszczędnych. Oferowane na rynku budynki i mieszkania są bardzo często reklamowane jako energooszczędne, ale nie mają z tym wiele wspólnego. Zainstalowanie jedynie kolektorów słonecznych lub zwiększenie grubości izolacji nie gwarantuje osiągnięcia zakładanych efektów energetycznych. Dopiero zastosowanie kompleksowych rozwiązań, począwszy od architektury, a na zastosowaniu OZE skończywszy daje gwarancję niższych kosztów eksploatacyjnych.

#### Co warto wiedzieć o programie dopłat do kredytów na budowę domów energooszczędnych?

##### Czy dopłata jest możliwa tylko przy zaciągnięciu kredytu?

Tak, wsparcie NFOŚiGW jest realizowane dzięki współpracy z bankami, które przejmują na siebie

obowiązki związane z zaciągnięciem kredytu i jednocześnie zostają pośrednikami w dotacji na jego spłatę. Kwota kredytu musi być wyższa od kwoty wnioskowanej dotacji, ale nie musi pokrywać kosztu całego przedsięwzięcia.

### **Gdzie mogę uzyskać kredyt z dotacją?**

Listę banków współpracujących znajdziesz na stronie NFOŚiGW.

### **Czy mogę uzyskać dofinansowanie w trakcie budowy?**

Tak, ale trzeba pamiętać o zaciągnięciu kredytu w banku współpracującym z Funduszem oraz pokryciu przez ten kredyt kosztów uwzględnionych w programie. Budynek musi również spełniać wymagania techniczne i inne wytyczne, takiej jak dokumentacja fotograficzna etapów budowy, czy dokumentacja zastosowanych materiałów i urządzeń.

### **Jak zweryfikować, czy mój projekt budowlany spełnia stawiane wymagania?**

Skontaktuj się z weryfikatorem, uprawnionym do oceny projektu. Listę takich osób już niedługo znajdziesz na stronie NFOŚiGW lub Związku Banków Polskich <http://zbp.pl/domefekt>. Koszty weryfikacji, których kwotę szacuje się na kilka tysięcy złotych, pokrywa beneficjent, rozliczając się bezpośrednio z weryfikatorem, jednak kwota dotacji jest obliczona uwzględniając pokrycie poniesionych kosztów. Weryfikacja musi być przeprowadzona w dwóch etapach – przed i po budowie.

### **Czy mogę otrzymać dopłatę do mieszkania w budynku deweloperskim?**

Tak, jeśli deweloper uzyska potwierdzenie o pozytywnym spełnieniu wymagań stawianych przez program. Po podpisaniu umowy kredytowej i zrealizowaniu przedsięwzięcia, którego stan będzie potwierdzał osiągnięcie założeń energetycznych, dotacja zostanie przekazana na konto beneficjenta.

### **Co może być finansowane z kredytu z dotacją?**

Koszty kwalifikowane obejmują zakup i montaż:

- Elementów konstrukcyjnych, w tym materiałów izolacyjnych, posadzek, stolarki okiennej i drzwiowej,
- Instalacji ogrzewania,
- Instalacji przygotowania ciepłej wody użytkowej,
- Układów wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła.

Nie są finansowane koszty wykończeniowe umożliwiające zamieszkanie.

### **Czy mogę uzyskać dofinansowanie w przypadku rozbudowy / nadbudowy / przebudowy / odbudowy / remontu budynku?**

Nie, program uwzględnia wykonanie lub zakup nowego budynku jednorodzinne.

## **2.2. Definicje i standardy budynków energooszczędnych**

Oprócz budynków w NF40 i NF15 istnieje wiele innych definicji i standardów budynków energooszczędnych. Do podstawowych z nich można zaliczyć:

### **Budynek energooszczędny, budynek niskoenergetyczny.**

Budynek energooszczędny charakteryzuje się współczynnikiem  $EU_{co} \leq 70$  kWh/m<sup>2</sup> na rok, podczas gdy budynek referencyjny budowany według obowiązujących przepisów w Polsce zużywa średnio ok. 130 kWh/m<sup>2</sup> na rok. Do pokrycia części zapotrzebowania na energię wykorzystywane mogą być źródła odnawialne.

Budynek niskoenergetyczny to obiekt o współczynniku  $EU_{co} \leq 45$  kWh/m<sup>2</sup> na rok, co jest zbliżone do standardu NF40.

Często można spotkać się też z klasyfikacją:

### **Budynek energooszczędny 7-litrowy.**

Charakteryzuje się zapotrzebowaniem na energię cieplną na poziomie ok. 70 kWh/m<sup>2</sup>, czyli ok. 7 litrów oleju opałowego na m<sup>2</sup> ogrzewanej powierzchni na rok.

### **Budynek energooszczędny 5-litrowy.**

Zużywa ok. 5 litrów oleju opałowego na m<sup>2</sup> ogrzewanej powierzchni na rok, o  $EU_{co}$  rzędu 50 kWh/m<sup>2</sup> na rok. Koszt jego budowy jest o ok. 10-15% wyższy od budowy domu zgodnego z obowiązującymi wymaganiami.

### **Budynek niskoenergetyczny 3-litrowy.**

Zużywa ok. 3 litrów oleju opałowego na m<sup>2</sup> ogrzewanej powierzchni na rok, o  $EU_{co}$  rzędu 30 kWh/m<sup>2</sup> na rok. Koszt jego budowy jest o ok. 15% wyższy od budowy domu referencyjnego.

### **Budynek pasywny.**

Zużywa ok. 1,5 litra oleju opałowego lub 1,5 m<sup>3</sup> gazu ziemnego na m<sup>2</sup> ogrzewanej powierzchni na rok, o  $EU_{co}$  max 15 kWh/m<sup>2</sup> na rok, co odpowiada standardowi NF15. Do pokrycia całego zapotrzebowania na energię wykorzystywane są często źródła odnawialne.





\*Założenia do wyliczeń: cena oleju opałowego - 3,80 zł/l, cena gazu 2,00 zł/m³, cena węgla 800 zł/tona, wielkość domu 125 m²; podane koszty obejmują tylko ogrzewanie bez c.w.u.

Rysunek 2.1 Uprozczone porównanie zużycia energii i kosztów ogrzewania budynków o różnym standardzie

## Czy wiesz, że?

Suszarka o mocy 1500 W wystarczy, żeby ogrzać dom pasywny o powierzchni 150 m² podczas mroźnej zimy.

### Budynek zero energetyczny

Budynek samowystarczalny pod względem energetycznym, w którym nie korzysta się z konwencjonalnych źródeł energii. Do pokrycia całego zapotrzebowania na energię wykorzystywane są źródła odnawialne z systemami magazynującymi ciepło.

### Budynek dodatnio energetyczny

Budynek, w którego bilansie energetycznym zyski

przewyższają straty. Korzysta on ze źródeł energii odnawialnej, a nadmiar wytworzonej energii odprowadzany jest do sieci.

### Budynek ekologiczny, zielony

Budynek zdrowy dla użytkowników, oddziałujący na środowisko w minimalnym stopniu, gdzie istotna jest jego zharmonizowana relacja z otoczeniem. Mowa tu o roślinności charakterystycznej dla rejonu, czy oczkach wodnych, często stosowanych dla wytworzenia korzystnego mikroklimatu. Ma on być zbudowany z ekologicznych materiałów, których produkcja oraz montaż nie wymaga dużej ilości energii i są łatwe do recyklingu. Szczególną uwagę przykładają do gospodarowania odpadami, które nie mogą zanieczyszczać powietrza, wody ani gleby. Dotyczy to odpadów produkowanych w trakcie

eksploatacji jak i podczas procesu budowlanego, co powoduje zmniejszenie uciążliwości budowy na środowisko naturalne.

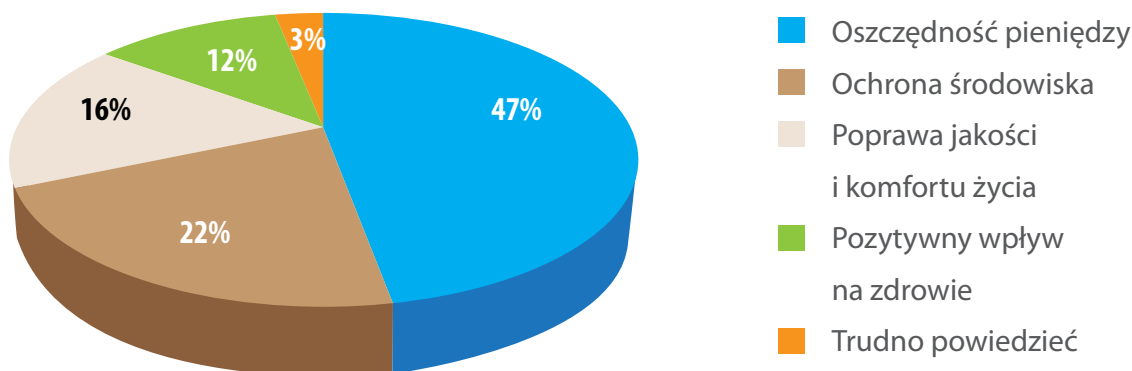
### Budynek zrównoważony

Budynek przyjazny środowisku naturalnemu i człowiekowi, realizujący zasady zrównoważonego rozwoju, polegające na oszczędzaniu zasobów naturalnych i dbaniu o środowisko naturalne. Powinien być wzniesiony z uwzględnieniem lokalnych warunków przestrzennych i wzajemnych relacji sąsiadującymi budynkami, decydującej o dostępności światła dziennego oraz wpływającej na jego energochłonność.

## 2.3. Korzyści w ocenie mieszkańców

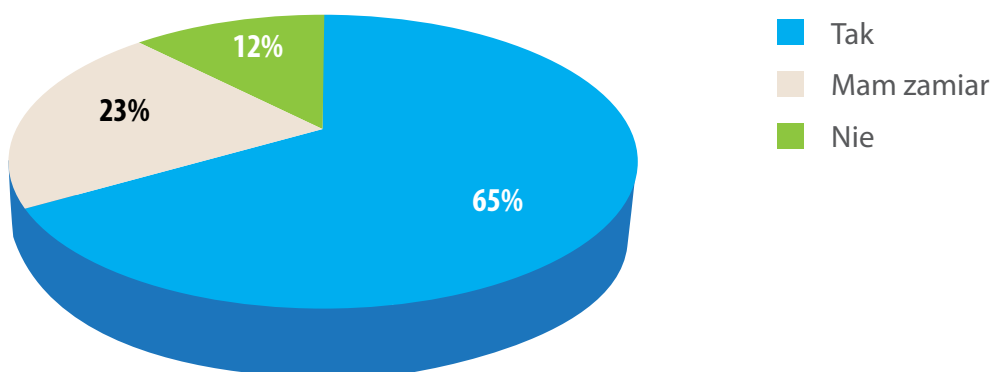
W lutym 2013 r. przedstawiono wyniki sondażu dotyczącego wiedzy Polaków nt. energooszczędnych rozwiązań stosowanych w domach i mieszkaniach. Badanie „Energooszczędność w moim domu” przeprowadziła pod koniec stycznia 2013 roku firma Millward Brown SMG/KRC. Wyniki badania pokazują, że oszczędzanie energii to zagadnienie, które jest coraz bliższe Polakom. Jak wynika z przeprowadzonego badania, energooszczędny dom i mieszkanie ko-

### Największa korzyść z mieszkania w energooszczędnym domu



Rysunek 2.2 Korzyści z mieszkania w energooszczędnym domu, źródło: Badanie „Energooszczędność w moim domu” firma Millward Brown SMG/KRC

### Czy wprowadzasz u siebie energooszczędne rozwiązania?



Rysunek 2.3 Gotowości do wprowadzania energooszczędnych rozwiązań, źródło: Badanie „Energooszczędność w moim domu” firma Millward Brown SMG/KRC



jarzy się Polakom przede wszystkim z oszczędnością na kosztach eksploatacji – aż 47% ankietowanych wskazuje aspekt finansowy jako największą korzyść wynikającą z mieszkania w energooszczędnym budynku. Mniejsze znaczenie ma ochrona środowiska naturalnego (22% wskazań), poprawa jakości i komfortu życia (16%) oraz pozytywny wpływ na zdrowie (12%).

Jednocześnie coraz więcej Polaków decyduje się na wprowadzanie chociaż podstawowych energooszczędnych rozwiązań, takich jak ocieplenie ścian, wymiana żarówek, okien czy sprzętu AGD. Uruchomiony przez NFOŚiGW program dopłat daje szansę na wprowadzenie kompleksowych rozwiązań, pozwalających na znaczne ograniczenie zużycia energii.

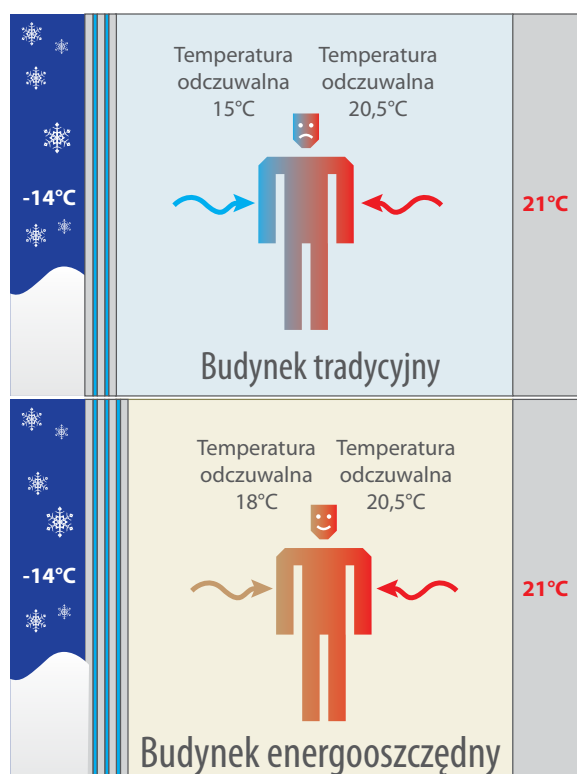


### 3. ZALETY BUDYNKÓW ENERGOOSZCZĘDNYCH

Budynki energooszczędne posiadają wiele zalet w stosunku do budynków tradycyjnych. Do głównych z nich można zaliczyć: wysoki komfort użytkowania, brak negatywnego wpływu na środowisko i niskie koszty użytkowania. Wszystkie te cechy sprawiają, że decydując się na budowę takiego domu lub zakup mieszkania dostajemy coś więcej niż tylko małe zużycie energii.

#### 3.1. Wysoki komfort cieplny

Poziom komfort cieplnego zależy od takich czynników jak temperatura i wilgotność względna powietrza wewnętrznego, prędkość ruchu powietrza czy średniej temperatury powierzchni przegród. Podstawową zaletą budynków energooszczędnych są szczelne i ciepłe przegrody. To właśnie te cechy w dużej mierze decydują o wysokim stopniu komfortu cieplnego, jaki panuje wewnątrz takich budynków. Wszystkie przegrody zewnętrzne (ściany, podłogi, stropy, okna) charakteryzują się niskim współczynnikiem przenikania ciepła U (opisanym w słowniku).



Rysunek 3.1 Podwyższenie poziomu komfortu cieplnego w budynkach energooszczędnych dzięki zastosowaniu okien z trzema szybami o wyższej izolacyjności cieplnej i temperaturze powierzchni wewnętrznej a) budynek tradycyjny b) budynek energooszczędny

Zapewnia to stałą i stosunkowo wysoką temperaturę wewnętrzną powierzchni ściany, nieznacznie tylko różniącą się od wewnętrznych przegród, co znacząco poprawia komfort cieplny osób przebywających w pomieszczeniu.

Jakość zastosowanych materiałów, a także wykonanie przegród zewnętrznych znacząco wpływa na komfort cieplny panujący w pomieszczeniach. Budynek w standardzie NF15 i NF40 musi spełniać szereg wymagań dotyczących szczelności powietrznej i izolacyjności cieplnej przegród. Ograniczone jest też występowanie mostków cieplnych, które powodują dodatkowe straty ciepła i zwiększają ryzyko rozwoju pleśni, a energooszczędna stolarka okienna powoduje, że nie występuje uczucie chłodu w jej pobliżu, dzięki czemu przestrzeń przy oknie może być efektywnie wykorzystana.

#### MIT:

Budynki energooszczędne przegrzewają się latem.

#### FAKT:

Jeżeli budynek energooszczędny zostanie poprawnie zaprojektowany i zbudowany, nie będzie problemów z przegrzewaniem w okresie lata. W ciągu kilku upalnych dni, budynki te mogą mieć problemy z utrzymaniem temperatury w strefie komfortu, ponieważ szczelne i dobrze izolowane przegrody zewnętrzne nie będą oddawać ciepła tak szybko, jak jest to konieczne. Taka sama sytuacja wystąpi w przypadku budynków tradycyjnych, w których temperatura wewnętrzna jest w większym stopniu zależna od temperatury zewnętrznej. Budynki energooszczędne będą natomiast lepiej chroniły przed przedostawianiem się ciepła do wewnątrz, dzięki bardzo dobrze zaizolowanym przegrodom zewnętrznym i elementom zacięniającym.

#### Czy wiesz, że?

Dobre zaizolowanie przegród zewnętrznych zmniejsza ryzyko rozwoju pleśni na przykład za meblami przystawionymi do ściany, gdyż para wodna nie kondensuje wtedy na cieplej powierzchni przegrody.

#### 3.2. Świeże powietrze

W wielu tradycyjnych budynkach świeże powietrze dopływa do pomieszczeń przez nieszczelności

stolarki okiennej. W standardzie energooszczędnym wszystkie elementy zewnętrznej powłoki budynku są szczelne, co oznacza, że praktycznie wyeliminowane są wszelkie nieszczelności okien i przegród zewnętrznych. Dlatego tak ważne jest zastosowanie wentylacji mechanicznej, zapewniającej nam dostęp świeżego powietrza.

System wentylacji mechanicznej ma wiele zalet w stosunku do wentylacji naturalnej. Przede wszystkim zapewnia stałą wymianę powietrza oraz usunięcie zanieczyszczeń powstających w wyniku użytkowania budynku. Ponadto, dzięki zastosowaniu filtrów w układzie wentylacji, kurz oraz pyłki nie przedostają się do powietrza w pomieszczeniach, zmniejszając tym samym ryzyko alergii. Dodatkowo poprzez stałą wymianę powietrza możliwe jest zachowanie odpowiedniej jego wilgotności, (poniżej 45%), która ogranicza rozmnażanie się roztoczy zimą oraz pozytywnie wpływa na kondycję środowiska wewnętrznego.

**MIT:**

Budynki energooszczędne nie oddychają, ponieważ są zbyt szczelne, co prowadzi do pogorszenia jakości środowiska wewnętrznego.

**FAKT:**

To prawda, że jakość powietrza wewnętrznego w budynku, w którym powietrze nie jest wymieniane (budynek nie oddycha) jest bardzo niska, a budynki energooszczędne są bardzo szczelne. Oznacza to, że nie „oddychają” przez przegrody. Za wymianę powietrza w budynkach energooszczędnych odpowiada jednak system wentylacji mechanicznej. Zapewnia on stałe dostarczanie świeżego powietrza zewnętrznego i usuwanie powstałych zanieczyszczeń, dzięki czemu jakość powietrza wewnętrznego jest bardzo wysoka, a odzysk ciepła z powietrza wywiewanego pozawala ograniczyć do minimum straty ciepła na wentylację.

### 3.3. Wysoki komfort akustyczny

Komfort akustyczny wewnątrz budynku zależy od poziomu dźwięku i hałasu, czasu pogłosu oraz poziomu hałasu zewnętrznego przeniesionego przez elementy konstrukcji, system wentylacji i nieszczelności, wiąże się ze wszystkim, co można usłyszeć w budynku, a jest emitowane na zewnątrz lub wewnątrz niego.

Im lepiej zaizolowane i bardziej szczelne przegrody zewnętrzne, tym lepszy komfort akustyczny wewnątrz budynku. Dlatego budynki energooszczędne charakteryzują się dużo lepszym komfortem akustycznym w porównaniu do tradycyjnych budynków.

Wszelki hałas emitowany na zewnątrz (m.in. ruch uliczny) będzie znacząco wytłumiony dzięki przegrodom budynków energooszczędnych, zanim dotrze do wnętrza.

**MIT:**

System wentylacji mechanicznej jest hałaśliwy.

**FAKT:**

System wentylacji musi być tak zaprojektowany, aby oddzielić akustycznie środowisko wewnętrzne od zewnętrznego. System wentylacji może być źródłem hałasu emitowanego przez wentylatory oraz zbyt szybki przepływ powietrza w kanałach i nawiewnikach. Jeśli nie wykonamy go prawidłowo spowoduje powstanie dodatkowego hałasu, podobnie jak w budynkach tradycyjnych wyposażonych z system wentylacji mechanicznej. Innym problemem może być przedostawanie się dźwięków pomiędzy pomieszczeniami za pośrednictwem systemu wentylacji. Aby temu zapobiec należy stosować tłumiki hałasu pomiędzy pomieszczeniami, jak również montować je przed i za centralą wentylacyjną. Jeżeli system wentylacji jest prawidłowo zaprojektowany – odpowiednio dobrane prędkości przepływu powietrza, tłumiki oraz prawidłowo wykonany – odpowiednie mocowanie kanałów centrali, wtedy nie będzie ona źródłem dodatkowego hałasu w budynku.

### 3.4. Dostępność światła dziennego

W budynkach energooszczędnych staramy się jak najlepiej wykorzystywać zyski ciepłe od słońca, między innymi poprzez zwiększanie powierzchni szklenia przegród zewnętrznych. Dzięki temu otrzymujemy również większy dostęp pomieszczeń do światła dziennego, które jest niezwykle istotne dla naszego samopoczucia i zdrowia. Co więcej pozwala nam to zmniejszyć ilość zużywanej energii elektrycznej potrzebnej na oświetlenie.





## 4. JAK ZBUDOWAĆ DOM LUB KUPIĆ MIESZKANIE ENERGOOSZCZĘDNE?

Decydując się na budowę domu lub kupno mieszkania trzeba zastanowić się nad tym, czy chcemy korzystać z rozwoju nauki i technologii, które umożliwiają dużo zdrowsze, tańsze i bardziej komfortowe mieszkania. Światowy postęp daje nam w tym momencie wybór pomiędzy tradycyjnym budownictwem a energooszczędnym, które charakteryzuje się niedocenianymi wciąż przez społeczeństwo cechami. Jest to po pierwsze zdrowie – wielu ludzi nie zdaje sobie sprawy z faktu, że dom lub mieszkanie zużywające dużo energii wpływa niekorzystnie także na nas – stanowi źródło dodatkowej emisji zanieczyszczeń, a nieodpowiednia izolacja zwiększa zagrożenie chorobami powodowanymi przez pleśń i grzyby. Komfort mieszkania w takich domach, które są właściwie wentylowane, zachowują odpowiednie parametry ciepłe przez cały rok bez konieczności rezygnacji

z pewnych udogodnień także stanowi o ich przewadze. Jeśli te argumenty nie są wystarczające, warto wziąć pod uwagę aspekt ekonomiczny takiego rozwiązania. Budowa trwa zaledwie kilka lat, a korzystać z domu czy mieszkania chcemy jak najdłużej. Warto przeliczyć oszczędności, jakie jesteśmy w stanie uzyskać już od pierwszego dnia zamieszkania. Dodatkowe koszty inwestycyjne, biorąc pod uwagę prawdopodobny w przyszłości wzrost cen energii, stają się tym bardziej niewielkie.

Domy projektowane aktualnie w Polsce wykazują wysokie zapotrzebowanie na energię użytkową, które w krajach sąsiadujących jest o 30-50% mniejsze. Osiągnięcie standardu energooszczędnego wymaga wielu kompleksowych rozwiązań, zarówno budowlanych jak i instalacyjnych.



## 4.1. Bilans energetyczny budynku

Podjmując decyzję o budowie domu energooszczędnego, pierwsze kroki trzeba podjąć już na etapie projektowania. Wybierając projekt należy zwrócić uwagę na wiele czynników mających istotne znaczenie podczas jego eksploatacji. Pojęciem decydującym o przynależności domu czy mieszkania do grupy budynków energooszczędnych jest bilans energetyczny. Jest to różnica między stratami energii a zyskami, która świadczy o efektywności energetycznej budynku. Im większe są zyski a mniejsze straty, tym mniej energii należy doprowadzić, aby zapewnić odpowiednią temperaturę w pomieszczeniu. Obniża to z kolei rachunki za ogrzewanie, które stanowią największą część kosztów ponoszonych przez użytkownika.

### Co ma wpływ na bilans energetyczny i jak go poprawić?

#### Straty energii, które powstają przez:

- Przenikanie (straty ciepła przez ściany, dach, podłogę, okna i drzwi – przez ich powierzchnię oraz mostki cieplne),
- Wentylację (konieczność podgrzania powietrza wentylacyjnego),
- Nieodpowiednią szczelność budynku (niekontrolowany przepływ powietrza).

### Zyski energii, które dzielimy na:

#### Wewnętrzne:

- ciepło emitowane przez urządzenia elektryczne, oświetlenie czy ludzi,
- ciepło od instalacji wewnętrznych.

#### Zewnętrzne:

- promieniowanie słoneczne dociera bezpośrednio do wnętrza budynku przez przegrody przezroczyste oraz pośrednio – przez przegrody nieprzezroczyste.

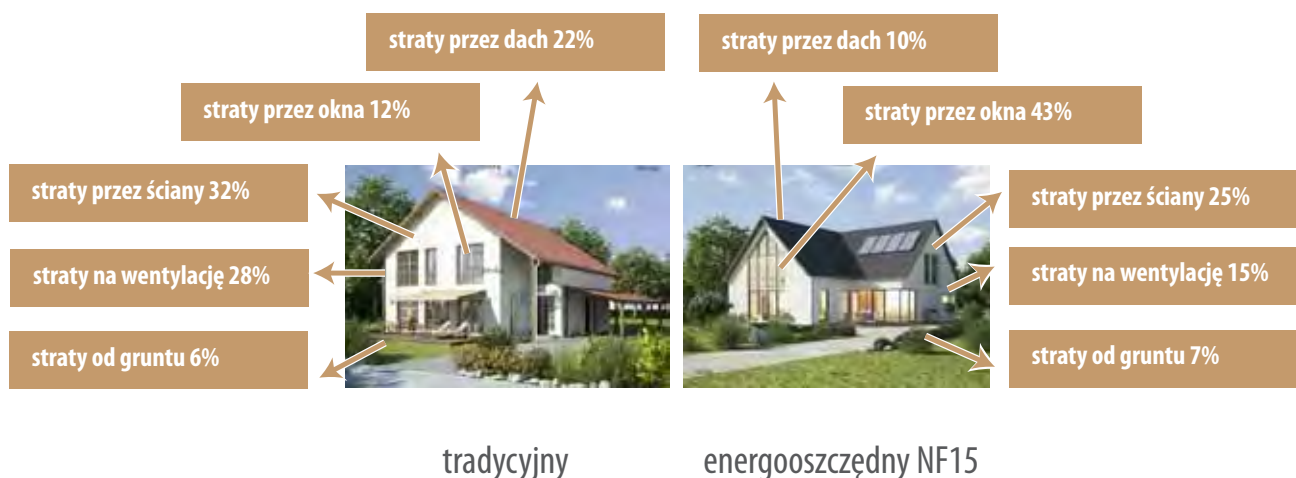
Bilans energetyczny może być zarówno dodatni jak i ujemny. Może się on także zmieniać w ciągu roku. Przykład: w przypadku okien o kiepskiej izolacyjności mieszkanie zimą oddaje ciepło, które powinno akumulować się, zaś latem mieszkanie nie jest w stanie uchronić się przed przegrzewaniem spowodowanym promieniowaniem słonecznym.

## 4.2. Lokalizacja i orientacja

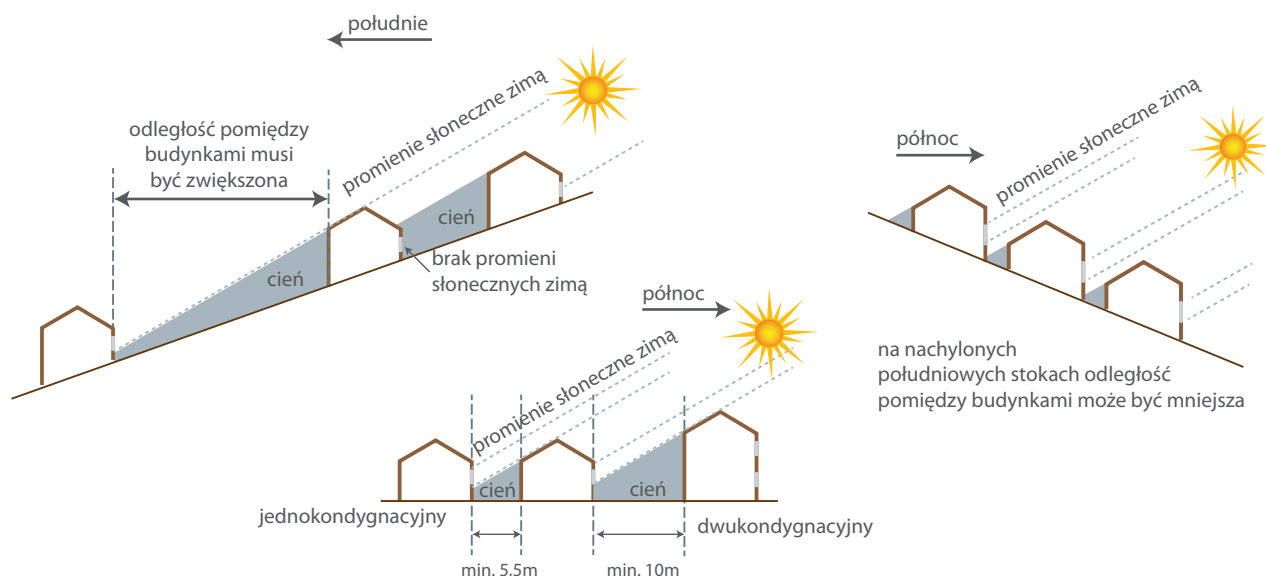
Kluczowy wpływ na bilans energetyczny budynku może mieć jego lokalizacja i orientacja, głównie ze względu na promieniowanie słoneczne. Budynki powinny być lokalizowane na działce w taki sposób, aby:

- Maksymalnie wykorzystać zyski od promieniowania słonecznego,

### Straty ciepła w budynkach



Rysunek 4.1 Porównanie procentowego udziału strat ciepła w budynku tradycyjnym i energooszczędnym standardzie NF15



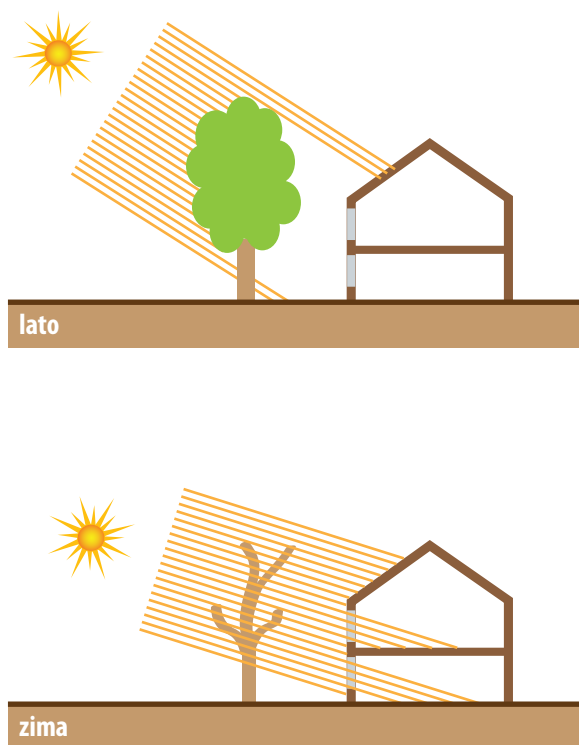
Rysunek 4.2 Przykładowe rozmieszczenie budynków w sposób ograniczający ich wzajemne zacielenianie

- Nie powodować wzajemnego niekorzystnego zacieleniania,
- Ograniczyć ryzyko przegrzewania w okresie letnim,
- Wykorzystać korzystne naturalne elementy zacieleniające,
- Zmniejszyć niekorzystne oddziaływanie wiatru i nie przyczyniać się do powstawania lokalnych przeciągów.

## Czy wiesz, że?

Ośłony zamontowane na zewnątrz budynku są dwa razy bardziej skuteczne od wewnętrznych.

Natura także może sprzyjać w kreowaniu otoczenia pozytywnie wpływającego na nasz budynek. Wysokie drzewa liściaste po południowej stronie budynku latem, kiedy ich liście zacieleniają budynek, chronią przed przegrzewaniem, zaś zimą, gdy je tracą, umożliwiają dostęp promieniowania słonecznego generującego zyski ciepłne.



## Dobierając orientację budynku powinniśmy to robić w taki sposób, aby:

- Główne okna skierowane były od południowo-wschodniego do południowo-zachodniego (umożliwiając zyski od słońca),
- Południowe, wschodnie i zachodnie okna wyposażone były w elementy zacieleniające, najlepiej ruchome (rolety, żaluzje czy specjalne systemy) lub też stałe (wykorzystując okapy, balkony, elementy dachu),
- Rodzaj szyb oraz rozmiar przeszkleń był dostosowany do orientacji i panującego klimatu,
- Zwiększyć możliwość pozyskiwania energii przez układy aktywne montowane np. na dachu (jak panele fotowoltaiczne),
- Zwiększyć wykorzystanie oświetlenia dziennego.

Rysunek 4.3 Wykorzystanie roślin okresowo zielonych do zacieleniania budynku

Natura także może sprzyjać w kreowaniu otoczenia pozytywnie wpływającego na nasz budynek. Wysokie drzewa liściaste po południowej stronie budynku latem, kiedy ich liście zaciniają budynek, chronią przed przegrzewaniem, zaś zimą, gdy je tracą, umożliwiają dostęp promieniowania słonecznego generującego zyski ciepłe.

Są to uwagi szczególnie ważne, gdyż często mamy wpływ na te decyzje – każdy projekt budynku energooszczędnego musi być traktowany indywidualnie, biorąc pod uwagę panujące warunki, stawiające możliwości i ograniczenia. Nawet kupując gotowy projekt domu energooszczędnego musimy właściwie wpasować go w przestrzeń działki, którą tak gospodarujemy, aby zostało spełnione możliwie jak najwięcej punktów decydujących o pozytywnym wpływie na efektywność energetyczną. Z drugiej strony zbyt rygorystyczne stosowanie zaleceń dotyczących prawidłowej orientacji budynku lub lokalizacji przeszkleń może doprowadzić do pogorszenia jakości projektu architektonicznego i walorów użytkowych. Przykładem może tu być sypialnia lub pokój dzienny na północnej stronie. Z punktu widzenia efektywności energetycznej wielkość przeszkleń powinna być w takiej sytuacji możliwie jak najmniejsza. Jeśli zdecydujemy się na takie rozwiązanie pogorszymy w znacznym stopniu walory użytkowe pomieszczeń i spowodujemy, że przebywanie w nich może nie być „przyjemne”. Warto pamiętać, że energooszczędny budynek to nie tylko zmniejszenie zużycia energii, ale i wysoka jakość oraz komfort życia.

### 4.3. Cechy dobrego projektu

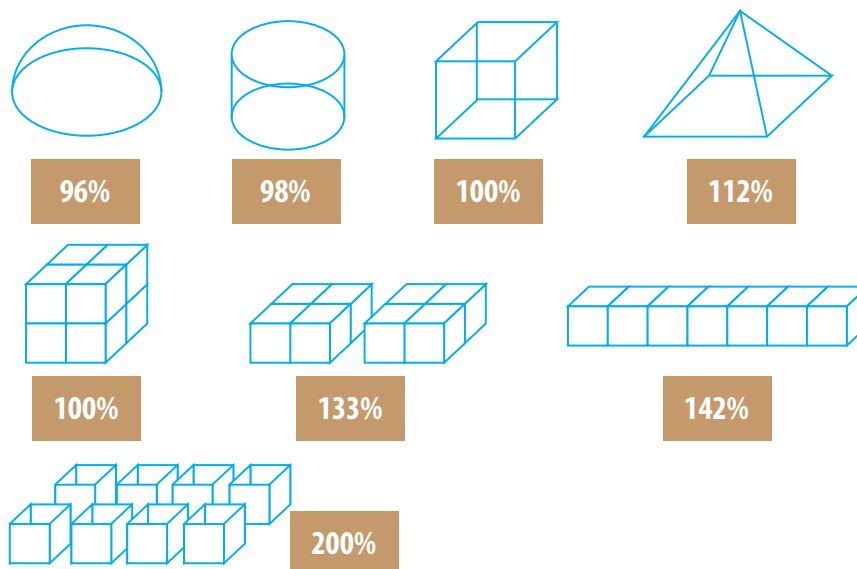
Projektując budynek energooszczędny można zastosować pięciokrokową strategię efektywnego energetycznie projektowania, nazywaną również piramidą efektywności energetycznej.



Rysunek 4.4 Piramida efektywności energetycznej

#### 4.3.1. Prosta bryła budynku

Osiągnięciu małego zapotrzebowaniu na energię sprzyja minimalizacja współczynnika kształtu budynku



Rysunek 4.5 Optymalna bryła domu - schematy pokazują, jak wraz ze zmianą kształtu zmienia się zapotrzebowanie na energię. Im większa wartość, tym budynek bardziej energochłonny, źródło: Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: „Energy Manual Sustainable Architecture”



ku A/V – stosunku powierzchni przegród zewnętrznych do kubatury ogrzewanej. Zmniejszenie wartości współczynnika osiąga się między innymi dzięki projektowaniu budynków o prostej bryle i zwartym kształcie, bez nadmiaru wykuszy czy wnęk, ponieważ im większa powierzchnia ścian, tym większe straty ciepła jak i powierzchnie do zaizolowania i późniejszego utrzymania. Skomplikowana bryła powoduje zwiększenie strat ciepła przez przenikanie (poprzez przegrody i mostki cieplne) oraz podnosi koszty i wydłuża czas realizacji inwestycji.

Lokalizacja garażu czy innych pomieszczeń nieogrzewanych ma duży wpływ na zapotrzebowanie na energię do ogrzewania. Możemy zmniejszyć zużycie energii dzięki umiejscowieniu pomieszczeń nieogrzewanych od strony północnej w taki sposób, żeby stanowiły dodatkowy bufor ciepła. Ważne jest, aby część ogrzewana była szczelnie termicznie oddzielona od części nieogrzewanej. W przypadku braku izolacji pomiędzy obydwiema częściami lub dużej ilości mostków cieplnych zużycie energii może wzrosnąć, zamiast zmaleć.

Nieogrzewany garaż o niezależnej konstrukcji nośnej dobudowany do budynku jest lepszym wyborem od garażu wolnostojącego, gdyż stanowi on dodatkową barierę przed stratą ciepła z budynku. Dużo

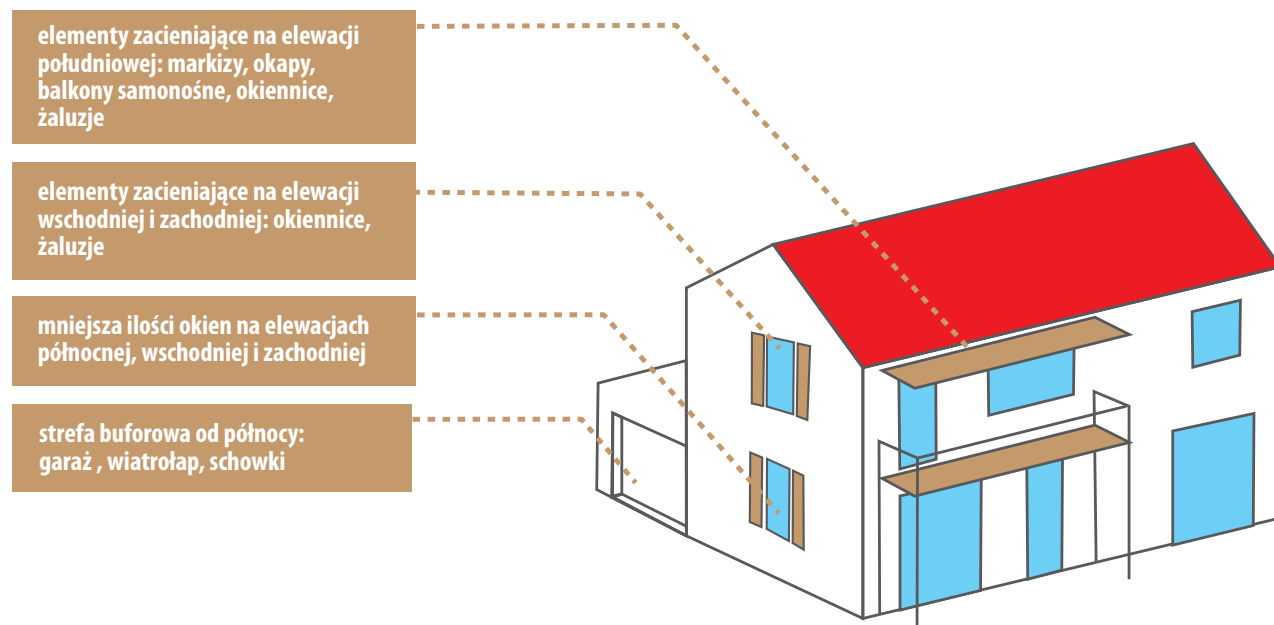
## Czy wiesz, że?

Rezygnując z budowy piwnicy, która odpowiada za duże straty ciepła, a jej wykonanie podnosi koszty budowy domu nawet o 30%, możemy również zaoszczędzić.

gorszym rozwiązaniem jest zastosowanie ogrzewanego garażu stanowiącego integralną część bryły budynku. Zastosowanie takiego rozwiązania może powodować następujące problemy na etapie projektowania i weryfikacji:

- Trudności z likwidacją mostków cieplnych dookoła bramy garażowej,
- Trudności z osiągnięciem wymaganej szczelności powietrznej garażu,
- Konieczność zastosowania wentylacji naturalnej,
- Konieczności spełnienia wysokich wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej bramy garażowej.

Pokonanie tych problemów może znacznie zwiększyć koszty i wydłużyć czas budowy.



Rysunek 4.6 Zasady kształtowania bryły budynków energooszczędnych

### 4.3.2. Strefowanie temperaturowe

Polega ono na odpowiednim rozmieszczeniu pomieszczeń na kondygnacjach. Od strony północnej należy lokalizować pomieszczenia, w których występują duże wewnętrzne zyski ciepła, takie jak kuchnie, lub pomieszczenia o niższych temperaturach projektowanych, np. garderoby, pomieszczenia techniczne, korytarze czy przedpokoje. Od strony południowej powinny znajdować się pokoje dzienne, sypialnie i jadalnie. Łazienki, WC, pralnie i kotłownie powinny zaś znajdować się jak najbliżej siebie, żeby zmniejszać straty na dystrybucję. W przypadku gęstej zabudowy warto pokój dzienny zlokalizować na jednej z wyższych kondygnacji, co zapewni lepszy dostęp światła dziennego. Planując rozmieszczenie pomieszczeń możemy przyjmować w nich temperatury:

- 22-24°C – łazienka,
- 20-22°C – pokoje dzienne, salon,
- 18-20°C – kuchnia, sypialnie,
- 16-18°C – korytarz, przedpokój,

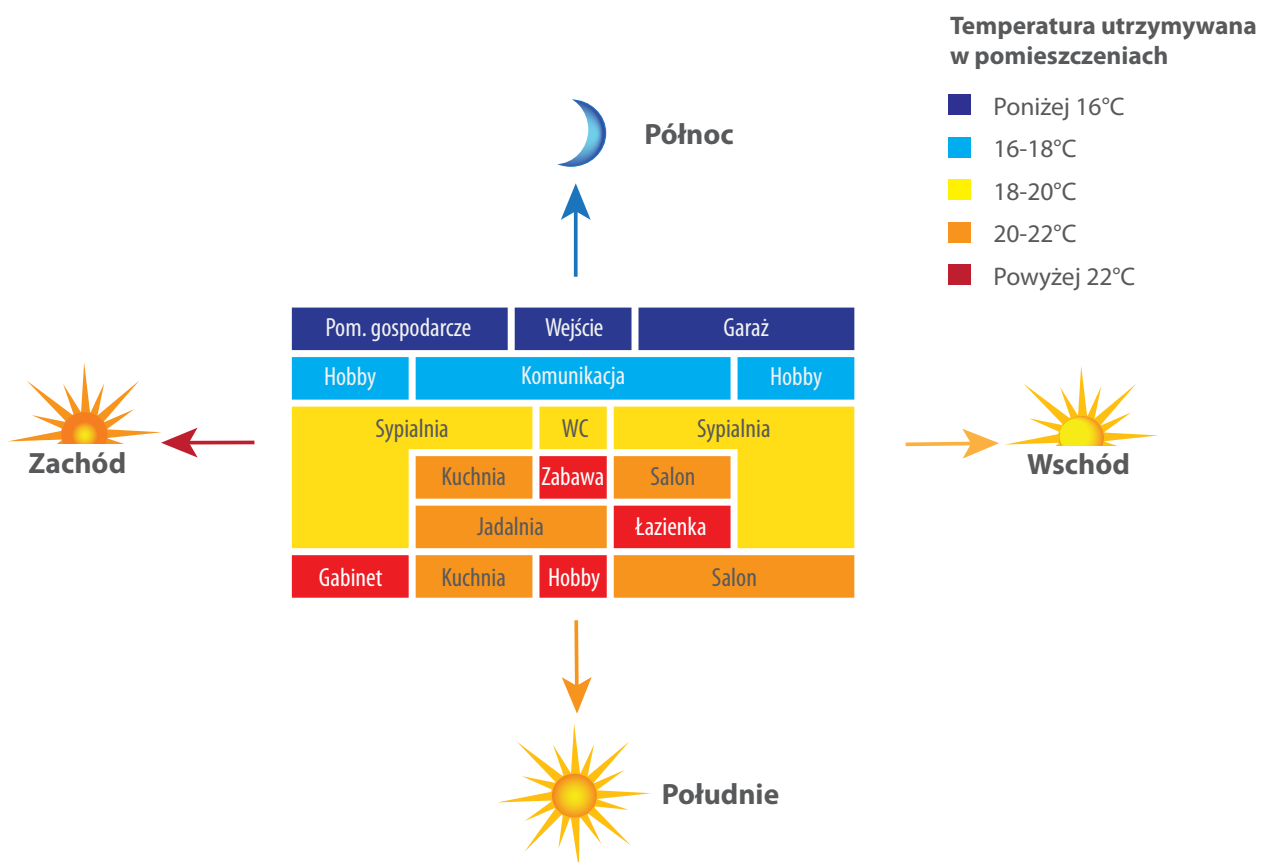
- 12-15°C – pomieszczenia gospodarcze (spiżarnia, pralnia),
- 4-8°C – garaż, kotłownia.

Powinniśmy tak rozmieszczać pomieszczenia, aby uzyskiwać najmniejsze różnice temperatury między sąsiadującymi. Warto również pomieszczenia, w których powstają zyski ciepła, takie jak kuchnia, umiejscawiać po północnej stronie, czyli tam, gdzie nie występują duże zyski od promieniowania słonecznego.

### 4.3.3. Odpowiedni projekt instalacji

Opracowanie projektu przestrzennego instalacji, spójnego z planem zagospodarowania domu czy mieszkania to kolejny krok do oszczędności energii i pieniędzy. Rozmieszczenie instalacji musi być zaprojektowane tak, aby zapewnić:

- Jak najkrótszą długość rur, kanałów i okablowania,



Rysunek 4.7 Przykładowy rozkład pomieszczeń w budynku energooszczędnym

- Wystarczającą ilość miejsca do umieszczenia urządzeń i usprzętowania, zostawiając odpowiednie odstępy umożliwiające bezproblemową obsługę, montaż i konserwację,
- Zabezpieczenie rur chroniące przed wytwarzaniem hałasu.

Duży wpływ na projekt instalacji ma rozmieszczenie pomieszczeń w budynku. Pomieszczenia, do których doprowadzamy ciepłą wodę – kuchnie, łazienki, WC, pralnie, powinny być zlokalizowane możliwie blisko siebie (zgrupowane w jednym pionie), aby ograniczyć straty ciepła, dystrybucji oraz ograniczyć koszt wykonania instalacji. W przypadku, gdy odcinki są krótkie, można zrezygnować z zastosowania w budynkach energooszczędnych obiegu cyrkulacyjnego. Blisko siebie warto umieścić również pomieszczenia, z których usuwamy powietrze. Ułatwia to w dużym stopniu projektowanie i wykonanie systemu wentylacji. Krótkie kanały powodują, że straty ciśnienia na przepływie powietrza są niewielkie. Projektując instalacje wewnętrzne pamiętajmy o wymaganych grubości izolacji przewodów i kanałów oraz pozostawieniu w tym celu odpowiedniej przestrzeni.

#### 4.3.4. Zapewnienie odpowiedniej masy akumulacyjnej

Jest to zdolność do magazynowania ciepła i powolnego oddawania go, gdy pomieszczenie ulega wychłodzeniu. Zależy od rodzaju materiału – im grubszy, gęstszy i masywniejszy – tym lepiej akumuluje ciepło. Duża masa akumulacyjna sprzyja ustabi-

lizowaniu temperatury wewnętrznej, gdyż podczas ogrzewania pomieszczenia wzrasta temperatura nie tylko powietrza, ale także przegród. Wymagana ilość masy akumulacyjnej nie jest zbyt wysoka, wystarczy na przykład masywna podłoga w budynku o lekkiej konstrukcji drewnianej, ale trzeba ją wziąć pod uwagę podczas realizacji projektu, gdyż czasami sama konstrukcja żelbetowa ścian akumuluje ciepło w dużym stopniu. Zbyt duża masa akumulacyjna również nie jest korzystna, gdyż wyeksponowana na słońce w dużym stopniu może powodować przegrzewanie się budynku w okresie letnim.

#### 4.3.5. Kompleksowość zmian

Uzyskanie przez budynek standardu NF40 lub NF15 będzie wymagało wprowadzenia kompleksowych zmian dotyczących nie tylko projektu. Zakres tych zmian, omówionych szczegółowo w dalszej części książki, przedstawia się następująco:

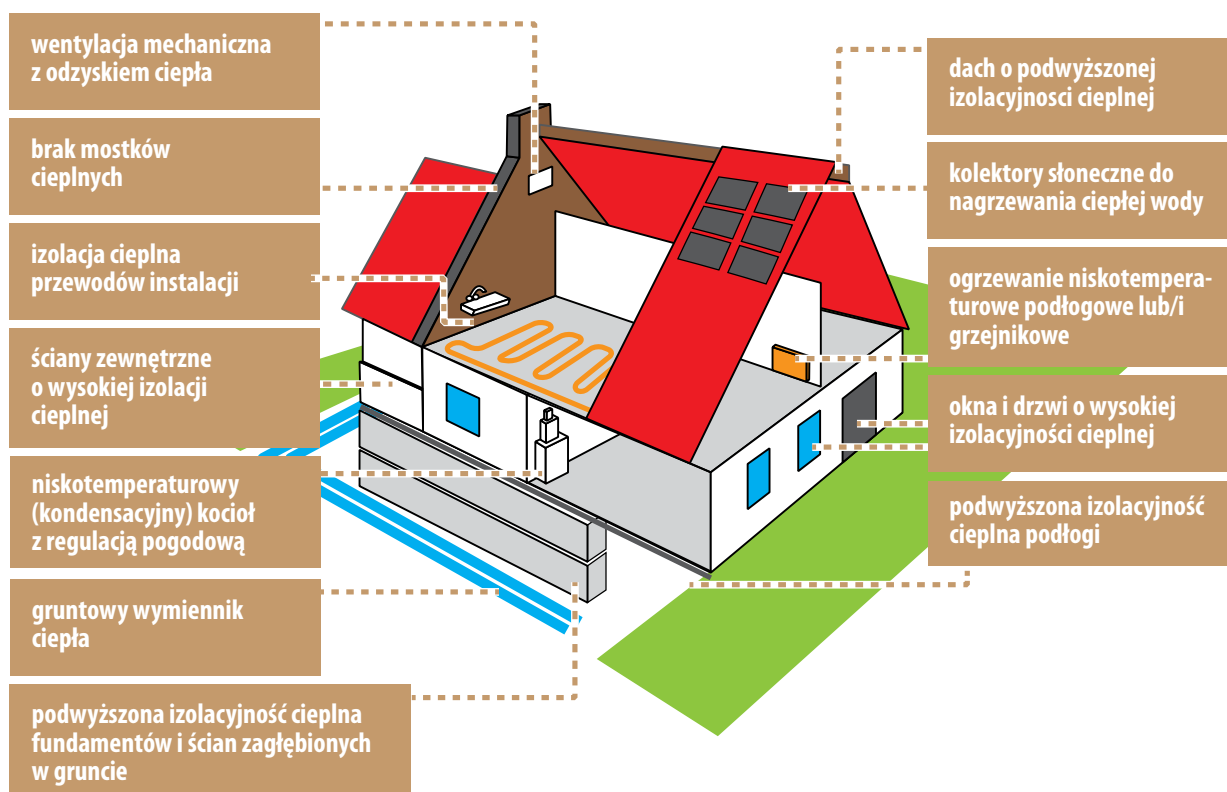
- Ograniczenie zapotrzebowania na ciepło potrzebne do podgrzania nawiewanego powietrza zewnętrznego. Zastąpienie wentylacji grawitacyjnej wentylacją mechaniczną nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła z powietrza wywiewanego, charakteryzującą się niskim zużyciem energii elektrycznej.
- Ograniczenie strat ciepła spowodowanych infiltracją powietrza zewnętrznego. Ograniczenie niekontrolowanej infiltracji powietrza zewnętrznego, podwyższenie wymagań dotyczących szczelności powietrznej obudowy budynku.
- Ograniczenie strat ciepła przez okna i drzwi. Podwyższenie wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej okien, drzwi balkonowych i drzwi zewnętrznych.

### Czy wiesz, że?

„Lekki budynek”, na przykład o konstrukcji drewnianej, również może stać się aktywny termicznie, jeśli zastosujemy w jego realizacji materiały zmiennofazowe (PCM). Ich działanie polega na pochłanianiu ciepła z otoczenia, powodującego zmianę stanu skupienia ze stałego w ciekły, oraz oddawaniu go w momencie spadku temperatury z równoczesnym powrotem do stałego stanu skupienia. Duża pojemność cieplna materiałów zmiennofazowych nie powoduje znacznego wzrostu masy, więc można je wkomponowywać w materiały budowlane polepszając ich właściwości. Są one jednak wciąż dość drogie, stąd też rzadko stosowane w budownictwie.







Rysunek 4.8 Cechy energooszczędnego budynku

- Ograniczenie strat ciepła przez przegrody nieprzeźroczyste. Podwyższenie wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej ścian, dachów, stropów, stropodachów i podłóg na gruncie.
- Ograniczenie strat ciepła przez mostki cieplne. Wprowadzenie wymagań dotyczących maksymalnych wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła.

## 4.4. Podstawowe technologie

Budowa domu w standardzie NF40 lub NF15 nie sprowadza się tylko do zdecydowania się na budowę własnego domu. Dużo uwagi przykładamy do tego, jakie będą jego ściany zewnętrzne. Jego konstrukcja jest zatem pierwszą decyzją, jaką musimy podjąć na drodze do wymarzonego domu. Co wybrać, aby spełnił on nasze wymagania? Jaka technologia oferuje wygląd, trwałość i izolacyjność cieplną i akustyczną, do których dążymy?

### 4.4.1. Technologia murowana

Jako materiał konstrukcyjny wykorzystuje się w niej bloczki o niskim współczynniku przenikania. W technologii tej najczęściej stosuje się ściany dwuwarstwowe, w których warstwę konstrukcyjną przykrywa izolacja, jej wybór zaś zależy od projek-

owanego standardu energetycznego i oczekiwanej grubości warstwy.

Zaletami technologii murowanej są przede wszystkim: dostępność materiału, małe ryzyko błędów budowlanych i duża trwałość. Wady, to natomiast możliwość prac murowych do  $-5^{\circ}\text{C}$  i duża grubość muru. Ściany te buduje się jako dwu- lub trójwarstwowe, czyli bloczek konstrukcyjny + izolacja, bądź bloczek konstrukcyjny + izolacja + warstwa osłonowa (np. cegła klinkierowa).

Przy ścianach dwuwarstwowych trzeba zwrócić szczególną uwagę na izolację, gdyż zapewniając odpowiednią ochronę przez ucieczką ciepła i stosując jednocześnie tradycyjne materiały dochodzimy do momentu, w którym grubość tej warstwy powoduje problemy z jej stabilnością i może powodować pęknięcia lub odspojenia. Dlatego stosowane materiały izolacyjne powinny mieć możliwie jak najlepsze właściwości izolacyjne. Właściwości izolacyjne przegród murowanych zależą również od rodzaju zaprawy, dlatego warto stosować zaprawy cienkowarstwowe i ciepłochronne.

**Materiały murowe stosowane w tej technologii są różnorodne, mogą to być:**

- Cegły wapienno-piaskowe (silikaty),
- Ceramika poryzowana (pustaki ceramiczne),
- Bloczki z betonu komórkowego (gazobetonowe).

### Jakie są różnice, jak wybrać odpowiedni materiał?

**Silikaty** cechują się dobrą akumulacyjnością ciepła, co niestety wiąże się z dużym ciężarem. Są one odporne na przenoszenie dźwięków, mróz, ogień i zmienne warunki atmosferyczne. Zapewniają one jednocześnie korzystny mikroklimat i mają właściwości grzybobójcze. Dla zdrowia są przyjazne jeszcze z jednego powodu – jest to materiał o najmniejszej emisji promieniotwórczej spośród materiałów budowlanych. Są one cenione również za niską nasiąkliwość i przede wszystkim – niską cenę. Co do wad, materiał ten cechuje się kruchością, prącochłonnością technologii i wydłużonym czasem pracy spowodowanym moką technologią budowy. Ma do tego trochę niższą izolacyjność cieplną w porównaniu z innymi materiałami.

**Ceramika** również cechuje się dobrą akumulacyjnością ciepła, dobrze izoluje przed zimnem i jest trwała, odporna na niekorzystne warunki atmosferyczne czy ogień. Jej wady to głównie duży ciężar, prącochłonna technologia budowania i wydłużający się czas prac, spowodowany schnięciem ścian, gdyż są one wykonywane w technologii mokrej.

**Beton komórkowy** jest wartościowy ze względu na jego lekkość i paroprzepuszczalność zapewniającą oddychanie ścian. Ma on również właściwości grzybobójcze i w stanie suchym – dużą odporność na mróz i ogień. Technologię wykorzystującą ten materiał cechuje krótki czas budowy, jednak trzeba uważać na kruchość elementów, żeby podczas robót ich nie zniszczyć. To, na co trzeba zwrócić uwagę przed decyzją o wyborze bloczków z betonu komórkowego to też fakt, że mają stosunkowo małą izolacyjność akustyczną z powodu swojej niewielkiej wagi. Trzeba je również zabezpieczać przed kontaktem z wodą, gdyż są nasiąkliwe, a wilgotne tracą odporność na mróz.

#### 4.4.2. Technologia lekka drewniana

Technologia lekka drewniana jest szybkim i stosunkowo tanim rozwiązaniem – cena jest kilka procent niższa od ceny w technologii murowanej, jednak

### Czy wiesz, że?

Wybierając odmianę betonu warto zwrócić uwagę na liczbę ją charakteryzującą. Im wyższa (400, 500, 600, 700) – tym większa jest jego gęstość i jednocześnie gorsza ochrona przed ucieczką ciepła.

nie jest dosyć popularna między innymi ze względu na mentalność i krążące o niej mity. Domy te są budowane na drewnianym szkieletcie, który składa się z gęsto rozstawionych słupków o przekroju kilku centymetrów, stężanych poszyciem zewnętrznym ze sklejki lub płyt OSB. Do połączeń stosowane są zaś gwoździe lub inne łączniki metalowe.

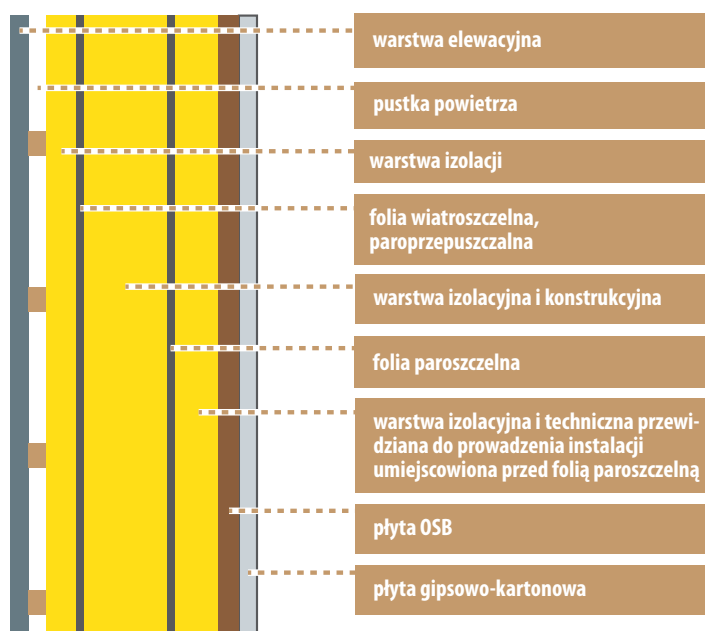
Prawidłowo zaprojektowana w tej technologii ściana składa się z kolejnych warstw, spośród których każda pełni określoną funkcję. Wymieniając od strony zewnętrznej będą to:

- Elewacja – walory estetyczne.
- Wiatroizolacja – uniemożliwia przepływ wilgoci i powietrza zewnętrznego do wnętrza ściany.
- Poszycie zewnętrzne, np. płyta OSB – zapewnia sztywność (stężenie konstrukcji) i zwiększa izolacyjność akustyczną.
- Termoizolacja.
- Drewniana konstrukcja nośna.
- Paroizolacja – uniemożliwia przepływ pary wodnej do wnętrza ściany.
- Opcjonalnie dodatkowa warstwa poszycia – zwiększa izolacyjność akustyczną i odporność ogniową.
- Poszycie wewnętrzne, np. płyta gips-kartonowa – zwiększa sztywność.

W budynkach energooszczędnych stosuje się dodatkową warstwę techniczną od strony wewnętrznej, znajdującą się przed paroizolacją. Zastosowanie warstwy technicznej o grubości 6-8 cm chroni paroizolację przed uszkodzeniem i umożliwia poprowadzenie w tej przestrzeni instalacji wewnętrznych.

Do zalet tej technologii możemy zaliczyć przede wszystkim krótszy czas budowy, który odbija się znacząco na zmniejszeniu kosztów robocizny, gdyż ekipa pracuje jedynie 2-3 miesiące. Technologia lekka drewniana zapewnia dobrą izolacyjność cieplną i akustyczną oraz zdrowy mikroklimat – polepsza się on dzięki wyeliminowaniu konieczności stosowania środków chemicznych, gdyż przygotowane w odpowiedni sposób drewno (strugane czterostronnie i poddane suszeniu) nie wymaga impregnacji.

Co do wad, największą są duże problemy z osiągnięciem wymaganej szczelności powietrznej. Jej osiągnięcie jest dużym wyzwaniem. Poza tym technologia ta jest mniej trwała w porównaniu do murowanych czy prefabrykowanych i nie ma możliwości rozciągnięcia jej w czasie. Jeśli nie mamy wystarczająco dużo pieniędzy na budowę całego domu od razu, może to przekreślać wybór tej metody. Ściany szkieletowe, składające się głównie z warstwy ocieplenia, nie mają możliwości akumulacji ciepła, więc ogrzewają się równie szybko jak wychładzają – po-



Rysunek 4.9 Przykład konstrukcji trójwarstwowej przegrody lekkiej drewnianej

zostawione bez dopływu ciepła. Istnieje zatem potrzeba stosowania masywniejszych elementów gromadzących energię cieplną. Drewno konstrukcyjne wymagane do budowy konstrukcji musi być wysoko przetworzone, zaś w Polsce nie ma zaplecza produkującego odpowiedni materiał (hurtowni i składów budowlanych), w związku z tym trzeba go zamawiać z zagranicy. Co więcej, w budynku takim temperatura nie powinna nigdy spaść poniżej  $+5^{\circ}\text{C}$ , co podczas dłuższej nieobecności w trakcie mroźnej zimy może okazać się kłopotliwe.

Po obliczeniu i akceptacji projektu nie można już nic zmieniać. Na przykład nie wchodzi w grę wycinanie otworów w elementach konstrukcyjnych, jak to zazwyczaj robi się w technologii tradycyjnej. Poza tym jest też wiele ograniczeń odnośnie do projektu samej konstrukcji – ograniczenie rozpiętości stropu do 4,5 m, obligatoryjne używanie wentylacji mechanicznej, czy pokrycia dachu jedynie gontem lub blachodachówką.

#### 4.4.3. Technologia prefabrykowana

Korzystna jest przede wszystkim dlatego, że większość prac związanych z produkcją konstrukcji wykonuje się w zakładzie, co gwarantuje jakość wykonania, a w konsekwencji zapewnia maksymalną szczelność i eliminuje mostki termiczne poprzez precyzję przy łączeniu i klejeniu paneli czy elementów konstrukcyjnych. Największym atutem jest chyba jednak szybkość budowy takiego domu. Dom prefabrykowany może powstać już w 3-5 dni, a w ciągu 3 miesięcy, licząc od początku prac ziemnych, możemy się już wprowadzać. Nie jesteśmy również ogra-

niczeni porami roku, budowa taka może przebiegać nawet zimą. Problem może stanowić jedynie nieczęsta możliwość adaptacji projektu lub potrzeba użycia dźwigu i związane z tym zapewnienie miejsca na placu budowy oraz słabe rozpowszechnienie technologii, czyli fakt, że w ekipach wykonujących domy prefabrykowane wybierać bez końca nie możemy. Plusem jest także i to, że nie ma „niespodzianek” w trakcie realizacji, które możemy napotkać w trakcie tradycyjnej technologii budowy.

#### 4.4.4. Technologie ekologiczne

Technologiami ekologicznymi są te, które wykorzystują ekologiczne materiały, które nie wymagają wysokiej energii wbudowanej. Jest to energia pokrywająca wzniesienie konstrukcji, produkcję materiałów, ich transport i wbudowanie, a także remonty i konserwację. Najbardziej dostępnym materiałem spełniającym te wymagania jest drewno. Budynek ekologiczny powinien pozostawić po sobie jak najmniejszy „śląd” w środowisku naturalnym.

#### 4.4.5. Inne technologie

Na potrzeby budownictwa energooszczędnego można zastosować praktycznie każdy typ konstrukcji wykonywany w budownictwie standardowym. Warunkiem jest osiągnięcie odpowiedniej izolacyjności cieplnej i likwidacja mostków cieplnych. Możliwe jest zatem budowanie domu na konstrukcji żelbetowej monolitycznej czy konstrukcji szkieletu stalowego.



## 4.5. Jak kupić energooszczędny dom lub mieszkanie?

Kupując od dewelopera mieszkanie w budynku energooszczędnym lub dom należy zwrócić uwagę na kilka aspektów. Do najważniejszych z nich można zaliczyć:

- Sprawdzenie, w jakim standardzie energetycznym jest budynek - NF40 czy NF15. Od tego zależy wielkość dopłaty, którą możemy otrzymać, przyszłe koszty użytkowania oraz poziom wymagań, które musiały być spełnione;
- Sprawdzenie, na jakim etapie jest proces weryfikacji inwestycji. Pierwsza weryfikacja przebiega na etapie projektowym, a druga na etapie wykonawczym. Dopłatę do kredytu możemy otrzymać dopiero po pozytywnym zakończeniu drugiego etapu weryfikacji;
- Sprawdzenie listy sprawdzającej podpisanej przez weryfikatorów. Budynek powinien być zweryfikowany przez dwóch niezależnych weryfikatorów, każdy z nich podpisuje listę sprawdzającą, na której podane są najważniejsze wymagania dla poszczególnych wariantów;
- Kondygnację, na której znajduje się mieszkanie. Mieszkania zlokalizowane na pierwszej lub ostatniej kondygnacji będą charakteryzowały się większym zużyciem energii do ogrzewania z uwagi na większą liczbę przegród zewnętrznych;
- Sposób rozwiązania systemu wentylacji i lokalizację centrali wentylacyjnej. W budynkach wielorodzinnych instalacja wentylacji mechanicznej może być centralna – jedna centrala na kilkanaście mieszkań lub indywidualna – każde mieszkanie ma swoją centralę. Od sposobu rozwiązania instalacji zależy, kto będzie odpowiadał za jej regulację, utrzymanie, serwisowanie oraz jak będą rozliczane koszty pracy;
- Działanie instalacji wentylacji mechanicznej, jej głośność i sposób regulacji. Podczas oglądania mieszkania lub budynku powinniśmy poprosić o uruchomienie instalacji, zaprezentowanie układu regulacji oraz krótką instrukcję obsługi. Prawidłowo działająca instalacja wentylacji nie hałasuje i nie szumi, a przepływ powietrza jest niewyczuwalny. Panel regulacji powinien być zlokalizowany w łatwo dostępnym miejscu i prosty w obsłudze;
- Rodzaj źródła ciepła i sposób regulacji. Źródło ciepła ma decydujący wpływ na przyszłe koszty użytkowania budynku. Należy zwrócić uwagę na sposób naliczania opłat. W budynkach NF15 o bardzo małym zużyciu ciepła dużym

udziałem w kosztach ogrzewania może być abonament, znaczne oszczędności w kosztach ogrzewania może przynieść automatyczny układ regulacji;

- Zabezpieczenia przed przegrzewaniem w okresie lata. Budynki energooszczędne mogą ulegać przegrzewaniu w okresie lata, dlatego należy dowiedzieć się, jakie rozwiązania zastosowano w budynku lub mieszkaniu, aby temu zapobiec;
- Rozmieszczenie i orientację oraz możliwość otwierania okien. Najlepszym sposobem przewietrzania budynku w okresie lata jest otwarcie okien. Aby budynki i mieszkania się nie przegrzewały, okna muszą być zacienione w lecie;
- Sposób podgrzewania ciepłej wody użytkowej. W budynkach energooszczędnych roczny koszt c.w.u. (ciepłej wody użytkowej) może być taki sam jak ogrzewania lub większy.

Kupując mieszkanie lub dom możemy dodatkowo sprawdzić poprawność dokumentacji dostarczonej na potrzeby weryfikacji projektu. W skład takiej dokumentacji wchodzi:

- Projekt budowlany wraz z projektami branżowymi instalacji wentylacji, c.o., c.w.u. i oświadczeniami projektantów;
- Dokumenty techniczne wraz z certyfikatami: centrali wentylacyjnej, urządzeń grzewczych, czy napędów elektrycznych;
- Wynik testu szczelności potwierdzający osiągnięcie zakładanego poziomu szczelności,
- Protokoły regulacji instalacji wentylacji i centralnego ogrzewania;
- Aprobaty techniczne okien, zastosowanych materiałów izolacyjnych;
- Dokumentacja fotograficzna wszystkich etapów budowy istotnych z punktu widzenia zużycia energii, np. zaizolowanie przewodów c.o. i c.w.u.;
- Dokumenty potwierdzające zakup w materiałach i urządzeniach.

Weryfikator, którego celem jest potwierdzenie osiągnięcia określonego standardu energetycznego sprawdza, czy inwestor posiada wszystkie konieczne dokumenty i ocenia je. Może wykonać niezależne obliczenia wielkości zapotrzebowania na energię użytkową do celów ogrzewania i wentylacji (EUco) dla wykonanego już budynku.



# Jak wybrać projekt domu energooszczędnego?

dr inż. arch. Miłosz Lipiński, Lipińscy Domy Biuro Projektowe

źródło: Lipińscy Domy



**Budowa domu energooszczędnego to coraz częstszy i coraz bardziej świadomy wybór Inwestorów. Zmieniają się także przepisy budowlane - od 2021 roku będziemy mogli budować jedynie domy w standardzie energooszczędnym.**

O domu energooszczędnym możemy mówić, gdy jego zapotrzebowanie na energię do ogrzewania EUco obniżymy poniżej poziomu 70 kWh/m<sup>2</sup>rok.

Od 2009 roku musimy zwracać uwagę na jeszcze jeden istotny parametr - na współczynnik Ep, dotyczący energii pierwotnej. Jest to dość złożony parametr, określający potencjalną ilość energii dostarczonej do budynku w celu zaspokojenia wszystkich potrzeb bytowych, z uwzględnieniem strat przy wytwarzaniu i przesyłaniu energii oraz rodzaju nośnika energii wraz z jego oddziaływaniem na środowisko.

Maksymalny współczynnik Ep wyliczało się w odniesieniu do tzw. współczynnika referencyjnego, obliczanego indywidualnie dla każdego budowanego obiektu.

Od stycznia 2014 roku będzie on określony jednoznacznie. W latach 2014 – 2016 jego wartość nie będzie mogła przekroczyć 120 kWh/m<sup>2</sup>rok, od 2016-2020 95 kWh/m<sup>2</sup>rok, a od 2021 70 kWh/m<sup>2</sup>rok, co w praktyce wymusi budowanie domów właściwie pasywnych, z dużym udziałem wykorzystywania energii odnawialnych (np. energii słonecznej).

Wobec tak skonstruowanych przepisów i wymagań oraz konieczności udokumentowania wyników, przeciętnemu inwestorowi będzie bardzo trudno prześledzić prawidłowość przyjętych rozwiązań. Będzie on musiał zaufać projektantom.

Na dzień dzisiejszy wiedza wśród architektów o budownictwie energooszczędnym nie jest wystarczająco duża. Sytuacja zmieni się w najbliższych latach. Niedoświadczony projektant nie będzie potrafił zaprojektować obiektu spełniającego formalne wymagania, a tym samym nie będzie mógł wykonywać zawodu - dokończanie więc leży w jego interesie.

Oczywiście równie ważne jest doświadczenie, pozwalające projektować domy energooszczędne racjonalnie, czyli przystępnie cenowo.

**Żeby dobrze wybrać projekt, trzeba zwrócić uwagę na kilka istotnych rzeczy.**

Po pierwsze ważne są parametry energetyczne. Dobry dom energooszczędny powinien mieć współczynnik EUco poniżej 40 kWh/m<sup>2</sup>rok. Dobrze, żeby miał zwartą, prostą bryłę, bez wbudowanego garażu. Ułatwi to wykonanie domu i uzyskanie wymaganej szczelności powietrznej, przyczyniając się do obniżenia kosztów budowy. Im bardziej „rozrzeźbiony” dom, tym trudniejszy i droższy w realizacji.

Warto zwrócić uwagę na zakładaną konstrukcję przegród,

a głównie na ich współczynnik przenikalności cieplnej U. Wymagany od 2014 roku dla ścian, będzie na poziomie 0,25 W/m<sup>2</sup>K, ale warto zaprojektować ściany na poziomie 1,5 W/m<sup>2</sup>K. Nie zmienia to istotnie kosztów, w przypadku ścian tradycyjnych wystarczy 20cm dobrego ocieplenia, a dom będzie przez długie lata zgodny z przepisami i oszczędniejszy. Tak samo należy zwrócić uwagę na przenikalność cieplną dachu i podłogi, już dziś wykonując te przegrody zgodnie z przepisami na 2021 rok.

Budynek energooszczędny musi mieć też zredukowane mostki termiczne i odpowiednio zamontowane okna (tzw. ciepły montaż), również o parametrach energooszczędnych. Najlepiej o wsp. całkowitym U dla ramy i szyby nie większym jak 0,9 W/m<sup>2</sup>K. W takiej sytuacji nie trzeba się przejmować stosunkiem powierzchni okien do powierzchni ścian. Dopuszczalne powierzchnie okien od 2014 roku, których współczynnik U jest gorszy jak wspomniane 0,9, są zaskakująco małe. Duże przeszklenia pozwalają natomiast pozyskiwać energię słoneczną do ogrzewania domu, co naprawdę ma spore znaczenie.

Dom energooszczędny musi posiadać też wysokosprawną wentylację mechaniczną z rekuperacją i odpowiednio dobrane ogrzewanie. Jeśli na działce jest gaz ziemny, to gazowe, w innych przypadkach polecana jest pompa ciepła.

Kolejny warunek to taki, że dom energooszczędny powinien zużywać jak najmniej energii na codzienną eksploatację (oświetlenie, pracę urządzeń AGD). Powinien być też ekologiczny, co oznacza, że emisja dwutlenku węgla do atmosfery ograniczona musi być do minimum. Warto też podkreślić, jak istotne jest wykonanie domu zgodnie z projektem, przez fachową ekipę. W innym przypadku poniesiemy koszty, a efekt może być niezadowolający. Dom energooszczędny zaprojektowany z uwzględnieniem powyższych wytycznych konsumuje 3-5 razy mniej energii do ogrzewania, a przy tym nakłady poniesione na jego budowę są obecnie wyższe jedynie o 6-8% od budowy takiego samego budynku, ale nie energooszczędnego.

Oprócz zalet ekonomicznych, jest jeszcze kilka innych plusów mieszkania w takim domu, jak choćby przyjazny klimat panujący we wnętrzu (dzięki stałemu dopływowi świeżego powietrza i stabilnej temperaturze), czy brak zawilgoceń i pleśni. Dodatkowo zastosowane systemy grzewcze są niemal bezobsługowe – spokojnie można wyjechać na dłuższy zimowy urlop bez obawy, że wrócimy do nieprzyjemnie wychłodzonego domu.

Na rynku jest duży wybór katalogowych projektów energooszczędnych. Można też zlecić wykonanie projektu indywidualnego. W każdym z przypadków warto kierować się tym, czy autorzy mają doświadczenie w projektowaniu takich domów - kompetentny architekt jest gwarancją tego, że dom będzie energooszczędny nie tylko z nazwy. Wybranego architekta należy po opracowaniu projektu koncepcyjnego poprosić o wstępną charakterystykę energetyczną i szczegółowo ją omówić.



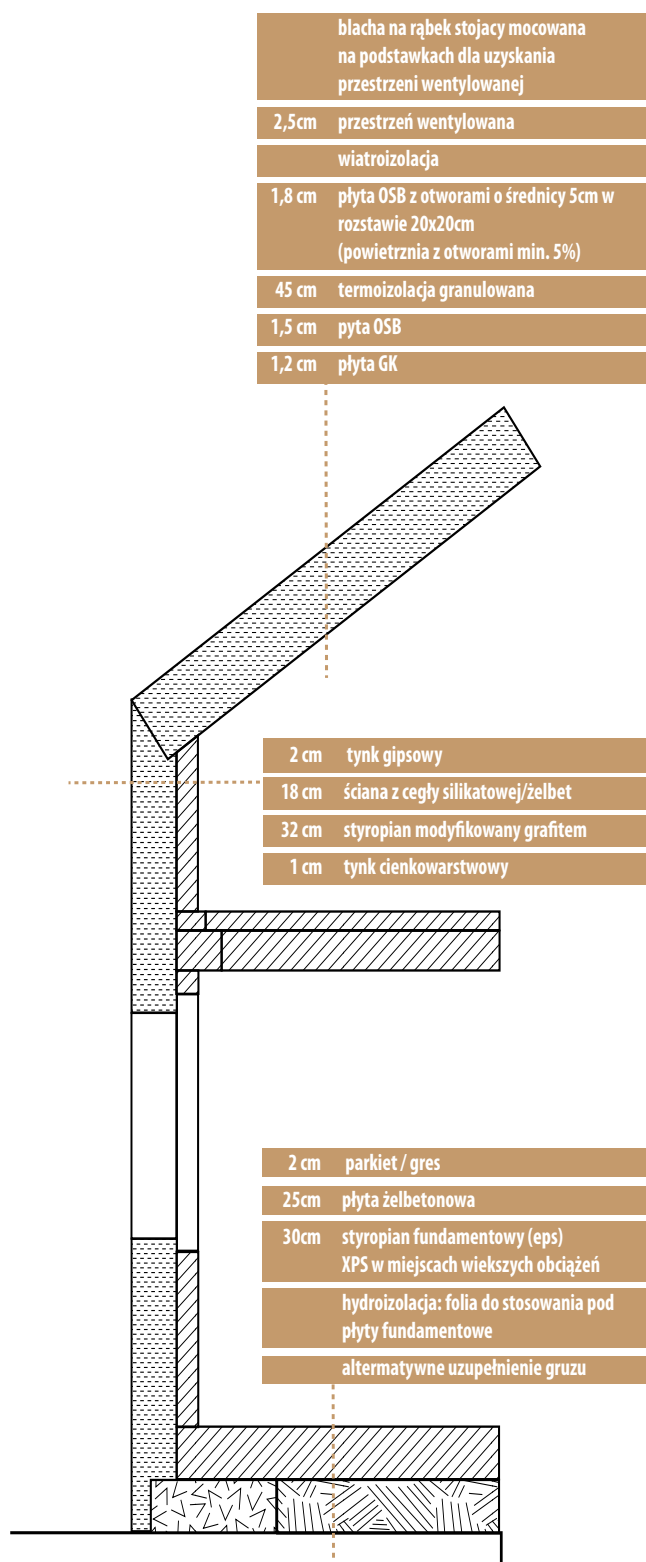
źródło: Lipińscy Domy

## 5. DOBRZE ZAIZOLOWANE PRZEGRODY BUDYNKU

Jeśli chcemy, żeby budynek osiągnął standardy NF15 lub NF40, musimy przede wszystkim maksymalnie ograniczyć straty ciepła przez przenikanie

przez przegrody zewnętrzne (w tym oddzielające część ogrzewaną budynku od nieogrzewanej). Osiąga się to zazwyczaj poprzez zwiększenie grubości warstwy izolacji termicznej, zastosowanie stolarki okiennej i drzwiowej o podwyższonej izolacyjności cieplnej oraz likwidację mostków cieplnych. Musimy jednak pamiętać, że poza doбором odpowiednich rozwiązań i materiałów, równie ważne jest ich wykonanie i dokładny montaż w trakcie budowy czy modernizacji. Nieodpowiednio zamontowane okna, mające nawet najlepsze parametry cieplne, czy niepoprawnie zastosowane wysokiej jakości materiały, będą miały znikomy wpływ na poprawę charakterystyki energetycznej budynku.

Izolacja cieplna w budynku energooszczędnym musi chronić całą ogrzewaną część budynku, tworząc ciągłą otulinę. Dlatego musimy zwrócić uwagę nie tylko na ocieplenie naszych ścian zewnętrznych, ale także pomyśleć o odpowiedniej izolacji cieplnej dachu czy podłogi spoczywającej na gruncie. O ile w trakcie budowy domu, przy dbałości i kontroli wykonania, jesteśmy w stanie w stosunkowo prosty sposób wyeliminować albo poprawić ewentualne nieciągłości izolacji termicznej, to po jej zakończeniu naprawa błędów wykonawczych będzie bardzo kosztowna, a czasem niemożliwa (np. wadliwie wykonana izolacja podłogi).



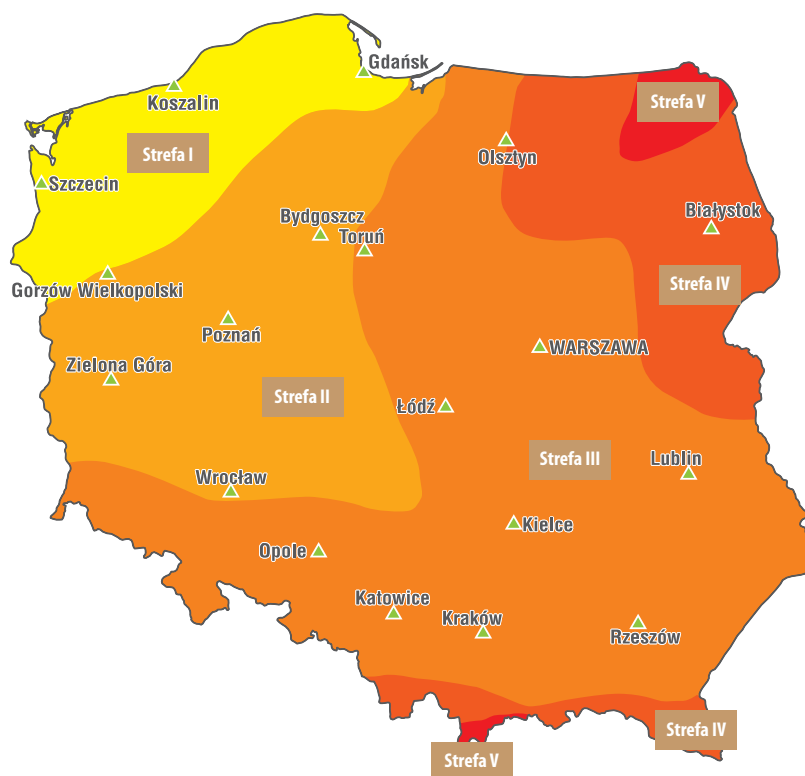
Rysunek 5.1 Przykład rozwiązania przegród w budynku energooszczędnym NF15, źródło: Cezary Sankowski

### 5.1. Wymagania stawiane przegrodom w budynkach NF15 i NF40

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej stawia minimalne wymagania techniczne przegrodom w budynkach, niezbędne do osiągnięcia standardu NF40 i NF15. Podzielone są one ze względu na przeznaczenie budynku (jednorodzinne lub wielorodzinne) i odnoszą się do:

- **Izolacyjności cieplnej przegród.**

Określają, jakim maksymalnym, (czyli najgorszym) współczynnikiem przenikania U muszą charakteryzować się przegrody zewnętrzne budynku. Wymagania określono z podziałem na strefy klimatyczne I, II, III oraz IV, V zgodnie z normą PN-EN 12831: 2006.



Rysunek 5.2 Podział Polski na strefy klimatyczne wg PN-EN 12831:2006

Wymaganie	Budynek jednorodzinny	Budynek wielorodzinny	Budynek jednorodzinny	Budynek wielorodzinny
	NF15		NF40	
<b>Wymagania dotyczące granicznych wartości współczynników przenikania ciepła <math>U \leq U_{max}</math>, W/(m<sup>2</sup>K)</b>				
<b>Ściany zewnętrzne</b>				
I, II i III strefa klimatyczna	0,10	0,15	0,15	0,20
IV i V strefa klimatyczna	0,08	0,12	0,12	0,15
<b>Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami</b>				
I, II i III strefa klimatyczna	0,10	0,12	0,12	0,15
IV i V strefa klimatyczna	0,08	0,12	0,10	0,15
<b>Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi, podłogi na gruncie</b>				
I, II i III strefa klimatyczna	0,12	0,15	0,20	0,20
IV i V strefa klimatyczna	0,10	0,15	0,15	0,20
<b>Okna, okna połaciowe, drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne</b>				
I, II i III strefa klimatyczna	0,8	0,8	1,0	1,3
IV i V strefa klimatyczna	0,7	0,8	0,8	1,0
<b>Drzwi zewnętrzne, garażowe</b>				
I, II i III strefa klimatyczna	0,8	1,0	1,3	1,5
IV i V strefa klimatyczna	0,7	1,0	1,3	1,5

Tabela 5.1 Wymagane wartości współczynników U dla standardu NF40 i NF15



- **Mostków cieplnych.**

Określają, jakim maksymalnym liniowym współczynnikiem strat ciepła mogą charakteryzować się liniowe mostki cieplne występujące w przegrodach budynku, z wyszczególnieniem połączenia płyty balkonowej z konstrukcją budynku. Dla standardu NF15 i NF40 dopuszcza się wartość  $\Psi_e \leq 0,15 \text{ W/(mK)}$  dla

mostków cieplnych, ale wyłącznie w obszarze posadowienia budynków na gruncie (ławy, stopy fundamentowe, podłogi na gruncie itp.) oraz w przypadku przegród oddzielających pomieszczenia mieszkalne od garaży podziemnych. Zagadnienie mostków cieplnych szerzej zostanie omówione w następnym rozdziale.

Wymaganie	Budynek jednorodzinny	Budynek wielorodzinny	Budynek jednorodzinny	Budynek wielorodzinny
	NF15		NF 40	
Graniczne wartości liniowych współczynników strat ciepła mostków cieplnych, W/(mK)				
Płyty balkonowe	0,01	0,01	0,30	0,30
Pozostałe mostki cieplne	0,01	0,01	0,10	0,10

Tabela 5.2 Graniczne wartości współczynników  $\Psi_e$  dla standardu NF40 i NF15

- **Szczelności powietrznej.**

Wymaganie	Budynek jednorodzinny	Budynek wielorodzinny	Budynek jednorodzinny	Budynek wielorodzinny
	NF15		NF 40	
Wymagana szczelność powietrzna obudowy				
Szczelność powietrzna budynku $n_{50}$ , 1/h	0,6	0,6	1,0	1,0

Tabela 5.3 Graniczne wartości krotności wymian przez nieszczelności  $n_{50}$  dla standardu NF40 i NF15



## 5.2. Wymagania stawiane w Warunkach Technicznych

Obowiązujące w Polsce wymagania izolacyjności cieplnej przegród dla budynków jedno- i wielorodzinnych zgodnie z Warunkami Technicznymi 2008 są o wiele łagodniejsze od wymagań stawianym budynkom NF15 i NF40. Oznacza to, że takie domy są energetycznie nieefektywne – mają o wiele wyższe zapotrzebowanie na energię do ogrzewania, a co za tym idzie wysokie koszty eksploatacji.

Od początku 2014 roku zostaną wprowadzone nowe wymagania dotyczące ochrony cieplnej dla budynków jedno- i wielorodzinnych. Zaostrzają dotychczas obowiązujące wymagania, jednak są w dalszym ciągu łagodniejsze niż dla budynków energooszczędnych. Nowe wymagania będą stopniowo zaostrzane w latach kolejnych celem wprowadzenia budynków niemal zeroenergetycznych.

Opis przegrody	Zgodnie z wymaganiami WT 2008
Ściany zewnętrzne	$U_{max} \leq 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	$U_{max} \leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi, podłogi na gruncie	$U_{max} \leq 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne: a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	a) $U_{max} \leq 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ b) $U_{max} \leq 1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Okna połaciowe	$U_{max} \leq 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Drzwi zewnętrzne, garażowe	$U_{max} \leq 2,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Mostki cieplne	$f_{Rsi} \leq 0,72$
Rodzaj systemu wentylacji	Grawitacyjna lub mechaniczna w budynkach wysokich lub wysokościowych
Sprawność odzysku ciepła	50% dla wentylacji mechanicznej ogólnej nawiewno-wywiewnej lub klimatyzacji o wydajność $\geq 2000 \text{ m}^3/\text{h}$
Szczelność powietrza	$n_{50} \leq 3,0 \text{ 1/h}$ – wentylacja grawitacyjna $n_{50} \leq 1,5 \text{ 1/h}$ – wentylacja mechaniczna

Tabela 5.4 Wymagania według Warunków Technicznych 2008

Opis przegrody	Zgodnie z wymaganiami WT 2014
Ściany zewnętrzne	$U_{max} \leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	$U_{max} \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi	$U_{max} \leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Podłogi na gruncie	$U_{max} \leq 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne	$U_{max} \leq 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Okna połaciowe	$U_{max} \leq 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Drzwi zewnętrzne, garażowe	$U_{max} \leq 1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Mostki cieplne	$f_{Rsi} \leq 0,72$
Rodzaj systemu wentylacji	Grawitacyjna lub mechaniczna w budynkach wysokich lub wysokościowych
Sprawność odzysku ciepła	50% dla wentylacji mechanicznej ogólnej nawiewno-wywiewnej lub klimatyzacji o wydajność $\geq 500 \text{ m}^3/\text{h}$
Szczelność powietrza	$n_{50} < 3,0 \text{ 1/h}$ – wentylacja grawitacyjna $n_{50} < 1,5 \text{ 1/h}$ – wentylacja mechaniczna

Tabela 5.5 Wymagania według Warunków Technicznych 2014

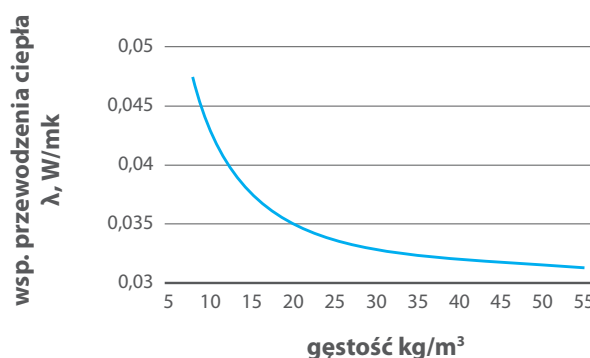
### 5.3. Zalety dobrze zaizolowanych przegród

Zastosowanie grubszej warstwy izolacji termicznej, oprócz podwyższenia izolacyjności cieplnej przegrody (zmniejszenia strat ciepła przez przegrodę) zapewnia również lepszy komfort cieplny wewnątrz budynku (dzięki wyższej temperaturze powierzchni wewnętrznej ścian), lepszą ochronę przed hałasem (dzięki grubszej warstwie izolacji dużo lepiej tłumi hałas z zewnątrz), a także wpływa korzystnie na jakość środowiska wewnętrznego i ogranicza ryzyko wykroplenia wilgoci na wewnętrznej powierzchni przegrody.

Istnieje wiele technologii i konstrukcji przegród dostępnych na polskim rynku, które można zastosować w budynkach energooszczędnych. Do najczęściej stosowanych należą wełna mineralna, szklana i celulozowa, płyty styropianowe i ekstrudowane do izolowania podłóg i ścian zewnętrznych, wełna granulowana do wypełniania izolowanych przestrzeni, a także pianki poliuretanowe (płyty warstwowe PU/PUR) oraz coraz częściej pianki poliizocyanurowe (płyty warstwowe PIR). Jednocześnie trwają prace nad nowymi rozwiązaniami np. aerozele, panele próżniowe, których stosowanie pozwoliłoby nam znacząco zmniejszyć grubość przegród, przy zachowaniu wymaganych właściwości termicznych. (Izolacyjność cieplna paneli próżniowych o grubości 2-3 cm jest równoważna 10-15 cm wełny mineralnej). Materiały, których używamy jako izolacji termicznej

#### Czy wiesz, że?

Bardzo łatwo możemy zweryfikować właściwości izolacyjne styropianu sprawdzając jego wagę. Im cięższy styropian (im wyższa jest jego gęstość), tym lepszym jest izolatorem (ma mniejszy współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda$ ). Wystarczy zważyć paczkę styropianu, podzielić wynik przez objętość i odczytać za pomocą wykresu orientacyjną wartość  $\lambda$ .



Rysunek 5.3 Zależność współczynnika przewodzenia ciepła styropianu od jego gęstości

w budynkach energooszczędnych powinny cechować możliwie niskie współczynniki przewodności cieplnej.



## 5.4. Przykładowe materiały termoizolacyjne i ich grubości

Spełnienie wymagań dla standardów NF15 i NF40 jest możliwe na wiele sposobów. Niemniej jednak w każdym przypadku konieczne jest potwierdzenie

uzyskanych wyników poprzez zamieszczenie odpowiednich obliczeń. Tabele 5.6 i 5.7 pokazują nam właściwości termoizolacyjne niektórych materiałów, a także ich orientacyjne grubości, niezbędne do osiągnięcia standardów izolacyjności cieplej przegród zewnętrznych dla domów NF15 i NF40 (przy założeniu oporu cieplnego warstw nośnych  $R = 0,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ ).

Rodzaj materiału termoizolacyjnego	Przewodność cieplna, $W/(mK)$	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,20 \text{ W}/(m^2K)$ , cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,15 \text{ W}/(m^2K)$ , cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,12 \text{ W}/(m^2K)$ , cm
Wełna mineralna	0,045 – 0,034	21 – 16	28 – 21	36 – 27
Celuloza	0,043 – 0,037	20 – 17	27 – 23	34 – 29
Styropian spieniany EPS	0,042 – 0,031	19 – 14	26 – 20	33 – 25
Styropian ekstrudowany XPS	0,040 – 0,034	19 – 16	25 – 21	32 – 27
Pianka PU	0,035 – 0,025	16 – 12	22 – 16	28 – 20

Tabela 5.6 Przykładowe grubości materiałów izolacyjnych dla ścian zewnętrznych o współczynnikach  $U = 0,20 \text{ W}/(m^2K)$ ,  $U = 0,15 \text{ W}/(m^2K)$  i  $U = 0,12 \text{ W}/(m^2K)$

Rodzaj materiału termoizolacyjnego	Przewodność cieplna, $W/(mK)$	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,10 \text{ W}/(m^2K)$ , cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,080 \text{ W}/(m^2K)$ , cm
Wełna mineralna	0,045 – 0,034	43 – 33	55 – 41
Celuloza	0,043 – 0,037	41 – 36	52 – 45
Styropian spieniany EPS	0,042 – 0,031	40 – 30	51 – 38
Styropian ekstrudowany XPS	0,040 – 0,034	39 – 33	49 – 41
Pianka PU	0,035 – 0,025	34 – 24	42 – 30

Tabela 5.7 Przykładowe grubości materiałów izolacyjnych dla ścian zewnętrznych o współczynnikach  $U = 0,10 \text{ W}/m^2K$  i  $U = 0,080 \text{ W}/(m^2K)$

## 5.5. Sposoby ocieplania przegród

Materiały izolacyjne przegród zewnętrznych stosowane w budynku energooszczędnym:

- Powinny być układane w sposób niepowodujący powstania mostków termicznych, a szczeliny większe niż 2 mm powinny być wypełniane klinowymi wycinkami z materiału izolacyjnego lub pianką PUR.
- Powinny być mocowane łącznikami mechanicznymi, w sposób zmniejszający powsta-

wanie mostków cieplnych (trzcienie z odpowiedniego materiału, zatyczki termoizolacyjne KES).

- Mogą być klejone do ścian zewnętrznych jedynie w przypadku niskich budynków nienarażonych na działanie silnego wiatru.
- Powinny być mocowane w taki sposób, aby nie zachodziła cyrkulacja powietrza między warstwą izolacji a warstwą nośną.
- Powinny być przyjazne dla środowiska naturalnego i poddawać się recyklingowi.



### 5.5.1. Ściany zewnętrzne

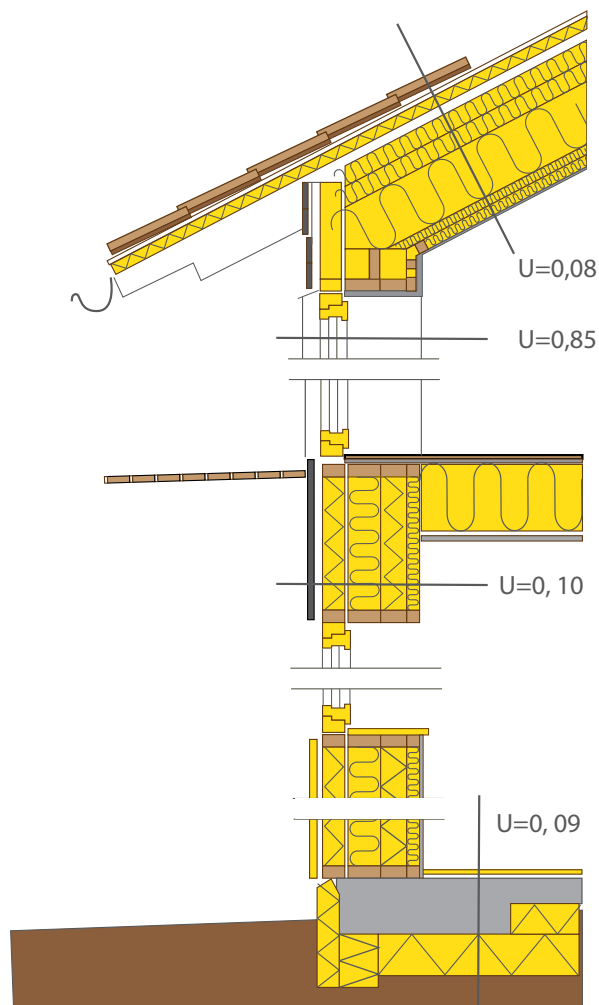
Osiągnięcie standardu NF15 lub NF40 wymaga zastosowania materiałów izolacyjnych o grubości przekraczającej nawet 30 cm. Do wykonania ocieplenia o takiej grubości można zastosować bezspoinowy system ociepleń ścian zewnętrznych (BSO), polegający na zamocowaniu do zewnętrznej powierzchni ściany izolacji termicznej, a następnie wykonaniu warstwy zbrojącej i nałożeniu tynku cienkowarstwowego. Oprócz wysokiej jakości materiałów, bardzo ważna jest staranność wykonania. Istota BSO polega na wykonaniu systemu 3-warstwowego, który tworzą:

- Materiał termoizolacyjny,
- Warstwa wzmacniająca system (elastyczna siatka – włókno szklane, względnie tworzywo sztuczne),
- Warstwa zewnętrzna (cienkowarstwowa wyprawa tynkarska + farba elewacyjna).

Ocieplając budynki metodą BSO nie zawsze musimy używać łączników mechanicznych. Dotyczy to w szczególności wspomnianych już wcześniej niewysokich budynków nienarażonych na oddziaływanie silnego wiatru. Instrukcja Instytutu Techniki Budowlanej nr 334 określa dokładnie, w jakich przypadkach można zrezygnować z łączników mechanicznych.

Długość łączników mechanicznych może być krótsza od grubości materiału izolacyjnego. Umieszczamy je wtedy we wcześniej wyfrezowanych otworach, a następnie zakrywamy za pomocą zatyczek wykonanych z materiału izolacyjnego.

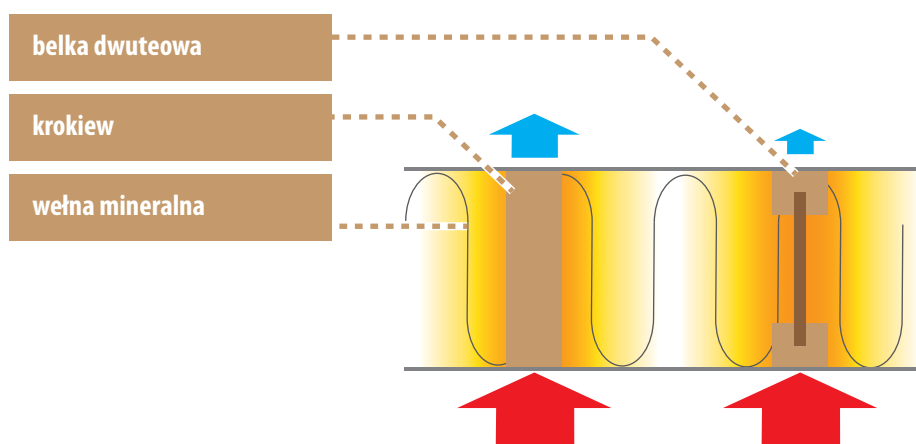
Warstwę ocieplenia budynku można mocować także pomiędzy listwami rusztu konstrukcyjnego, wykonanego z drewnianych belek dwuteowych, które ograniczają powstawanie mostków cieplnych i podwyższają jakość izolacji.



Rysunek 5.4 Schemat rozwiązania przegród w energooszczędnym budynku o lekkiej konstrukcji drewnianej - ściany zewnętrzne wielowarstwowe izolowane wełną mineralną i styropianem, dach izolowany wełną mineralną i płyta fundamentowa żelbetowa izolowana styropianem odpornym na działanie wilgoci



Rysunek 5.5 Ściany zewnętrzne ocieplone 30 cm szarego styropianu – izolacja tylko klejona bez kołkowania



Rysunek 5.6 Poprawienie izolacyjności przegród o konstrukcji lekkiej drewnianej dzięki zmniejszeniu udziału drewna w przegródzie, belki dwuteowe (po prawej) udział około 3%, zamiast krokwi (po lewej) udział około 10%

### 5.5.2. Dachy, stropodachy, stropy pod nieogrzewanym poddaszem

Są to miejsca, których ocieplenie jest stosunkowo proste, a także daje możliwość zastosowania dużych grubości materiałów izolacyjnych. W trakcie wykonywania ocieplenia szczególną uwagę musimy zwrócić na prawidłowe ułożenie warstwy paroszczelnej i paroprzepuszczalnej.

W tradycyjnej konstrukcji dachu izolację wykonujemy najczęściej w systemie dwuwarstwowym. Pierwsza warstwa znajduje się między krokiewiami, a druga jest dobita od spodu. Powinniśmy zwrócić uwagę na mocowanie izolacji, układając ją w sposób zapobiegający powstawaniu mostków cieplnych, np. prostopadłe ułożenie kolejnych warstw. Dodatkowo możemy zamienić pełne drewniane profile konstrukcji dachu (krokwie) na drewniane dwuteowe belki, co w dużym stopniu redukuje straty ciepła przez dach. Przy takim rozwiązaniu, dzięki dużej wysokości profili, wykonanie drugiej warstwy izolacji (dobijanej od spodu) może okazać się zbędne.

Ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem realizujemy układając warstwy izolacji cieplnej na stropie. Jeżeli poddasze nie jest użytkowe, ocieplenie wykonujemy z dowolnego materiału izolacyjnego, zapewniającego wymagane wartości  $U$  przegrody. Jeśli jest użytkowe, dodatkowo musimy zabezpieczyć warstwę izolacji przed uszkodzeniem, bądź wykonać ją z odpowiednio twardych materiałów.

### 5.5.3. Podłogi na gruncie

Ocieplenie podłóg na gruncie wykonuje się zazwyczaj pod płytą podłogową. Zastosowane do ocieplania podłogi materiały powinny charakteryzować się

odpornością na działanie wilgoci oraz odpowiednią wytrzymałością na ściskanie, aby zapobiec osiadaniu podłogi, spowodowanemu sprasowaniem materiału izolacyjnego.

Podczas wykonania szczególną uwagę należy zwrócić na straty ciepła przez mostki cieplne do gruntu. Miejscami szczególnie narażonymi na ich powstanie są nieciągłości warstwy izolacyjnej, np. połączenie ściany fundamentowej z podłogą i ścianą zewnętrzną. Straty te możemy minimalizować stosując odpowiednie rozwiązania konstrukcyjne oraz używając materiałów o małym współczynniku przewodzenia  $\lambda$  (m.in. bloczki izolacyjne, spienione szkło, prenit). Zagadnienie mostków cieplnych szerzej omówiono w rozdziale 6.



Rysunek 5.7 Ocieplenie podłogi na gruncie warstwą 30 cm twardego styropianu, źródło: Lipińscy Domy





Rysunek 5.8 Docieplenie stropu nad nieogrzewaną piwnicą. Widoczny ruszt drewniany i izolacja pionowa nachodząca na ściany wewnętrzne oraz kominy ograniczają mostki cieplne

#### 5.5.4. Stropy nad nieogrzewanymi piwnicami

Ocieplenie takich stropów można wykonać zarówno od strony wewnętrznej ogrzewanej, układając izolację na stropie, jak i nieogrzewanych pomieszczeń piwnicznych, przyklejając lub podwieszając materiał od spodu. Drewniany ruszt, do którego przymocowany jest materiał izolacyjny, ogranicza powstające mostki cieplne, a wykonana warstwa tynku lub płyty gipsowo-kartonowe zabezpieczają go przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Chcąc ograniczyć występowanie mostków cieplnych, oprócz stosowania materiałów konstrukcyjnych o małym współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda$  możemy dodatkowo wykonać izolację pionową przegród o wysokości nie mniej niż 100 cm i grubości około 10 cm. Dla standardu NF15 i NF40 dopuszcza się wartość  $\Psi \leq 0,15 \text{ W}/(\text{mK})$  dla mostków cieplnych, ale wyłącznie w obszarze posadowienia budynków na gruncie (ławy, stopy fundamentowe, podłogi na gruncie itp.) oraz w przypadku przegród oddzielających pomieszczenia mieszkalne od garaży podziemnych.



## 6. MOSTKI CIEPLNE

Mostki cieplne to takie miejsca w przegrodach, przez które ucieka dużo więcej ciepła niż przez jej regularną część. Projektowanie i budowa budynków energooszczędnych musi uwzględniać prawidłowe rozwiązanie mostków cieplnych tak, aby zminimalizować skutki ich powstawania – nadmierne straty ciepła przez przenikanie, czy rozwój pleśni. Ponadto, jeżeli nie wyeliminujemy ich z konstrukcji budynku, może on nie osiągnąć wymaganych standardów budynków NF15 i NF40.

### 6.1. Rodzaje mostków cieplnych

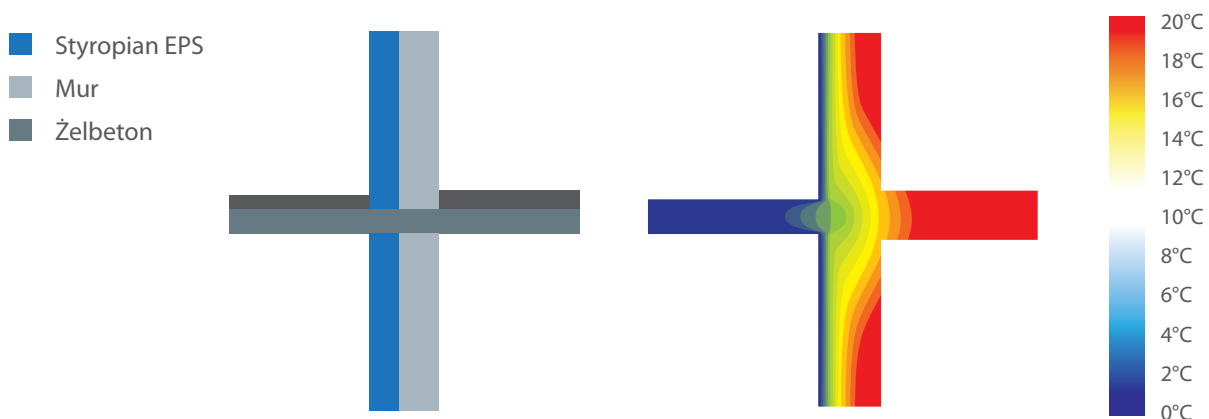
Możemy wyróżnić dwa rodzaje mostków cieplnych. Pierwsze z nich, geometryczne, występują tam, gdzie powierzchnia przegrody od strony zewnętrznej jest różna od powierzchni przegrody od

strony wewnętrznej, czyli m.in. naroża budynku. Drugi rodzaj to mostki konstrukcyjne, powstające w miejscach pocienienia lub przerwania warstwy izolacji oraz niejednorodności konstrukcji przegrody. Projektując budynki energooszczędne musimy bezwzględnie wyeliminować powstawanie tego typu mostków cieplnych. Istnieją także mostki geometryczno-konstrukcyjne. Powstają one tam, gdzie występują jednocześnie obydwa rodzaje mostków cieplnych, np. połączenie ściany szczytowej z dachem.

Mostki cieplne dzielimy również ze względu na ich charakter. Liniowe, o jednakowym przekroju poprzecznym w jednym kierunku, powstają na przykład wokół okien i drzwi. Punktowe zajmują niewielki obszar, bez jednakowego przekroju poprzecznego, występują najczęściej w miejscach przebicia izolacji termicznej mechanicznymi łącznikami o wyższej przewodności cieplnej niż materiał izolacyjny.

Rodzaj	Opis	Miejsce występowania
Geometryczne	Powierzchnia przegrody jest różna od strony zewnętrznej i wewnętrznej	Naroża budynku
Konstrukcyjne	Pocienienia lub przerwanie warstwy izolacji termicznej, niejednorodności konstrukcji przegrody	Płyta balkonowa, obrzeża otworów okiennych i drzwiowych
Geometryczno-konstrukcyjne	Jednoczesne występowanie mostka geometrycznego i konstrukcyjnego	Ścianka attykowa
Liniowe	Mające charakter liniowy	Płyta balkonowa, obrzeża otworów okiennych i drzwiowych
Punktowe	Mające charakter punktowy	Łączniki mechaniczne w warstwie ocieplenia

Tabela 6.1 Podstawowe rodzaje mostków cieplnych



Rysunek 6.1 Przykład mostka cieplnego konstrukcyjnego spowodowanego przez płytę balkonową. Konstrukcja detalu i przebieg izoterm wartość,  $\Psi_e = 0,60 \text{ W/(mK)}$ , źródło: KOBRA



## 6.2. Przyczyny powstawania

Wyróżniamy 3 główne przyczyny powstawania mostków cieplnych:

- **Przerwanie ciągłości warstwy izolacji.**

Ułożenie warstwy izolacji powinno być wykonane z odpowiednią starannością, zapewniającą jej szczelne i staranne ułożenie. Mostki cieplne mogą wystąpić w miejscach, w których w niewłaściwy sposób wykonano łączenie elementów izolacyjnych, okien i drzwi, czy ocieplenie połączeń elementów konstrukcyjnych.

- **Pocinienie warstwy izolacji.**

Kolejną przyczyną powstawania mostków cieplnych jest niewystarczająca grubość warstwy izolacji termicznej. Dlatego przy projektowaniu musimy odpowiednio dobierać jej grubość, zwłaszcza w miejscach najbardziej narażonych na powstanie mostków cieplnych.

- **Niejednorodność konstrukcji przegrody.**

Występowanie elementów lepiej przewodzących ciepło w konstrukcji przegrody, np. nadproża w konstrukcji ściany, czy krokwi między izolacją w przypadku konstrukcji dachu.

Podstawowe miejsca narażone na występowanie mostków cieplnych, na które powinniśmy zwrócić szczególną uwagę przy projektowaniu i budowie domu energooszczędnego:

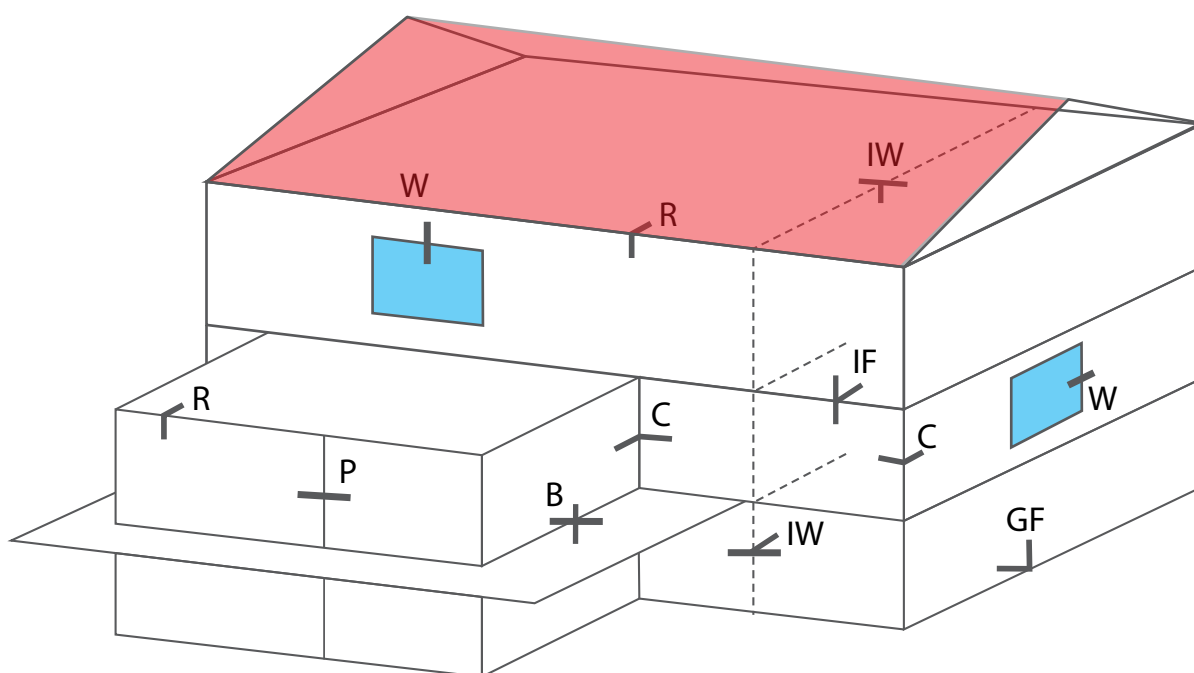
- Połączenia ościeżnica-ościeże, występujące w otworach okiennych i drzwiowych, puszki rolet, progi drzwi balkonowych i wejściowych,
- Połączenie ościeżnica-dach, występujące przy oknach dachowych,
- Płyty balkonowe, daszki, gzymsy, loggie, gdzie dochodzi do przerwania ciągłości izolacji,
- Połączenia ścian zewnętrznych z dachem, np. ściana szczytowa-dach, ścianki kolankowe,
- Połączenie ścian zewnętrznych ze stropodachem, np. ścianki attykowe,
- Połączenia stropów nad nieogrzewanymi piwnicami ze ścianami zewnętrznymi,
- Miejsca łączenia ścian zewnętrznych i wewnętrznych z zewnętrznymi i wewnętrznymi ścianami fundamentowymi,
- Podciąg, stropy nadwieszane, tarasy, kominy, systemy odprowadzania wody deszczowej,
- Montaż barierek, daszków, elewacji drewnianych.

## 6.3. Skutki istnienia mostków cieplnych

Bez wątpienia istnienie mostków cieplnych jest zjawiskiem negatywnym, prowadzącym przede wszystkim do:

- **Zwiększonych strat ciepła przez przenikanie.**

Przez mostki cieplne, w porównaniu do pozostałej



Rysunek 6.2 Budynek z pokazaniem lokalizacji i typu zwykle występujących mostków cieplnych PN-EN ISO 14683, R – dachy, C – naroża, IF – stropy, IW – ściany wewnętrzne, P – słupy, W – otwory okienne i drzwiowe, B – balkony, GF – grunt

części przegrody zewnętrznej, ucieka znacznie więcej ciepła. Mimo małej powierzchni, ich występowanie znacząco zwiększa zapotrzebowanie budynku na energię na ogrzewanie.

- **Obniżenia temperatury powierzchni przegrody od strony wewnętrznej.**

Przegrody zewnętrzne, w których występują mostki termiczne, będą znacznie szybciej się wychładzać. Ma to negatywny wpływ na komfort cieplny panujący wewnątrz budynku, zwłaszcza w okresie zimowym, spowodowany odczuwalną różnicą między temperaturą panującą w pomieszczeniach, a chłodniejszą powierzchnią wewnętrzną przegród zewnętrznych. Znacznie obniża to komfort cieplny, panujący w pomieszczeniu.

- **Zwiększonego ryzyka rozwoju pleśni.**

Kolejnym negatywnym skutkiem wywołanym przez występowanie mostków cieplnych, związanym z wychładzaniem się przegród zewnętrznych jest ryzyko rozwoju pleśni. Jeśli temperatura powierzchni wewnętrznej przegrody będzie odpowiednio niska, to w warunkach panujących wewnątrz budynku (wysoka wilgotność i temperatura) może dojść do skraplania się pary wodnej na jej powierzchni. Takie warunki sprzyjają rozwojowi grzyba lub pleśni. Oprócz nieestetycznego wyglądu mogą szkodliwie działać na zdrowie mieszkańców – m.in. powodować alergie, choroby układu oddechowego.

## 6.4. Wymagania względem mostków cieplnych

Aby budynek mógł osiągnąć standard NF40 lub NF15 musimy zminimalizować występowanie w nim mostków cieplnych. Według wytycznych podanych przez NFOŚiGW, dla budynku NF40 wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\Psi_e$  W/(mK) w miejscach występowania mostków cieplnych nie może przekraczać 0,10 W/(mK). Jedynym wyjątkiem jest płyta balkonowa, w której maksymalna wartość współczynnika  $\Psi_e$  wynosi 0,30 W/(mK), do której

osiągnięcia nie jest konieczne stosowanie samonośnych balkonów. Wystarczająca będzie izolacja płyty dookoła lub zastosowanie łączników z przekładką z materiału izolacyjnego. Dla standardu NF15 współczynnik  $\Psi_e$  nie może przekroczyć 0,01 W/(mK), co w przypadku balkonów wymaga samonośnej konstrukcji.

Jednocześnie dla standardu NF15 i NF40 dopuszcza się wartość  $\Psi_e \leq 0,15$  W/(mK) dla mostków cieplnych, ale wyłącznie w obszarze posadowienia budynków na gruncie (ławy, stopy fundamentowe, podłogi na gruncie itp.), jak również w przypadku przegród oddzielających pomieszczenia mieszkalne od garaży podziemnych.

Do rozwiązań detali konstrukcyjnych wolnych od mostków cieplnych należy używać programów lub katalogów mostków cieplnych, pozwalających precyzyjnie określić wartość  $\Psi_e$ . Metodyka obliczeń powinna być zgodna z PN-EN ISO 10211: 2008 „Mostki cieplne w budynkach – Strumienie ciepła i temperatury powierzchni – Obliczenia szczegółowe”. Nie należy stosować wartości orientacyjnych z załącznika normy PN-EN ISO 14683: 2008 „Mostki cieplne w budynkach. Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne”, ponieważ są obciążone zbyt dużym błędem.

## 6.5. Sposoby unikania mostków cieplnych w budynkach

Budując dom energooszczędny musimy pamiętać, że problem mostków cieplnych należy rozwiązać już na etapie projektowania. Stosując się do kilku podstawowych reguł, możemy w dużej mierze ograniczyć ich powstawanie:

- Warstwa izolacji powinna tworzyć ciągłą i nieprzerwaną otulinę ogrzewanej części budynku,
- Powinniśmy unikać przerw, pocienień i przebić warstwy izolacji,
- Jeśli nie możemy uniknąć przebicia warstwy izolacji, materiał przebijający w obszarze war-

Standard	Wartość $\Psi_e$ (po wymiarach zewnętrznych), W/(mK)
NF40	$\Psi_e \leq 0,10$ W/(mK) $\Psi_e \leq 0,30$ W/(mK) – tylko dla płyt balkonowych
NF15	$\Psi_e \leq 0,01$ W/(mK)

Tabela 6.2 Wymagane wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\Psi_e$

Detal konstrukcyjny	Proponowane rozwiązanie
Obrzeża otworów okiennych i drzwiowych	Montaż stolarki okiennej i drzwiowej w warstwie izolacji, izolacja nachodzi na ramy okienne i drzwiowe
Połączenie ściany zewnętrznej, stropu nad piwnicą nieogrzewaną i ściany piwnicy	Zaizolowanie ściany piwnicy od strony wewnętrznej i zewnętrznej, izolacja piwnicy łączy się z izolacją ściany zewnętrznej i stropu
Połączenie ściany fundamentowej, podłogi na gruncie i ściany zewnętrznej	Zastosowanie w miejscu przerwania ciągłości warstwy izolacji materiałów o małym współczynniku $\lambda$ i wymaganej wytrzymałości, zaizolowanie ścian fundamentowych lub wykonanie płyty fundamentowej
Połączenie ścian wewnętrznych piwnicy nieogrzewanej ze stropem pod częścią ogrzewaną	Zaizolowanie ścian wewnętrznych warstwą o wysokości 100 cm, połączone z izolacją stropu
Płyty balkonowe	Wykonanie balkonów samonośnych lub wiszących
Połączenie ścian zewnętrznych z dachem	Zachowanie ciągłości izolacji, ograniczenie gzymsów, zaizolowanie ścianek attykowych
Wieńce stropowe, słupy żelbetonowe, połączenia elementów prefabrykowanych	Wykonanie ciągłej warstwy izolacji
Orynowanie	Odwodnienie nie powinno powodować przerwania ciągłości warstwy izolacji, jej pocienienia lub zawilgocenia

Tabela 6.3 Proponowane rozwiązania detali konstrukcyjnych ograniczające ryzyko powstania mostków cieplnych

stwy izolacji powinien charakteryzować się jak najmniejszym współczynnikiem przewodzenia ciepła  $\lambda$ , W/(mK),

- Połączenia izolacji termicznej przegród powinny być ciągłe i nieprzerwane (warstwa izolacji dachu i ściany zewnętrznej powinna łączyć się na całej długości),
- Projektując budynek energooszczędny powinniśmy unikać ostrych krawędzi, które są trudne do zaizolowania.

Na polskim rynku dostępne są różne materiały pozwalające ograniczyć występowanie mostków cieplnych. Tabela 6.3 pokazuje przykładowe rozwiązania dla poszczególnych detali konstrukcyjnych.

## 6.6. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne

Poniżej przedstawiono rozwiązania niektórych detali konstrukcyjnych, wolnych od mostków cieplnych, spełniających wymagania budynków w standardzie NF40 i NF15.



### Podłoga na gruncie – ściana zewnętrzna NF40

Ograniczenia mostka cieplnego uzyskuje się dzięki zaizolowaniu ścian fundamentowych do samych ław oraz umiejscowieniu izolacji w podłodze na wysokości ścian zewnętrznych. Dodatkowo ściany zewnętrzne są wykonane z materiału o małym współczynniku przewodzenia ciepła. Zastosowane materiały:

- Styropian EPS

- Mur z bloczków gazobetonowych  $\lambda < 0,2 \text{ W/mK}$
- Tynk cementowo – wapienny
- Beton
- Grunt

Rozwiązanie takie pozwala na osiągnięcie współczynnika  $\Psi_e = 0,093 \text{ W/(mK)}$ , co spełnia wymagania dla standardu NF40.



Rysunek 6.3 Model detalu i przebieg izoterm

### Ściana zewnętrzna – rama okienna NF40

Okno zamontowane na równo z zewnętrzną krawędzią ściany nośnej, izolacja nachodzi na ramę okienną na 3 – 4 cm. Zastosowane materiały:

- Styropian
- Mur z bloczków gazobetonowych

- Tynk cementowo – wapienny
- Rama okienna

Rozwiązanie takie pozwala na osiągnięcie współczynnika  $\Psi_e = 0,025 \text{ W/(mK)}$ , co spełnia wymagania dla standardu NF40.



Rysunek 6.4 Model detalu i przebieg izoterm



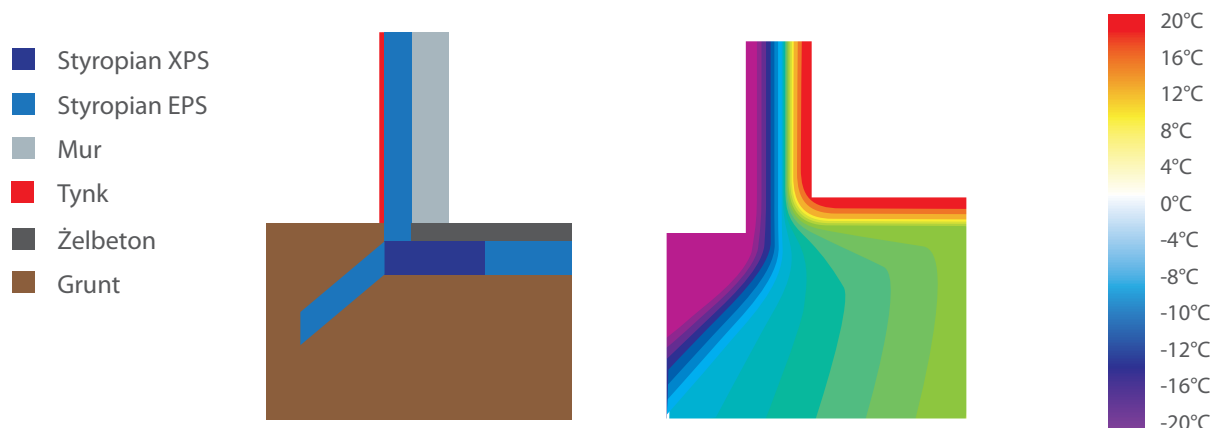
### Płyta fundamentowa – ściana zewnętrzna NF15

Mostek likwiduje się dzięki zastosowaniu posadowienia na płycie fundamentowej. Pozwala to na zachowanie ciągłości izolacji. W miejscu występowania największych obciążeń należy zastosować materiał izolacyjny o większej wytrzymałości. Straty może dodatkowo ograniczyć skośna izolacja obwodowa. Zastosowane materiały:

- Styropian EPS

- Styropian XPS
- Mur z bloczków gazobetonowych
- Tynk cementowo – wapienny
- Żelbeton
- Grunt

Rozwiązanie takie pozwala na osiągnięcie współczynnika  $\Psi_e = -0,023 \text{ W}/(\text{mK})$ , co spełnia wymagania dla standardu NF15.



Rysunek 6.5 Model detalu i przebieg izoterm

### Ściana zewnętrzna – rama okienna NF15

Okno zamontowane w warstwie izolacji poza ścianą nośną, izolacja nachodzi na ramę okienną na 3 – 4 cm. Zastosowane materiały:

- Styropian
- Mur z bloczków gazobetonowych

- Tynk cementowo – wapienny
- Rama okienna

Rozwiązanie takie pozwala na osiągnięcie współczynnika  $\Psi_e = 0,008 \text{ W}/(\text{mK})$ , co spełnia wymagania dla standardu NF15.



Rysunek 6.6 Model detalu i przebieg izoterm



## 6.7. Badania termowizyjne

Zdjęcia termowizyjne pozwalają zaobserwować rozkład temperatur na badanej powierzchni. Umożliwiają w szybki, precyzyjny i bezinwazyjny sposób ocenić stan izolacji cieplnej budynku, lokalizując jednocześnie miejsca, w których zachodzi wzmożona wymiana ciepła z otoczeniem, czyli mostki cieplne.

W budownictwie badania termowizyjne przeprowadza się głównie w zimnych porach roku, czyli zimą, jesienią, a także wczesną wiosną. W celach orientacyjnych (ocena występowania miejsc narażonych, ogólny obraz budynku) wykonuje się zdjęcia termowizyjne z zewnątrz, natomiast dokładną analizę przeprowadza się dzięki zdjęciom od wewnątrz. Z powodu dużego wpływu warunków atmosferycz-

nych na badania termowizyjne większość pomiarów wykonuje się wewnątrz budynku.

Szczegółowe wymagania odnośnie przeprowadzania badań termowizyjnych oraz tworzenia raportów z badań zawarte są w normie PN-EN 13187 – „Właściwości cieplne budynków. Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku. Metoda podczerwieni”.

### 6.7.1. Warunki wykonywania badań termowizyjnych

**Podczas wykonywania badań termowizyjnych należy pamiętać, aby:**

- Różnica między temperaturą wewnątrz a ze-

Rodzaj badania	Od wewnątrz	Z zewnątrz
Cel	Szczegółowa analiza miejsc zagrożonych występowaniem mostków cieplnych, rozwoju pleśni, szczelności	Ogólny obraz badanego budynku, ocena występowania miejsc narażonych na powstawanie mostków cieplnych
Zalety	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokładna analiza wybranych miejsc</li> <li>• Znikomy wpływ warunków atmosferycznych</li> <li>• Badanie wewnętrznej części przegrody – bezpośrednio wpływającej na komfort wewnątrz budynku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Badanie dużej powierzchni w krótkim czasie</li> <li>• Lokalizacja mostków cieplnych</li> <li>• Ogólne sprawdzenie wykonania poprawności izolacji termicznej budynku</li> </ul>
Wady	Czasochłonność – badanie małych powierzchni	Uzależnienie od warunków atmosferycznych

Tabela 6.4 Rodzaje badań termowizyjnych

wnętrz badanego budynku wynosiła minimum 15°K,

- Temperatura wewnątrz budynku była możliwie jednolita,
- Badania od zewnątrz wykonywać przy braku bezpośredniego działania światła słonecznego,
- Prędkość wiatru nie przekraczała 1 m/s,
- Zewnętrzne przegrody budynku nie były wilgotne od opadów atmosferycznych,
- Nie przeprowadzać badań termowizyjnych w czasie opadów atmosferycznych (deszcz, śnieg) oraz gęstej mgły.

#### **Idealne warunki do przeprowadzenia badań termowizyjnych z zewnątrz to:**

- Temperatura wewnątrz budynku – równomierna pomiędzy 21°C a 24°C,
- Temperatura na zewnątrz budynku – pomiędzy 3°C a 5°C,
- Stabilne warunki atmosferyczne – sucho, bezwietrznie, brak opadów atmosferycznych, brak bezpośredniego światła słonecznego na kilkanaście godzin przed i podczas pomiarów.

#### **Natomiast przy wykonywaniu badań od wewnątrz, zaleca się, aby:**

- Podczas badania temperatura powietrza na zewnątrz nie zmieniała się o więcej niż 5°K, a powietrza wewnętrznego nie więcej niż 2°K od wartości na początku badania,
- 12 godzin przed rozpoczęciem badań, a także podczas wykonywania zdjęć termowizyjnych przegrody zewnętrzne były wystawione na bezpośrednie działanie promieniowania słonecznego.

## **6.7.2. Raport z badania termowizyjnego**

### **Rozróżnia się dwa typy badań termowizyjnych:**

- Badanie aparatem IR – przeznaczone głównie do przeglądu całkowitej przydatności użytkowej nowych budynków lub wyniku przebudowy,
- Uprozczone badanie aparatem IR – na potrzeby wykonywania audytów (kontrola budynku, rutynowe przeglądy).

W domu energooszczędnym ważnym elementem jest sprawdzenie poprawności wykonania izolacji termicznej budynku. W tym celu można przeprowadzić uproszczone badanie termowizyjne. Badanie takie nie jest warunkiem otrzymania dopłaty z NFOŚiGW, może być jednak wykonane w kolejnych latach. Wykonanie go na etapie wykonawczym może być niemożliwe ze względu na brak różnicy temperatur lub zafałszowane wyniki. Pozostająca w budynku wilgoć technologiczna może wpłynąć na obniżenie izolacyjności cieplnej przegród, co da efekt podobny do mostków cieplnych. Z tego względu zaleca się wykonanie badania dopiero po pełnym ustabilizowaniu się warunków ciepłno-wilgotnościowych w budynku. Zazwyczaj następuje to po zakończeniu pełnego sezonu grzewczego.

### **Raport z badania termowizyjnego powinien zawierać:**

- Opis kontroli z nazwiskiem klienta i pełnym adresem obiektu,
- Krótki opis konstrukcji budynku,
- Datę i godzinę kontroli,





- Wewnętrzną temperaturę powietrza i różnicę temperatur powietrza po obu stronach przegrody podczas kontroli,
- Różnicę ciśnień powietrza po stronie zewnętrznej i nawietrznej,
- Inne ważne czynniki wpływające na wynik (np. szybkie zmiany warunków atmosferycznych),
- Stwierdzenie jakichkolwiek odchyłeń od kontrolnych wymagań,
- Identyfikację części kontrolowanej budynku,
- Typ, rozmiar i położenie dostrzeżonych wad,
- Wyniki dodatkowych pomiarów i badań,
- Datę i podpis.

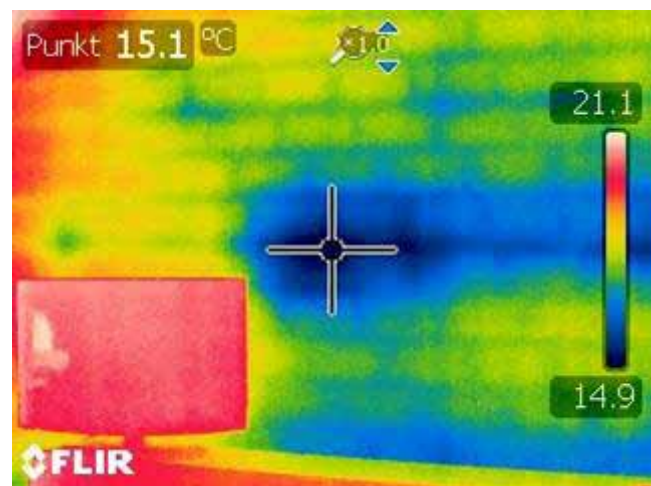
W raporcie nie znajdziemy żadnych stwierdzeń, czy wykryte wady podczas badania termowizyjnego powinny być usunięte, czy mogą być zaakceptowane. Takie stwierdzenia podawane są w oddzielnej opinii do badania.

### 6.7.3. Jak zinterpretować zdjęcie termowizyjne

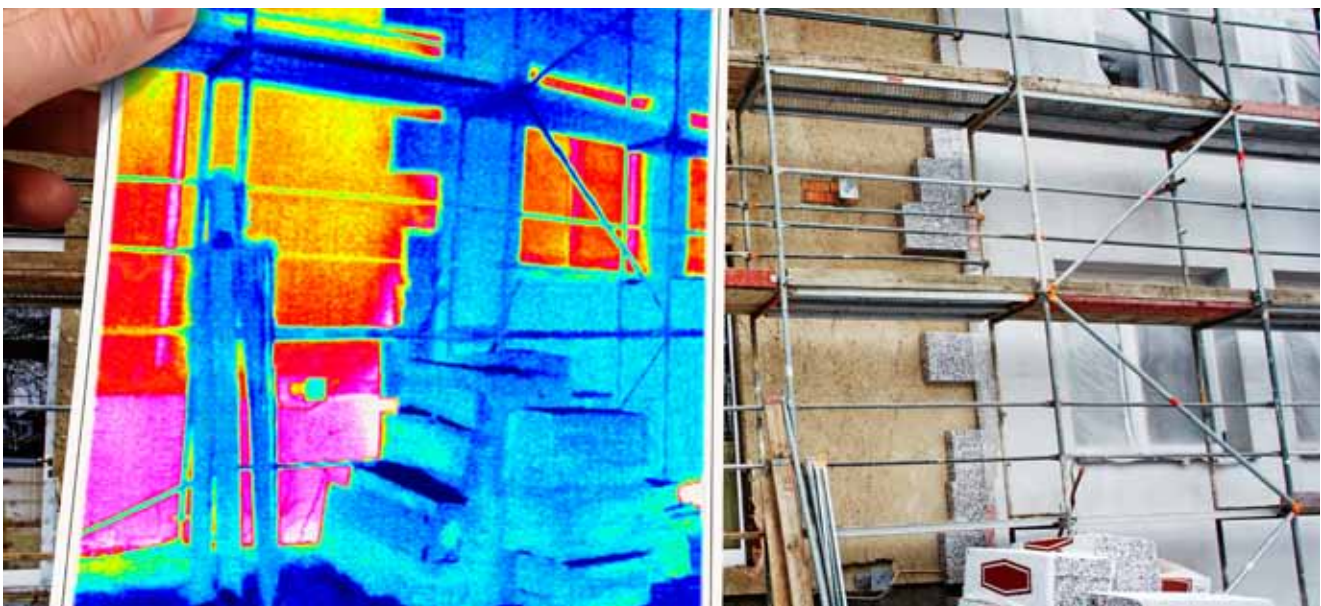
Podstawowym celem badań termowizyjnych jest wskazanie miejsc i elementów budynku o zmniejszonej izolacyjności cieplnej, przez które ucieka dużo więcej ciepła w porównaniu do całej przegrody (znalezienie mostków cieplnych). Odnosząc się do zdjęć termowizyjnych, w przypadku badań wykonanych z zewnątrz są to miejsca o ciemniejszym kolorze (o wyższej temperaturze), np. czerwone, pomarańczowe i żółte. Natomiast w przypadku badań od wewnątrz, najbardziej niekorzystne są miejsca widoczne jako te o chłodniejszym kolorze (mające niższą temperaturę), np. niebieskie.



Rysunek 6.7 Zdjęcie termowizyjne budynku mieszkalnego z widocznymi mostkami cieplnymi – kolor pomarańczowy, spowodowanymi przez słupy, wieńce stropowe, nadproża okienne, kąty



Rysunek 6.8 Zdjęcie termowizyjne ściany zewnętrznej od wewnątrz, widoczne mostki cieplne – kolor niebieski, spowodowane niejednorodnością konstrukcji





## 7. OKNA

Okna i przegrody przeszklone pełnią bardzo ważną rolę w budynkach energooszczędnych. To one umożliwiają kontakt ze środowiskiem wewnętrznym i są źródłem zysków od promieniowania słonecznego (efekt szklarniowy). Wymagania im stawiane dyktowane są nie tylko koniecznością ograniczania strat ciepła, ale także zapewnienia wysokiej jakości środowiska wewnętrznego, które jest jednym z elementów wyróżniających budynki NF15 i NF40. Parametrem wpływającym na komfort cieplny jest temperatura powierzchni przegród od strony wewnętrznej, co dotyczy i okien. Wysoka izolacyjność cieplna okien i drzwi pozwala na utrzymanie jej na komfortowym poziomie. W standardzie NF15 gdzie stosujemy potrójne szklenie, ocieplone ramy i ciepłe ramki dystansowe, możliwa jest nawet rezygnacja z tradycyjnych grzejników zlokalizowanych pod oknami. Równie ważny jest poprawny montaż okien oraz rozmieszczenie na elewacjach.

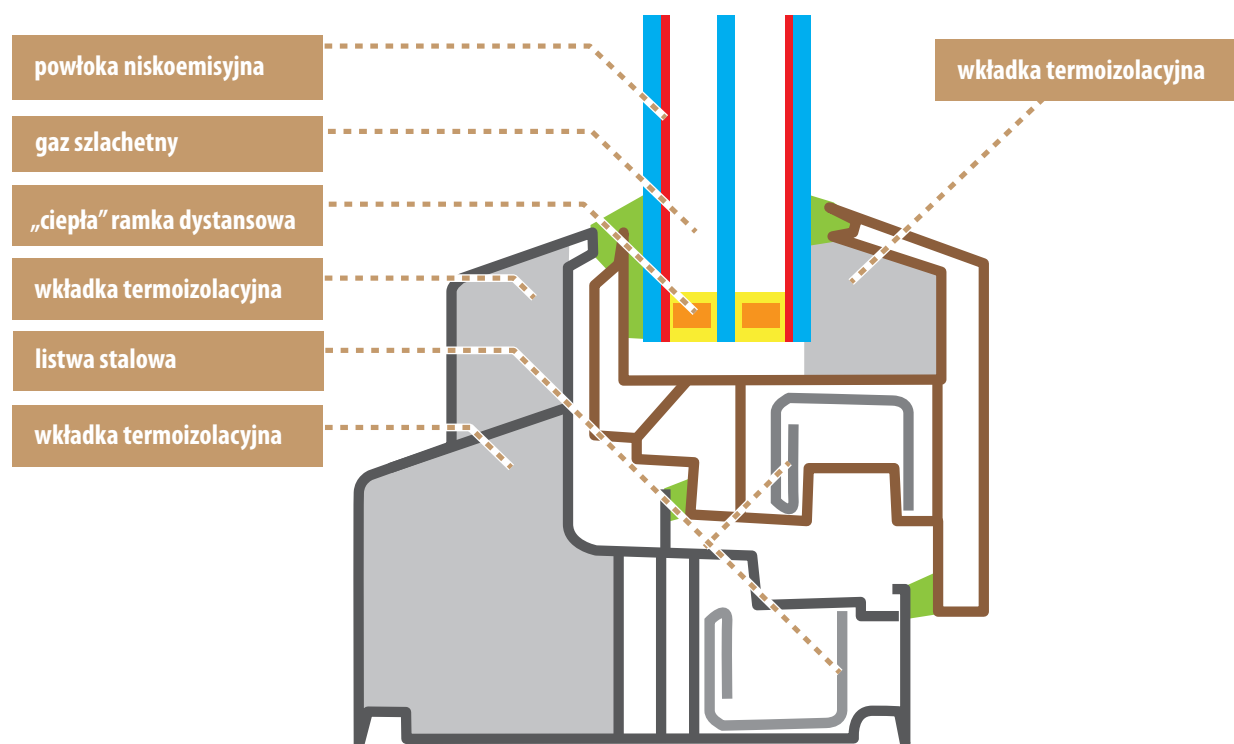
Ramka dystansowa stanowi element oddzielający szyby na określoną odległość. Zawiera także absorbent, który osusza powietrze, zapobiegając wykrapaniu się pary wodnej wewnątrz okna. Jeśli jest

ona wykonana z materiału o wysokiej przewodności cieplnej, jak aluminium, przyczyni się do powstania mostków cieplnych. Jeśli zaś użyjemy materiału o lepszych właściwościach izolacyjnych, będziemy mówić o „cieplej ramce”, której stosowanie jest konieczne w budynkach energooszczędnych NF15 jak i NF40.

### 7.1. Wpływ okien na bilans energetyczny budynku

Okna i drzwi zewnętrzne są elementem budynków, przez które traci się zwykle od 20 do 25% dostarczanej do budynku energii cieplnej. Udział strat zwiększa się w przypadku budynków energooszczędnych. Dobierając okna dla budynku należy pamiętać, że:

- Wielkość strat ciepła zależy głównie od izolacyjności cieplnej okien,
- Orientacja i lokalizacja okien wpływa na wielkości zysków ciepła od słońca,
- Izolacyjność okien zależy od udziału szyby w całkowitej powierzchni okna i liczby podzia-

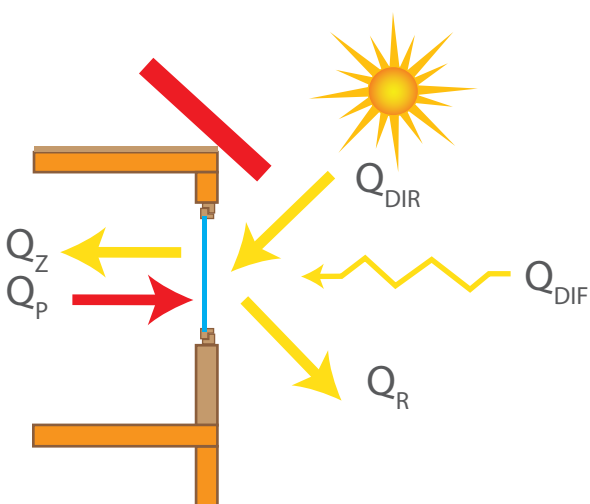


Rysunek 7.1 Schemat okna dla budynku energooszczędnego w standardzie NF15

łów (np. szprosy). Im większy udział i mniejsza liczba podziałów, tym lepsze właściwości izolacyjne okien,

- Wybrane szklenie wpływa na wielkość zysków ciepła i przepuszczalność światła dziennego,
- Okna wpływają na komfort cieplny. Nieszczelne, słabo izolowane mogą prowadzić do zbyt intensywnego przepływu powietrza (przeciąg). Izolacyjność cieplną okien można poprawić w wyniku zastosowania rolet izolowanych lub okiennic. Najlepiej jeśli są sterowane automatycznie, w oparciu o przyjęty schemat działania, w którym przez 80% czasu w sezonie grzewczym, od zachodu słońca do 7 rano są zamknięte. Niewłaściwy montaż kasety rolet może spowodować powstanie dodatkowych mostków cieplnych.

Im wyższy współczynnik przenikania ciepła przez okna ( $U_w$ ), tym większa strata ciepła ( $Q_p$ ). Od współczynnika przepuszczalności promieniowania słonecznego ( $g$ ) uzależnione są zaś zyski od promieniowania słonecznego. Łatwo więc zauważyć, że w budynku energooszczędnym powinno się stosować okna o jak najmniejszym współczynniku przenikania ciepła oraz o stosunkowo wysokim współczynniku przepuszczalności promieniowania słonecznego ( $g$ ) dla pozyskania zysków od słońca. Warto dodać, że promieniowanie słoneczne dzielimy na bezpośrednie – z kierunku położenia słońca na horyzoncie ( $Q_{DIR}$ ) oraz rozproszone – bezkierunkowe ( $Q_{DIF}$ ). Określają one, jaka część promieniowania słonecznego dociera do wnętrza budynku ( $Q_z$ ), a jaka jego część jest przez szybę odbijana i absorbowana



Rysunek 7.2 Uproszczony bilans energetyczny okna:  $Q_p$  - straty ciepła,  $Q_z$  - zyski ciepła,  $Q_{DIR}$  - promieniowanie bezpośrednie,  $Q_{DIF}$  - promieniowanie rozproszone,  $Q_R$  - promieniowanie odbijane

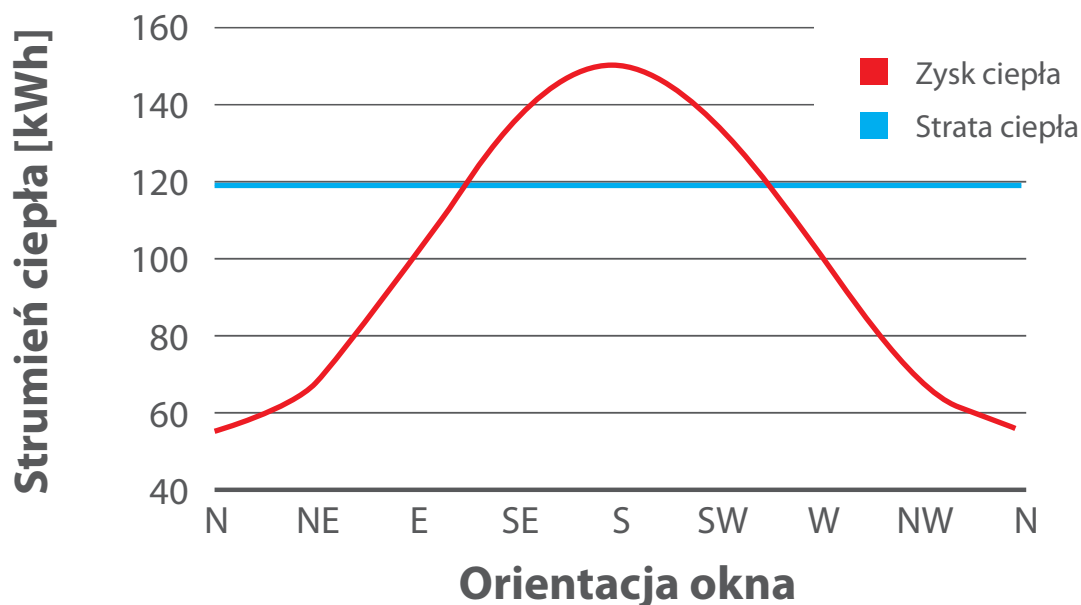
( $Q_R$ ). Łatwo więc zauważyć, że w budynku energooszczędnym powinno się stosować okna o jak najmniejszym współczynniku przenikania ciepła oraz o stosunkowo wysokim współczynniku  $g$  dla pozyskania zysków od słońca.

Obok ograniczenia strat ciepła przez przenikanie, okno w budynku energooszczędnym powinno zapewnić możliwie dużo zysków ciepła od słońca, ale tylko w okresie grzewczym. Dostępna ilość promieniowania słonecznego w Polsce nie dorównuje ilości promieniowania w krajach śródziemnomorskich, jednak w okresie zimy na jeden metr kwadratowy południowo zorientowanej fasady budynku zlokalizowanego w Warszawie pada około 385 kWh energii. Jest to ilość ciepła, która odpowiada ilości energii uzyskanej ze spalania 38 litrów oleju opałowego. Niestety można wykorzystać w sposób efektywny jedynie część zysków ciepła od słońca. Wpływ na to mają następujące straty promieniowania cieplnego:

- Przeciętnie około 20% strumienia promieniowania słonecznego nie dociera do powierzchni okna z uwagi na jego zacienienie spowodowane zagłębieniem w świetle murów bądź też przez okap czy przesłaniające horyzont budynki, drzewa.
- Kolejne 5% promieniowania jest tracone z powodu zanieczyszczenia powierzchni szyby.
- Około 15% promieniowania słonecznego odbija się od powierzchni szyby (przy wysokich wartościach kąta padania promieni słonecznych).
- Przeciętnie około 30% całkowitej powierzchni okna stanowi rama okienna.
- 50% promieniowania słonecznego zostanie zatrzymane przez szybę ze względu na jej właściwości fizyczne (współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego  $g$ ).
- Ilość padającej na powierzchnię okna energii należy jeszcze pomniejszyć o 5% z uwagi na to, iż słoneczne zyski ciepła nie są całkowicie wykorzystywane w okresach przejściowych.

Ostatecznie efektywnie wykorzystane w sezonie grzewczym słoneczne zyski ciepła przez okno od strony południowej przewyższą nieznacznie straty ciepła przez przenikanie. Dla okna o współczynniku przenikania ciepła ( $U_w$ ) równym  $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , zysk wynosi około  $8 \text{ kWh}/\text{m}^2$  okna. Wydaje się, że jest to wartość niewielka, jednak przy tak niskim sezonowym zapotrzebowaniu na ciepło w budynku energooszczędnym NF15 ( $15 \text{ kWh}/\text{m}^2$ ), nawet niewielki zysk ciepła netto ma duże znaczenie dla „zamknięcia” bilansu energetycznego.

Prowadzone badania dowiodły, że jedynie okna usytuowane od strony południowej oraz południo-



Rysunek 7.3 Bilans energetyczny okna w budynku pasywnym w zależności od jego orientacji

wo-wschodniej i południowo-zachodniej mogą mieć pozytywny bilans energetyczny. Straty ciepła w wyniku przenikania przez  $1\text{m}^2$  okna na każdej z fasad będą miały taką samą wartość, natomiast słoneczne zyski ciepła są mocno uzależnione od orientacji okna. Dlatego w budownictwie energooszczędnym stosuje się fasady południowe z dużymi powierzchniami przeszkleń w celu zwiększenia zysków ciepła od słońca, natomiast w miarę możliwości unika się stosowania okien na pozostałych fasadach budynku. Choć okna na pozostałych fasadach będą miały ujemny bilans energetyczny w okresie grzewczym, przy projektowaniu budynku nie należy zapominać o zapewnieniu dostępu światła dziennego i walorach estetycznych okien. Rysunek 7.3 przedstawia bilans energetyczny okna w budynku pasywnym w sezonie grzewczym (dane pogodowe dla Warszawy), o współczynniku przenikania ciepła  $0,70\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , współczynniku  $g = 0,5$  oraz wymiarach  $1,23 \times 1,48\text{ m}$ , w zależności od jego orientacji.

## 7.2. Rozmieszczenie okien w budynku

Rozmieszczenie okien może mieć decydujący wpływ na bilans energetyczny budynku i panujący w nim komfort cieplny. Główne okna mogą być zorientowane na południe (ewentualnie na południowy wschód lub południowy zachód), co sprzyja zyskom ciepła. W elewacjach północnych korzystna jest mała powierzchnia okien. Nie tracimy ciepła w zimie, a oświetlenie dzienne z tego kierunku i tak jest minimalne. Wraz z rozmieszczaniem okien kreujemy

rozmieszczenie pomieszczeń, umieszczając przy dużej powierzchni oszklenia pomieszczenia dzienne. Na północną stronę mieszkania przesuwamy pomieszczenia, do których nie potrzebujemy dużego dostępu światła, takie jak łazienki, schowki, garderoby czy sypialnie.

Stosowanie tych zaleceń w sposób rygorystyczny może doprowadzać do sytuacji, w której architektura budynku i jego funkcjonalność ulegną pogorszeniu. Na przykład sypialnia z oknami o orientacji północnej, w której będą tylko małe okienka, może się okazać mało „przytulna”. Z kolei duże okna od strony południowej, bez elementów zacięniających, będą powodowały przegrzewanie budynku w okresie lata. Projektowanie ściśle zorientowanych budynków powoduje jednoczenie, że mogą być one zlokalizowane tylko w jeden sposób. Mając to na uwadze trzeba zachować zdrowy rozsądek i umiar, aby zastosowane rozmieszczenie okien nie miało negatywnych skutków. Jednym z nich może być większe zużycie światła sztucznego w pomieszczeniach od strony północnej. Możemy je ograniczyć poprzez stosowanie ram w jasnych kolorach i równomierne rozmieszczanie na

### Czy wiesz, że?

Utrudniać wykorzystanie światła dziennego mogą grubsze ściany (o grubszej warstwie izolacji), które zwiększają zacięnienie okien i utrudniają penetrację światła, a także niska wartość współczynnika przenikania szyby  $U_g$  (oznaczająca mniejszą przepuszczalność światła widzialnego).

elewacji otworów przeszklonych.

Policz sam, ile pieniędzy kosztują Cię Twoje okna!

#### Określ:

- Współczynnik przenikania ciepła okna „ $U_w$ ” (podany przez producenta);
- Powierzchnię okna w  $m^2$ ;
- Czas przyjęty do obliczeń, np. średnia długość sezonu grzewczego – 220 dni;
- Różnicę temperatury wewnętrznej i zewnętrznej w przyjętym okresie grzewczym.

Aby obliczyć w uproszczeniu straty energii w kilowatogodzinach (kWh) należy przemnożyć powierzchnię okna przez jego współczynnik  $U_w$ , średnią różnicę temperatur w czasie sezonu grzewczego i czas jej występowania w godzinach oraz podzielić to wszystko przez 1000 (aby uzyskać kWh). Przykładowo dwa okna o współczynnikach:  $U_w = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  i  $U_w = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , mają powierzchnię  $1,50 \text{ m} \times 1,50 \text{ m} = 2,25 \text{ m}^2$ , sezon grzewczy trwa, np. 220 dni =  $220 \times 24$ , co daje 5280 godzin, a średnia różnica temperatur to  $18^\circ\text{K}$  (temperatura wewnętrzna  $20^\circ\text{C}$  minus średnia temperatura zewnętrzna dla sezonu grzewczego  $2^\circ\text{C}$ ). Obliczenie dla pierwszego oka wygląda więc następująco:

$$Q_1 = 2,25\text{m}^2 \times 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \times 18\text{K} \times 5280 \text{ h} / 1000,$$

#### A strata ciepła dla obydwu okien wynosi:

- Dla  $U_w = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  uzyskujemy 213,8 kWh,
- Dla  $U_w = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  uzyskujemy 320,8 kWh.

Zakładając cenę energii  $1 \text{ kWh} = 0,25 \text{ zł}$  mamy oszczędność 26,73 zł w ciągu roku. Dla przyjętych wcześniej założeń, w niewielkim domu jednorodzinnym, gdzie powierzchnia okien wynosi ok.  $25 \text{ m}^2$ , uzyskamy oszczędność rzędu 297 zł na rok.

## 7.3. Montaż stolarki okiennej i drzwiowej

Bardzo istotnym elementem, odbijającym się na efektywności energetycznej, a także odpowiednim komfortem wewnętrznym jest montaż stolarki okiennej i drzwiowej. Wadliwie wykonany może pogarszać szczelność i powodować powstawanie mostków cieplnych. W standardzie NF15 i NF40 montaż stolarki okiennej i drzwiowej musi być prawidłowy: wolny od mostków cieplnych i szczelny powietrznie. Dostosowanie do tych potrzeb odbywa się poprzez stosowanie odpowiednich systemów montażowych.

Mostek cieplny zostaje wyeliminowany poprzez montaż stolarki w warstwie izolacji, na specjalnie przygotowanych do tego kotwach oraz wykonanie węgaraka z izolacji zewnętrznej nachodzącego na ramę okienną. Rozwiązanie takie jest wymagane w przypadku standardu NF15. Nie ma natomiast potrzeby montowania okien w warstwie izolacji w przypadku standardu NF40. Wystarczy, że rama okienna będzie zamontowana na równo z warstwą konstrukcyjną, a izolacja będzie nachodzić na ramę okienną na 3-4 cm tworząc ocieplony węgar.

a)



b)



- styropian
- tynk
- warstwa konstrukcyjna
- pianka poliuretanowa
- rama okienna

Rysunek 7.4 Schemat montażu okien budynkach energooszczędnych a) standard NF15 b) standard NF40





Rysunek 7.5 Przykładowy montaż okna w warstwie izolacji, widoczne taśmy uszczelniające, kotwy kątowe i precyzyjne docięcie izolacji do ramy

Trwale szczelne połączenie może zostać zapewnione poprzez system trójwarstwowy, w którym pierwszym etapem jest przyklejenie od zewnętrznej strony taśmy paroprzepuszczalnej, wiatro- i wodoszczelnej, chroniącej przed wpływem czynników atmosferycznych. Następnie, w warstwie środkowej, izolujemy pianką montażową łącząc termicznie okno z izolacją. Ostatnią warstwą jest folia polietylenowa łącząca szczelnie ramę z otworem okiennym i przykryta tynkiem na siatce podtynkowej. Alternatywą dla folii polietylenowej może być taśma klejąca butylowo-kauczukowa z powłoką zewnętrzną z włókny, do której łatwo przylega tynk.

## 7.4. Wymagania stawiane oknom w budynkach NF40 i NF15

Okna i drzwi stosowane w standardzie NF15 i NF40 muszą spełniać poszczególne wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej, przepuszczalności energii promieniowania cieplnego jak i szczelności powietrznej. Podstawowy parametr, który musimy sprawdzić to maksymalny współczynnik przenikania ciepła  $U_w$ , który dla standardu:

- NF15 jednorodzinny w I, II i III strefie klimatycznej wynosi  $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,
- NF15 jednorodzinny w IV i V strefie klimatycznej wynosi  $0,70 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,
- NF40 jednorodzinny w I, II i III strefie klimatycznej wynosi  $1,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,
- NF40 jednorodzinny w IV i V strefie klimatycznej wynosi  $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,
- NF15 wielorodzinny wynosi  $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,

- NF40 wielorodzinny w I, II i III strefie klimatycznej wynosi  $1,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,
- NF40 wielorodzinny w IV i V strefie klimatycznej wynosi  $1,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Wymagane współczynniki przenikania ciepła należy osiągnąć poprzez zastosowanie odpowiednich ram okiennych, szyb i ramek dystansowych. W poniższych tabelach podano ich parametry pozwalające na spełnienie wymagań  $U_w=0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  dla różnych powierzchni okien.

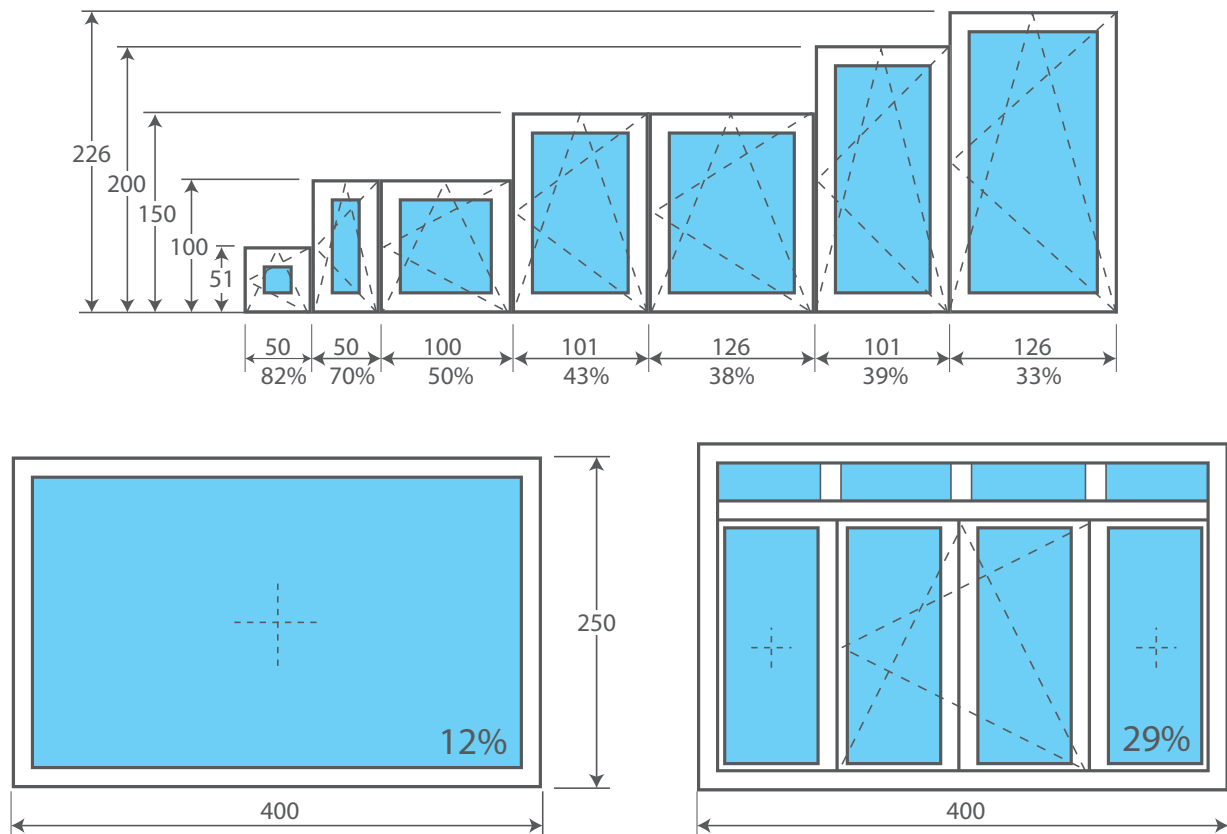
Z uwagi na zastosowanie wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła, okna dodatkowo nie mogą być wyposażone w nawiewniki, a połączenia okien z ościeżami należy projektować i wykonywać pod kątem osiągnięcia ich całkowitej szczelności na przenikanie powietrza. Montaż należy wykonać w taki sposób, aby zminimalizować mostki cieplne na połączeniu ościeżnica-ościeże. Należy stosować „ciepły montaż okien”, czyli w warstwie izolacji w przypadku standardu NF15. Zastosowany rodzaj szyb powinien charakteryzować się możliwie wysokim współczynnikiem przepuszczalności energii promieniowania słonecznego. W przypadku szyb podwójnych powinien on wynosić  $g \geq 0,60$ , a dla szyb potrójnych  $g \geq 0,50$ . Okna skierowane na kierunki od wschodniego przez południowy do zachodniego i wszystkie okna dachowe muszą być wyposażone w elementy zaciemniające. Nie powinny one jednak ograniczać dostępu promieniowania słonecznego w okresie zimowym.

Podstawowym kryterium wyboru ram w budynkach energooszczędnych będzie spełnienie wyma-

Szerokość okna, m	Wysokość okna, m	Współczynnik $U_f$ ramy, $W/(m^2K)$	Współczynnik $U_g$ szyby, $W/(m^2K)$	Liniowy współczynnik przenikania ciepła $\Psi_{g'}$ , $W/(mK)$	Udział szyby	Współczynnik $U_w$ całego okna, $W/(m^2K)$
0,88	1,48	0,8	0,6	0,03	0,61	0,76
0,57	1,48	0,8	0,6	0,03	0,49	0,81
0,88	2,3	0,8	0,6	0,03	0,65	0,75
1,18	1,48	0,8	0,6	0,03	0,67	0,74
0,88	0,88	0,8	0,6	0,03	0,53	0,79

 Tabela 7.1 Zależność współczynnika  $U_w$  okien od ich wymiarów

Parametr techniczny	Wartość
Współczynnik przenikania ciepła ramy okiennej $U_f$ , $W/(m^2K)$	$\leq 0,80$
Współczynnik przenikania ciepła szklenia $U_g$ , $W/(m^2K)$	$\leq 0,60$
Współczynnik przepuszczalności całkowitego promieniowania słonecznego $g$ szyby	$\geq 0,50$
Współczynnik liniowej straty ciepła ramki dystansowej $\Psi_{g'}$ , $W/(mK)$	$\leq 0,03$

 Tabela 7.2 Wymagane parametry techniczne dla okien lub drzwi balkonowych o współczynniku  $U_w \leq 0,80W/(m^2K)$ 


Rysunek 7.6 Udział powierzchni ramy w całkowitej powierzchni okna w zależności od wymiarów okien i podziałów

gań dotyczących izolacyjności cieplnej. Dodatkowym aspektem może być przeciwstawienie sobie ich wzajemnych wad i zalet:

- Ramy z PCV – stosunkowo tanie, dobrze izolujące ciepło, łatwe w pielęgnacji, jednak są wrażliwe na wady montażu i odkształcalne.
- Ramy drewniane – estetyczne w wyglądzie, trwałe, dobrze izolujące ciepło, nie wydzielają trujących oparów w trakcie pożaru, jednak wymagają konserwacji i są wrażliwe na dużą wilgotność.

- Ramy aluminiowe – sztywne i wytrzymałe, trwałe, minimalistycznej architektury, łatwe w pielęgnacji, jednak kiepsko izolują ciepło.

Niezależnie od wybranego rozwiązania, należy wybierać okna o jak najmniejszym stosunku udziału ramy w powierzchni okna, gdyż jest ona elementem o najmniejszej izolacyjności cieplnej.

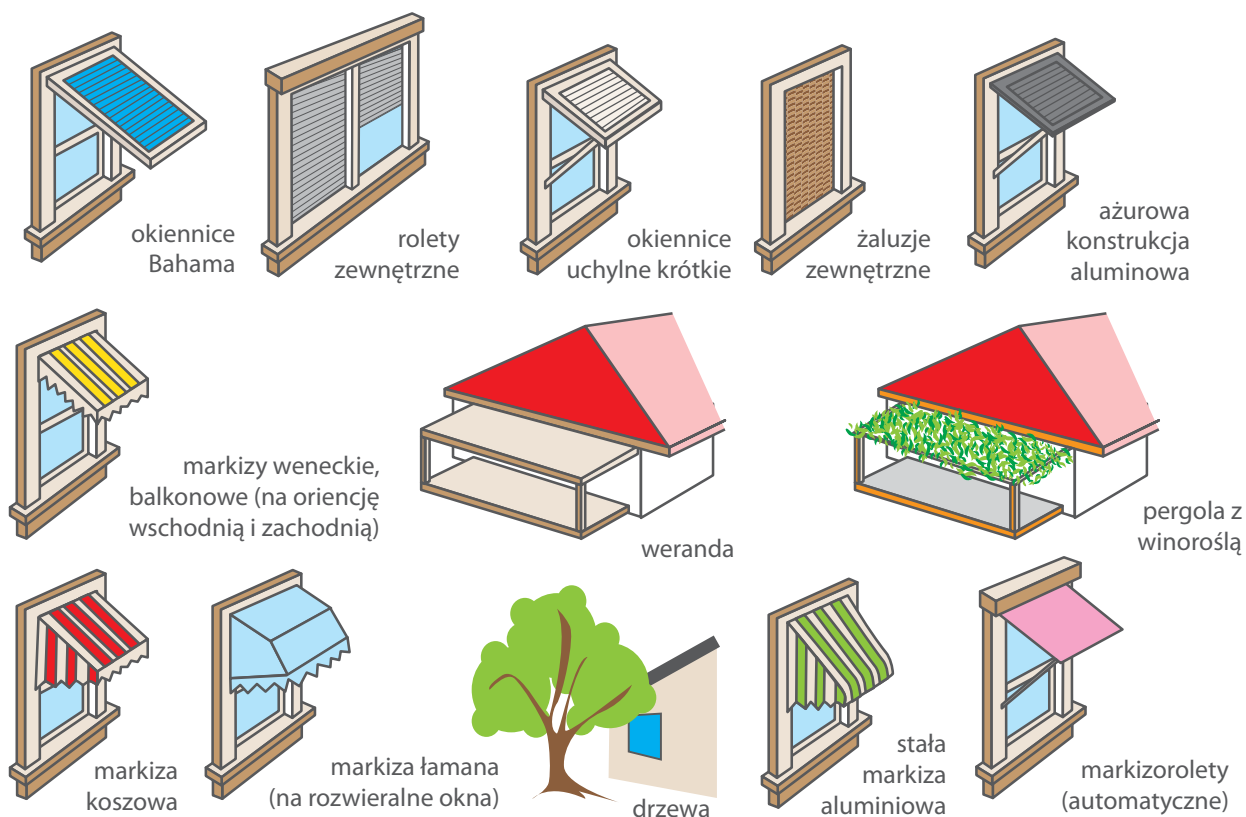
## 7.5. Elementy zacierające

Wnikające do środka budynku promienie słoneczne dostarczają zysków ciepła w zimie. Jednak w lecie zyski ciepła są często niepożądane i zwiększają ryzyko przegrzewania budynku. Aby zagwarantować odpowiednią jakość środowiska wewnętrznego w okresie lata należy stosować osłony przeciwsłoneczne. Zastosowanie osłon nie powoduje pogorszenia jakości energetycznej budynku i dodatkowego zużycia energii elektrycznej o ile zostały one odpowiednio

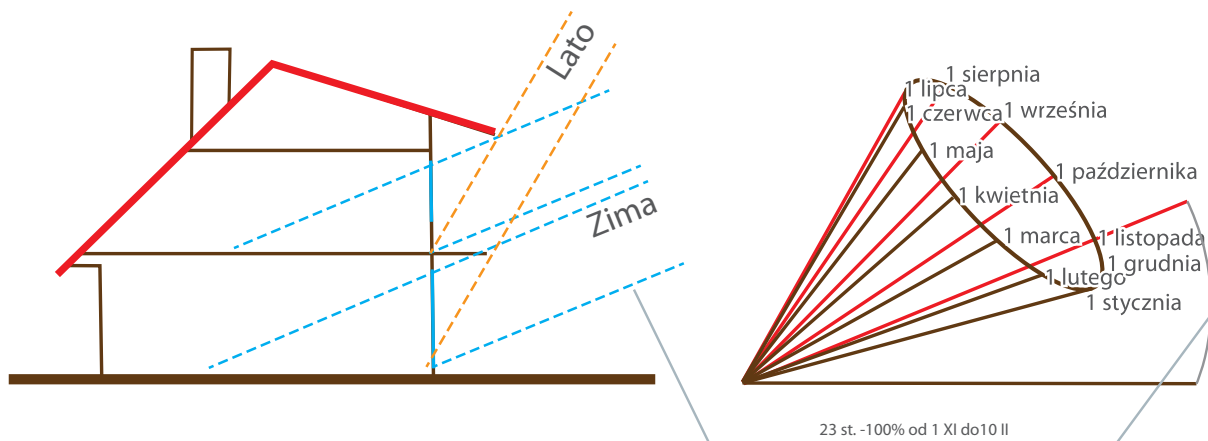
zaprojektowane – nie ograniczają dostępu energii promieniowania słonecznego w okresie zimy. Skuteczność osłon przeciwsłonecznych zależy od ich lokalizacji – osłony zamontowane od zewnątrz są dwa razy bardziej skuteczne niż zamontowane od wewnątrz.

Istnieją różne formy osłon przeciwsłonecznych:

- Zewnętrzna ochrona przeciwsłoneczna:
  - ✓ stałe elementy architektoniczne (na przykład wysunięte poza obrys budynku okapy, balkony, daszki), elementy te nie powinny



Rysunek 7.7 Przykładowe sposoby zacierania okien



Rysunek 7.8 Działanie i sposób wymiarowania stałych elementów zacieniających na elewacji południowej

ograniczać dostęp promieniowania słonecznego w zimie i powodować powstania mostków cieplnych,

- ✓ ruchome elementy architektoniczne, np. markizy, rolety, okiennice, żaluzje zewnętrzne,
- Wewnętrzne osłony przeciwsłoneczne, np. żaluzje (elementy takie jak wertikale, zasłony są nieskuteczne),
- Elementy zacieniające w przestrzeni międzyszybowej, np. żaluzje,
- Chroniące przed słońcem szkło refleksyjne lub przeciwsłoneczne, przezroczyste zintegrowane z szybą panele fotowoltaiczne,
- Odpowiednio zaprojektowana roślinność, drzewa i pnącza okresowo zielone nasadzone od strony południowej.

## Czy wiesz, że?

Do zacienienia szklenia można wykorzystać także roślinność, sadząc drzewa liściaste na stronie południowej i iglaste na północnej lub przezroczyste panele fotowoltaiczne, z których korzyści są oczywiste.

Podczas użycia elementów stałych zewnętrznych dostęp światła zależy od pozycji słońca, jest on zatem zmienny. Blokują one także dostęp energii słonecznej w zimie, kiedy jest pożądana.





## Czy wiesz, że?

Oslony zacierające można także umieszczać między szybami, co upraszcza ich mocowanie z powodu nieuwzględniania wpływu wiatru. Jest to jednak rozwiązanie dość skomplikowane i nie stosuje się go w budynkach mieszkalnych.

Elementem zacierającym mogą być rolety zwiększające dodatkowo izolacyjność cieplną okna oraz mające znaczenie w ogrodach zimowych. Rolety czy okiennice mogą być sterowane automatycznie, cyklicznie w oparciu o założony schemat, co ułatwi zamykanie ich na noc i otwieranie o poranku – oszczędzając na stratach ciepła o zimniejszej porze. Ten sam rodzaj zacierania może być stosowany na północnej elewacji. W przypadku, kiedy zależy nam na większym przeszkleeniu w tym miejscu – zamknięcie ich na stałe uwzględniając izolacyjność cieplną nie zrównoważy pewnie całkowicie strat na tej przestrzeni okiennej, ale na pewno je zmniejszy. Decydując się na rolety należy pamiętać, że ich montaż może spowodować powstanie mostków cieplnych i dodatkowych nieszczelności powietrznych.

Właściwości przeciwsłoneczne przeszkleń można polepszyć stosując szkło powlekane materiałami pochłaniającymi lub odbijającymi promieniowanie słoneczne. Jednym z rodzajów, stosowanych w budownictwie energooszczędnym, jest szkło refleksyjne. Powlekane tlenkiem metalu, łączy niską prze-

## Czy wiesz, że?

Na co w takim razie zwrócić uwagę wybierając okna?

Przede wszystkim, czy współczynnik przenikania ciepła (U) podany jest dla szyby czy dla całego okna, dobierając jednocześnie okna o jak najmniejszym stosunku powierzchni ramy do powierzchni okna oraz rodzaj ramy. Przy wyborze szyb przeanalizować trzeba, jakie zyski chcemy generować z energii słonecznej oraz zaplanować już na początku elementy zacierające przeciwdziałające przegrzewaniu się pomieszczeń w lecie. Wybierając zespół zajmujący się montażem stolarki okiennej powinno nam zależeć również na sprawdzonej jakości ich prac, gdyż błędy montażowe stanowią największy problem w utrzymaniu ciepła i szczelności, szczególnie przy ciepłym montażu, który nie jest jeszcze dobrze znaną technologią.

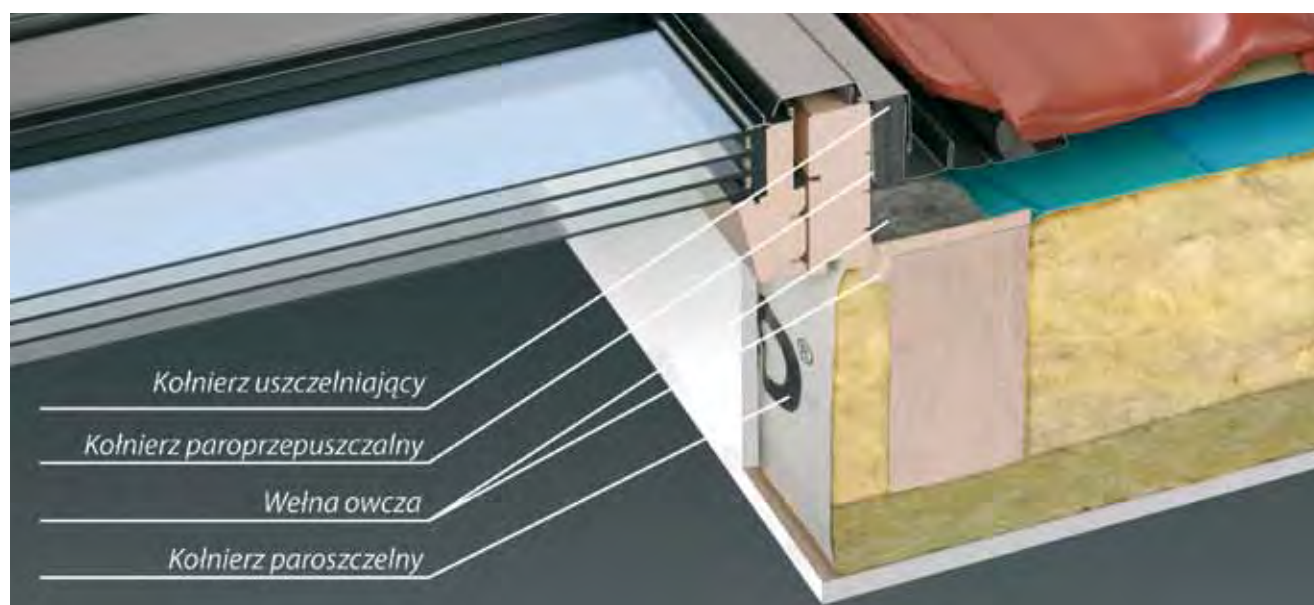
puszczalność z refleksyjnością, odbijając znaczną część promieniowania ultrafioletowego, a przy okazji wygląda bardzo estetycznie. Ogranicza ono jednak przenikanie promieniowania słonecznego także zimą, gdy go potrzebujemy. Kolejny typ, to szkło absorpcyjne, zmniejszające przenikanie energii słonecznej do wnętrza przez tłumienie i pochłanianie jej. Ostatnie, szkło selektywne, kontroluje przepływ energii cieplnej.





# Energooszczędne okno w dachu

Renata Damasiewicz, ekspert firmy Fakro



Energooszczędność to jedno z kluczowych zagadnień we współczesnym budownictwie. Firmy starają się produkować jak najbardziej energooszczędne materiały budowlane. Producenci okien dachowych nie pozostają w tyle za tą rewolucją i również oferują produkty, które mogą być stosowane w pasywnych czy energooszczędnych budynkach. Na rynku dostępne są kompleksowe rozwiązania umożliwiające zamontowanie okien dachowych z ograniczeniem mostków cieplnych. Takie rozwiązania to zmniejszenie strat ciepła, a co za tym idzie wydatków na ogrzewanie budynku.

Na rynku dostępne są super-energooszczędne okna dachowe o nowatorskiej konstrukcji zapewniające dużą oszczędność energii cieplnej. Okna skonstruowane zostały z uwzględnieniem rygorystycznych wymagań budownictwa pasywnego. Naj-

bardziej energooszczędne okno dachowe pochodzi od polskiego producenta i charakteryzuje się współczynnikiem  $U_w = 0,58 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Otrzymało Certyfikat Passivhaus Institut (PHI) w Darmstadt oraz spełnia wymagania programu dopłat do kredytów na budowę domów energooszczędnych z NFOŚiGW. Ale nawet najbardziej energooszczędne okno nie będzie realizowało w pełni swoich funkcji jeśli nie będzie odpowiednio zamontowane. Błędy popełnione na etapie montażu mogą okazać się kosztowne, dlatego najlepiej skorzystać ze specjalnie do tego celu przeznaczonych zestawów montażowych. To rewelacyjne okno dostarczane i montowane jest wraz z kołnierzem uszczelniającym, który umożliwi docieplenie okna dachowego powyżej drewnianej konstrukcji dachu. Kołnierz ma przyklejony od wewnątrz elastyczny materiał dociepleniowy, który szczelnie przylega do ościeżnicy okna tworząc termoizolacyj-

ną ramę. Podczas montażu ważne jest, aby szczeliny pomiędzy oknem a konstrukcją dachu zostały dokładnie wypełnione materiałem termoizolacyjnym. Materiał ten powinien być również dobrze zabezpieczony przed wilgocią. Do takich celów służy dołączony do okna specjalny pakiet kołnierzy izolacyjnych. Pakiet przeznaczony jest do szybkiego i szczelnego wykonania izolacji termicznej, paroszczelnej i paroprzepuszczalnej wokół okna. Materiał termoizolacyjny z naturalnej, specjalnie impregnowanej wełny owczej jest łatwy w formowaniu i idealnie dopasowuje się do przestrzeni, którą wypełnia. Kołnierz paroprzepuszczalny chroni materiał termoizolacyjny przed zawilgoceniem z zewnątrz, a kołnierz paroszczelny od wewnątrz.

Zastosowanie kompleksowego rozwiązania gwarantuje spełnienie energooszczędnych funkcji okna.

## 8. SZCZELNOŚĆ POWIETRZNA BUDYNKU

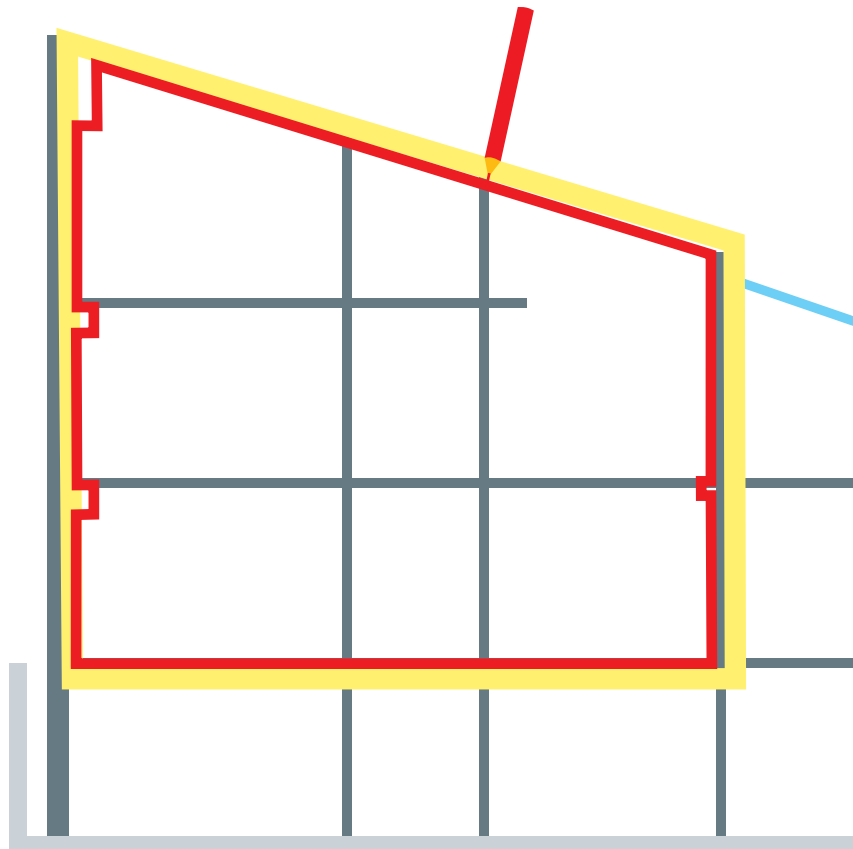
Problem szczelności powietrznej budynku jest zazwyczaj pomijany, jednak w przypadku domów energooszczędnych NF15 czy NF40 jest to wymóg, którego spełnienie jest jednym z warunków otrzymania dopłaty do kredytu w ramach Programu NFOŚiGW. Bez szczelnej obudowy budynku nie tylko system odzysku ciepła nie będzie działał odpowiednio, ale także nie osiągniemy zaplanowanych oszczędności w użytkowaniu domu czy mieszkania. Wyróżniając trzy przykładowe rodzaje przegród, mianowicie ściany zewnętrzne, płytę fundamentową i dach, każda z nich musi mieć odpowiednio wykonaną warstwę odpowiedzialną za szczelność. I tak dla ścian zewnętrznych jest to tynk, dla płyty fundamentowej – żelbet, zaś w przypadku dachu – folia paroszczelna. Musimy pamiętać, że zapewnienie szczelności to nie uszczelnianie niewralgicznych miejsc na ostatnim etapie budowy, ale pamiętanie o nich już podczas projektowania.

Szczelność obudowy budynku wraz z wentylacją decyduje o intensywności wymiany powietrza między wnętrzem budynku a otoczeniem, czyli odpowiada za dostarczenie tlenu i odprowadzenie m.in. dwutlenku węgla i wilgoci.

### 8.1. Infiltracja a wentylacja

Wentylacja jest projektowanym, zamierzonym, mniej (grawitacyjna) lub bardziej (mechaniczna) kontrolowanym systemem wymiany powietrza. Z kolei wszelkie nieszczelności powodują infiltrację zewnętrznego powietrza do budynku w sposób całkowicie chaotyczny, niecykliczny i najczęściej gwałtowny, co wiąże się ze spadkiem komfortu wskutek obniżenia temperatury przegrody i wzmożonej prędkości ruchu powietrza.

Nasuwa się zatem pytanie, czy warto całkowicie wyeliminować wszelkie nieszczelności? Wszystko zależy od zastosowanej wentylacji. Optymalnym rozwiązaniem pod względem komfortu i oszczędności energii jest zastosowanie wydajnej wentylacji mechanicznej, która jest w stanie zapewnić odpowiedni dopływ świeżego powietrza dla każdej osoby w pomieszczeniu, wraz z systemem odzysku ciepła. Wówczas możemy dążyć do możliwie wysokiej szczelności, ograniczając do minimum dopływ powietrza zewnętrznego do budynku spoza rekuperacji. Należy jednak pamiętać, że ze względu na niższe koszty wstępne, większość budynków posiada wentylację



Rysunek 8.1 Jedna szczelna powłoka powinna otaczać całą ogrzewaną część budynku od strony wewnętrznej



grawitacyjną. Jest ona silnie uzależniona od warunków atmosferycznych i najczęściej samodzielnie nie spełnia norm w zakresie wymiany powietrznej. Wówczas należy uważać na „pruszczelnienie” budynku, ponieważ doprowadziłoby to do nadmiernego gromadzenia dwutlenku węgla i wilgoci oraz niedoboru świeżego powietrza. Nie należy jednak dopuszczać do powstawania dużych nieszczelności.

## 8.2. Infiltracja a eksfiltracja

Infiltracja to zjawisko wnikania powietrza zewnętrznego przez szczeliny w przegrodach budynku (i na ich połączeniach) do wnętrza pomieszczenia. Analogicznie - eksfiltracja to ucieczka powietrza wewnętrznego przez szczeliny na zewnątrz. Na ilość wymienianego powietrza przez nieszczelności ma wpływ: jakość konstrukcji, różnica ciśnień oraz prędkość i kierunek wiatru.

Wpływ wiatru. Wiejący wiatr napierając na przegrodę powoduje powstanie różnicy ciśnień między wnętrzem budynku a otoczeniem, co wywołuje zasysanie powietrza zewnętrznego przez nieszczelności do pomieszczenia (infiltracja) od strony nawietrznej oraz wypychanie powietrza wewnętrznego do otoczenia (eksfiltracja) od strony zawietrznej.

Różnica ciśnień wywołana różnicą temperatur. Przy różnicy temperatur między wnętrzem budynku a otoczeniem powstaje różnica ciśnień. Ciepłe powietrze wewnątrz budynku ma mniejszą gęstość od powietrza zewnętrznego (w czasie zimy), w związku z czym dochodzi do zasysania powietrza zewnętrznego przez szczeliny przegród do budynku (infiltracja). Natomiast ciepłe powietrze wewnętrzne unosi się ku górze i ucieka przez przegrody zewnętrzne.

## 8.3. Zalety szczelnego budynku

Szczelność wspólnie z wentylacją i izolacją termiczną reguluje mikroklimat wewnętrzny, wpływając na utratę bądź zyski ciepła, żywotność materiałów konstrukcyjnych oraz komfort użytkownika pomieszczeń.

### 8.3.1. Oszczędność energii

Przy optymalizowaniu budynku pod kątem zapotrzebowania na energię oprócz izolacji termicznej i wentylacji (ew. systemu odzysku ciepła) należy uwzględnić również uszczelnienie przegród zewnętrznych. Nieszczelności zwiększają straty ciepłe zimą i przyspieszają przegrzewanie się pomieszczeń w upalne dni. Należy jednak rozróżnić

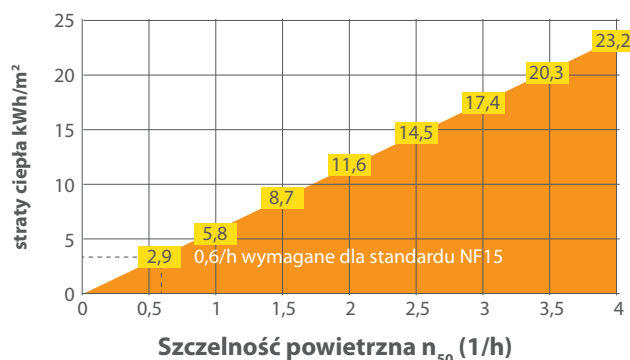


Rysunek 8.2 Straty ciepła, spowodowane infiltracją zimnego powietrza widoczne na zdjęciu termowizyjnym. Strumień zimnego powietrza przedostający się do budynku na styku belki, dachu i ścianki kolankowej, jest widoczny jako kolor niebieski

nieszczelności od mostków cieplnych. Nieszczelności mogą istnieć nawet w perfekcyjnie zaizolowanym termicznie budynku, co doskonale pokazują zamieszczone zdjęcia, wykonane kamerą termowizyjną.

Zdjęcie wykonane na poddaszu użytkowym podczas badania szczelności, w warunkach podciśnienia pokazuje, że przy belce ma miejsce przerwanie izolacji paroszczelnej, co powoduje przenikanie zimnego powietrza zewnętrznego. Infiltracja ma również miejsce za konstrukcją drewnianą i jest spowodowana brakiem tynków wewnętrznych. Jak nieszczelności przekładają się bezpośrednio na zwiększenie zapotrzebowania na energię do ogrzewania i wentylacji ukazuje poniższy wykres.

Wykres pokazuje, jak ważnym czynnikiem przy budowie energooszczędnego budynku jest zadbanie o właściwe uszczelnienie obudowy.



Rysunek 8.3 Stosunek strat energii cieplnej do szczelności powietrznej budynku. Na wykresie oznaczono również graniczne wymaganie co do wymiany powietrznej w domu NF15



Ponadto szczelność ma kluczowe znaczenie przy budynkach energooszczędnych i pasywnych wyposażonych w wentylację z odzyskiem ciepła, ponieważ przy takich rozwiązaniach technicznych nieszczelności umożliwiają wchodzącemu do pomieszczenia powietrzu omińnięcie systemu rekuperacji i zmniejszenie jego wydajności, co wiąże się ze stratami energetycznymi.

### 8.3.2. Komfort cieplny

W nowoczesnym budownictwie coraz większą uwagę przywiązuje się do komfortu użytkownika. Najnowsze technologie oprócz oszczędności muszą zapewniać odpowiedni, zdrowy mikroklimat. Na poziom komfortu cieplnego w pomieszczeniach wpływają między innymi temperatura i prędkość ruchu powietrza. Oba parametry zależą od szczelności budynku.

Głównym parametrem determinującym komfort użytkownika budynku jest temperatura, zarówno powietrza w pomieszczeniu jak i powierzchni jego przegród (ściany, podłoga, sufit, okna). O ile na temperaturę powietrza w pomieszczeniu możemy wpłynąć regulując pracę ogrzewania, to na różnicę między temperaturami powietrza i powierzchni przegród mają główny wpływ izolacyjność przegród, obecność mostków cieplnych i nieszczelności.

Na komfort cieplny duży wpływ ma również prędkość ruchu powietrza. Prędkość ruchu powietrza wpływa na intensywność wymiany powietrza na drodze konwekcji. Im prędkość większa, tym więcej ciepła jest wymieniane – a to wpływa na temperaturę odczuwalną. Ruch powietrza we wnętrzu pomieszczenia jest wywołany kontrolowanie przez wentylację i klimatyzację oraz niekontrolowanie przez nieszczelności.

### 8.3.3. Zdrowie

Szczelne przegrody zewnętrzne mają za zadanie chronić mieszkańców przed zanieczyszczeniami i szkodliwymi drobinami zawartymi w powietrzu (np. pyłki dla alergików). Ponadto zabezpieczają przed uciążliwym hałasem skutecznie wyciszając wnętrze, co zapewnia większy komfort, spokój i wydajność organizmu.

Należy jednak pamiętać, że szczelne pomieszczenie przy źle funkcjonującej wentylacji niesie ze sobą ryzyko wzrostu stężenia dwutlenku węgla i wilgotności. Nadmiar  $\text{CO}_2$  powstaje wskutek koncentracji dwutlenku węgla pochodzącego od ludzi i może powodować roztargnienie, złe samopoczucie, a w skrajnych przypadkach zatrucie i utratę przytomności.

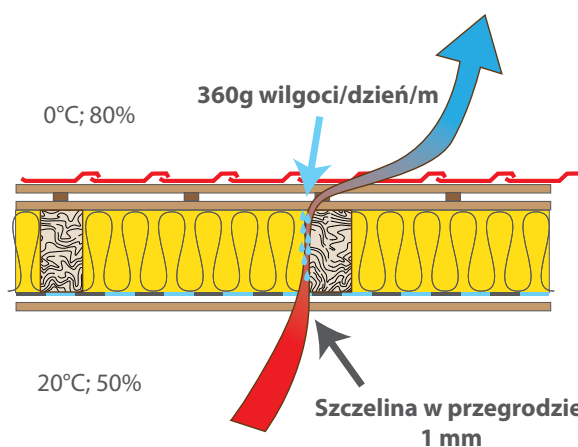
Nadmiar wilgoci może powstać w wyniku kumulacji pary wodnej z prac domowych oraz z wydychanego powietrza. Wilgotność względna utrzymująca się stale powyżej 70% może prowadzić do powstania pleśni.

Dlatego tak ważne jest kompleksowe projektowanie i uwzględnienie wydajności wentylacji przy projektowaniu uszczelnienia budynku, zaś za najzdrowsze uznaje się połączenie sprawnej wentylacji mechanicznej z filtrami hamującymi dostęp szkodliwych substancji do wnętrza budynku oraz wysokiej szczelności przegród.

### 8.3.4. Ochrona budynków i materiałów

Szczelność odgrywa również zasadniczą rolę w konserwacji i utrzymaniu w dobrej kondycji materiałów budowlanych. Nieszczelności mogą być źródłem uszkodzeń w wyniku skraplania się pary wodnej w przegrodzie.

Zjawisko skraplania spowodowane jest mniejszą pojemnością pary wodnej w chłodniejszym gazie. Ciepłe powietrze z wnętrza pomieszczenia eksfiltrując przez nieszczelność, przy odpowiednio niskiej temperaturze zewnętrznej, ochładza się do temperatury punktu rosy, po czym następuje skraplanie pary wodnej w materiale przegrody. Prowadzi to do uszkodzeń materiału, sprzyja rozwojowi pleśni oraz zmniejsza właściwości konstrukcyjne (np. nośność) oraz izolacyjne - co z kolei powoduje dalsze wykraplanie prowadząc niejako do reakcji łańcuchowej, która po pewnym czasie może wywołać poważne zniszczenia w strukturze przegród. Zjawisko wykraplania wilgoci wskutek eksfiltracji przedstawia rysunek 8.4.



Rysunek 8.4 Przykład wykraplania pary wodnej w przegrodzie dachu w wyniku przerwania izolacji paroszczelnej

Rysunek pokazuje, że wystarczy zaledwie 1 mm szczelina, aby przy różnicy temperatur wewnętrznej i zewnętrznej na poziomie 20°C, w przegrodzie skropliło się w ciągu dnia 360 g wody (przy prawidłowej szczelnej izolacji skroplenie w ciągu dnia nie przekracza wartości 1 g).

Aby uzyskać odpowiednią ochronę materiałów budowlanych i zapewnić budynkowi odpowiednią konserwację i długowieczność, należy zadbać o dokładne uszczelnienie obudowy budynku oraz zapewnienie odpowiedniej wentylacji, która usunie nadmiar wilgoci, pochodzący z wydychanego przez domowników powietrza i z użytkowania.

## 8.4. Sposoby podwyższania szczelności powietrznej budynków

Aby budynek był szczelny powietrznie, trzeba zadbać o to zaczynając od projektu aż po wykonanie wszystkich testów. Na etapie projektowania, architekt powinien opracować konstrukcję wszystkich nierzalcznych detali, określić przebieg warstwy paroszczelnej, podać opis montażu izolacji i potrzebnych do jej wykonania materiałów. W trakcie budowy należy na bieżąco kontrolować zgodność wykonywania detali i ciągłości izolacji paroszczelnej, a także

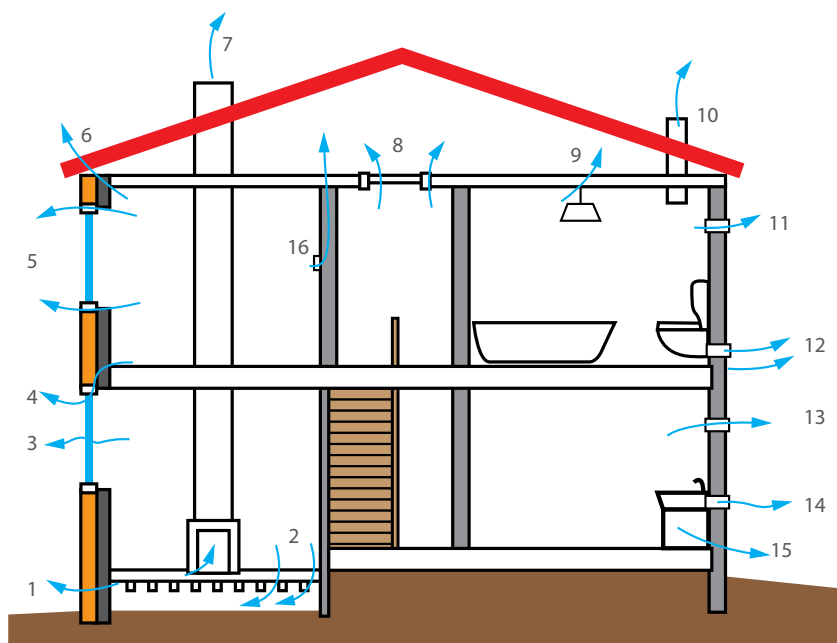
### Czy wiesz, że?

Szczelność musi zostać zapewniona przez jedną szczelną powłokę. Nieszczelności nie powinny być eliminowane poprzez dodanie kolejnej warstwy szczelnej przed lub za warstwą właściwą.

stosowania odpowiednich materiałów. Często trzeba uświadaczać wykonawcom istotę i rolę, jaką pełni dokładnie wykonana szczelna obudowa budynku. Informowanie ich o oczekiwanych testach sprawdzających poprawność wykonania może stanowić dodatkową motywację do zadbania o dbałość wykonania prac. Wszystkie błędy wychodzą na światło dzienne często dopiero na tym etapie - etapie testu szczelności, który służy wykryciu niedokładnie wykonanych detali przed pracami wykończeniowymi. W tym momencie jest jeszcze możliwe naniesienie ewentualnych poprawek.

### 8.4.1. Miejsca występowania nieszczelności

Na rysunku 8.5 przedstawiono najczęstsze miejsca występowania nieszczelności. Rozwiązanie tych



Rysunek 8.5 Typowe miejsca występowania nieszczelności w budynku:

1. Kratki wentylacyjne pod podłogą wentylowaną, 2. Obwód podłogi wentylowanej, 3. Nieszczelne okna, 4. Połączenie stropu ze ścianą zewnętrzną, 5. Obwód okna, 6. Połączenie dachu ze ścianą zewnętrzną, 7. Przewody spalinowe, 8. Obwód wylazu, 9. Przebiecia przez instalacje elektryczne, 10. Przebiecia dachu, 11. Wentylacja łazienki – na obwodzie kratki wentylacyjnej, 12. Przebiecie ściany przez rury, 13. Okap w kuchni, 14. Przebiecia ściany przez przyłącza instalacyjne, 15. Połączenie podłogi na gruncie ze ścianą zewnętrzną, 16. Gniazdka, puszki i włączniki elektryczne.

## Czy wiesz, że?

Liczba gniazdek, włączników i puszek elektrycznych w domu jednorodzinnym może przekraczać setkę. Jeżeli w każdym z tych miejsc powstanie nawet mała nieszczelność, osiągnięcie standardu NF15 może okazać się niemożliwe.

detali wymaga szczególnej uwagi na wszystkich etapach realizacji budynku.

Spotykanymi również problematycznymi ze względu na uzyskanie odpowiedniej szczelności miejscami w konstrukcji budynku są nawiewniki i wywiewniki systemu wentylacji mechanicznej (w przypadku, gdy system wentylacji jest rozprowadzony po nieogrzewanym poddaszu), progi drzwi frontowych, kalenica, czy gniazdka i włączniki elektryczne.

### 8.4.2. Szczelne materiały

Szczelność możemy zapewniać poprzez:

- Szczelne materiały wielkopowierzchniowe,
- Szczelne połączenia w niewralgicznych miejscach narażonych na przenikanie powietrza i na stykach materiałów.

Należy zatem zwrócić szczególną uwagę na wybór materiału, który zastosujemy do zapewnienia szczelności.

**Stosując wymienione w tabeli 8.1 materiały i połączenia paroszczelne, warto pamiętać, że:**

- Warstwa szczelna (izolacja paroszczelna) realizowana jest od strony wewnętrznej budynku,

aby zapobiegać przenikaniu wilgoci do wnętrza przegród,

- Izolacja wiatroszczelna mocowana jest od strony zewnętrznej, aby uniemożliwić niekorzystną penetrację wiatru do wewnątrz przegrody,
- Tynkując ściany uszczelniamy nie tylko fugi zaprawy murarskiej, ale należy także dokładnie zatynkować połączenia konstrukcyjne,
- Do elastycznego i trwałego uszczelniania nie tylko fug, ale też folii na zakład, służy masa uszczelniająca,
- Folie paroszczelne używane są do uszczelniania konstrukcji lekkich,
- Twarde płyty drewniane, OSB, sklejki to materiały do uszczelniania poddasza konstrukcji lekkich,
- Beton jako materiał szczelny nie wymaga paroizolacji, jednak trzeba zapewnić odpowiednie połączenie jego powierzchni z materiałami izolacyjnymi chroniącymi w sąsiedztwie inne powierzchnie,
- Paroszczelne taśmy klejące jednostronne stosuje się do połączeń na zakład arkuszy folii lub betonu z tynkiem (w tym wypadku należy użyć taśmy, która będzie mogła zostać pokryta tynkiem),
- Listwy dociskające, listwy startowe tynkowe używa się do łączenia betonu z tynkiem,
- Siatka podtynkowa stosowana jest przy łączeniu tynku z użyciem folii polietylenowej,
- Łącząc arkusze folii można zastosować między nimi dodatkową dwustronną taśmę wzmacniającą połączenie,
- Łaty dociskowe stanowią wzmocnienie połączeń materiałów paroszczelnych,
- Elastyczne kołnierze uszczelniające stosuje się do uszczelniania przebiegów ścian o stosunkowo dużych średnicach.

Materiały szczelne	Materiały nieszczelne
<ul style="list-style-type: none"><li>• Tynk wewnętrzny na murze</li><li>• Folie paroszczelne</li><li>• Folia zbrojona</li><li>• Twarde płyty drewniane, OSB, sklejki</li><li>• Beton</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mury (fugi - zaprawa murarska)</li><li>• Płyty paździerzowe, supremo, wiórowe</li><li>• Folie perforowane, paroprzepuszczalne</li><li>• Styropian, wełna mineralna</li><li>• Deskowanie, np. na dachu</li></ul>
Połączenia szczelne	Połączenia nieszczelne
<ul style="list-style-type: none"><li>• Połączenie folii taśmą butylowo-kauczukową z dodatkową łatą dociskową</li><li>• Zastosowanie zgodnie z przeznaczeniem rozprężnej taśmy piankowej z łatą dociskową</li><li>• Przebiecia zalane betonem o odpowiedniej konsystencji i zaszpachlowane połączenia elementów betonowych</li><li>• Szczelna taśma akrylowa</li><li>• Dociskowe listwy uszczelniające</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Taśmy pakowe, papierowe</li><li>• Połączenia z betonem o nieodpowiedniej konsystencji</li><li>• Klejenie do nieczyszczonych, nieprzygotowanych elementów konstrukcyjnych</li><li>• Pianka montażowa PU</li><li>• Fugi silikonowe</li></ul>

Tabela 8.1 Materiały oraz połączenia szczelne i nieszczelne powietrznie

Montaż stolarki okiennej i drzwiowej jest jednym z ważniejszych elementów wymagających uszczelnienia, a dokładny opis jego montażu wraz z trójwarstwowym systemem uszczelnień znajduje się w rozdziale 7 Okna. Do uszczelniania połączenia ościeznica-oścież stosuje się najczęściej specjalne paroszczelne taśmy klejące lub listwy dookienne.

## Czy wiesz, że?

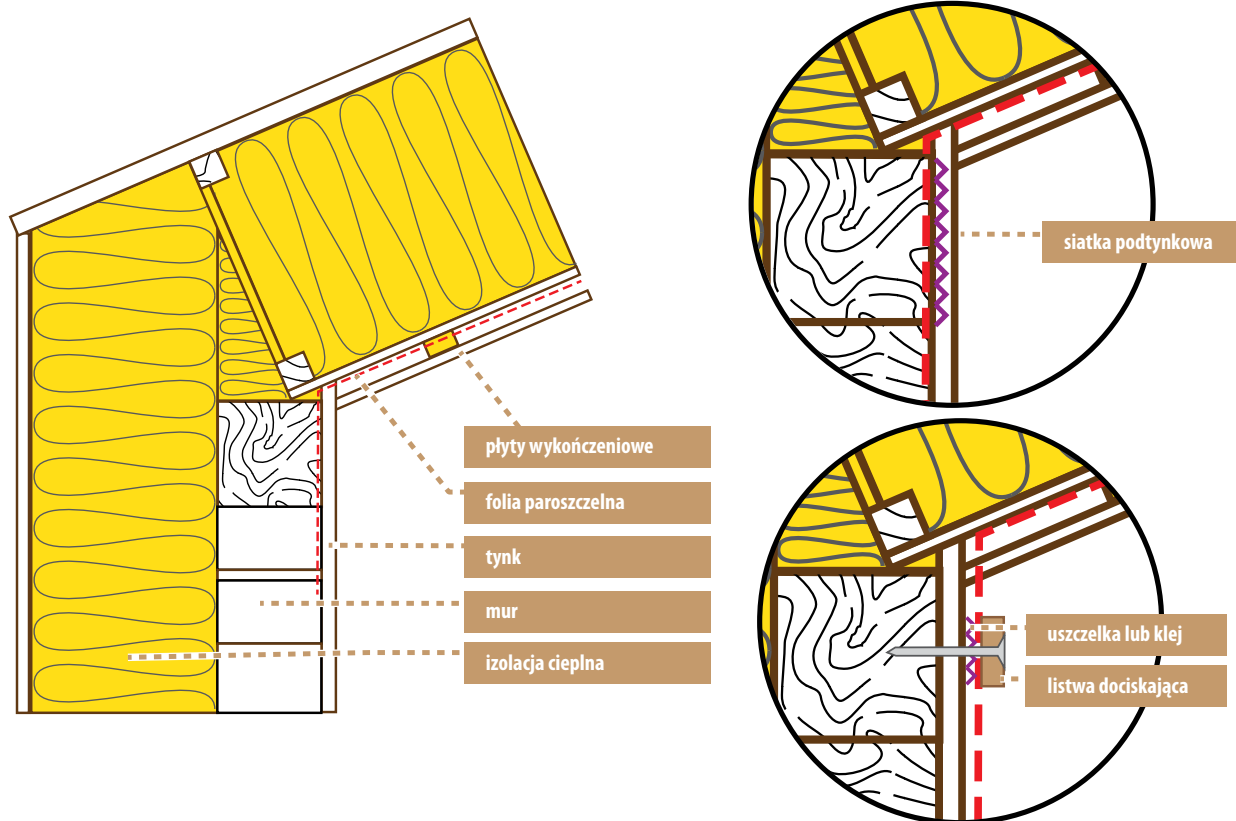
Wielokrotna warstwa materiału nieszczelnego, czyli na przykład zaklejenie połączenia trzema warstwami taśmy pakowej, jest wciąż połączeniem nieszczelnym i nie można go w ten sposób wykonać.

### 8.4.3. Przykładowe sposoby rozwiązania szczelnych detali konstrukcyjnych

Realizacja trwale szczelnych połączeń między warstwami szczelnymi wymaga nie tylko dobrego projektu, ale i szczególnie dużo staranności na etapie wykonawczym. Wiedza wykonawców na temat tego typu zagadnień jest ciągle niewielka. Przed przystąpieniem do budowy warto ich zapoznać z pojęciem szczelności powietrznej oraz metodami jej osiągnięcia.

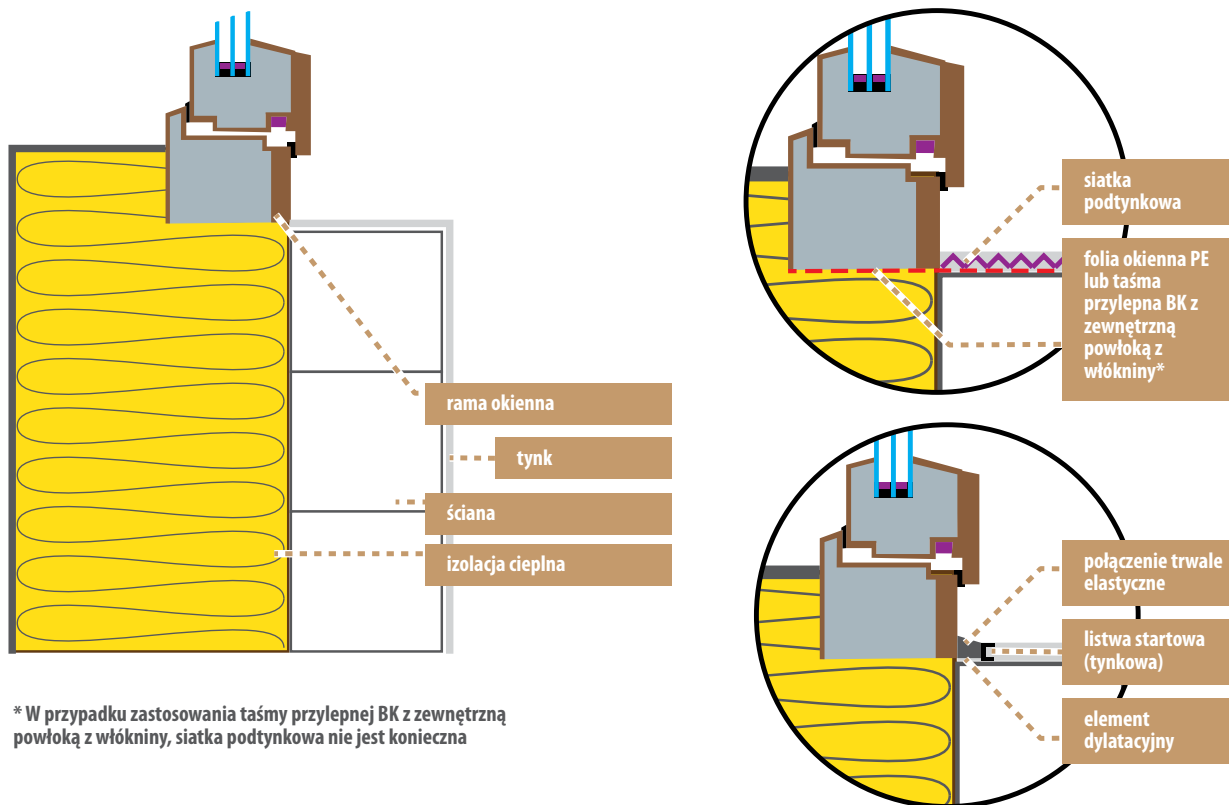
W uproszeniu można wyróżnić cztery następujące główne rodzaje połączeń przegród budowlanych i innych elementów konstrukcyjnych:

- Połączenia dachu z innymi przegrodami i elementami konstrukcyjnymi,
- Połączenia ścian,
- Połączenia ścian ze stropami i podłogami na gruncie,
- Połączenia ścian, stropów, podłóg z oknami lub drzwiami.



Rysunek 8.6 Przykład szczelnego połączenia dach-ściana zewnętrzna (folia paroszczelna-tynk wewnętrzny), źródło: Passivhaus Institut





Rysunek 8.7 Przykład szczelnego połączenia okno-ściana zewnętrzna (rama okienna-tynk wewnętrzny), źródło: Passivhaus Institut

Połączenia te realizowane są z reguły przy wykorzystaniu czterech podstawowych materiałów łącznikowych: folii/membran, tynku wewnętrznego, betonu, płyt drewnopochodnych. Przedstawione dalej przykłady prezentują sposób realizacji trwale szczelnych połączeń wykonanych przy wykorzystaniu tych materiałów. Liczba sposobów realizacji połączeń jest bardzo duża, ważnej jest jednak, aby połączenie:

- Pozostawało trwale szczelne, nie tylko w momencie wykonania, ale i w trakcie wieloletniej eksploatacji,
- Było wykonane w możliwie prosty sposób przy wykorzystaniu powszechnie dostępnych materiałów,
- Było niezbyt kosztowne.



#### 8.4.4. Wizualne sprawdzenie wykonania

Kontrolując samemu postęp prac możemy sprawdzić jakość ich wykonania. Wizualne systematycz-

ne sprawdzanie wykonania detali umożliwia łatwe eliminowanie błędów na ich początkowym etapie. Przedstawione poniżej zdjęcia stanowią wskazówki, co powinno nas zaniepokoić, o czym od razu należy powiadomić wykonawcę robót.



Rysunek 8.8 Nieszczelności spowodowane nieciągłością tynku wewnętrznego przy podejściach instalacji wodnej i kanalizacyjnej oraz nieszczelne drzwi przesuwne



Rysunek 8.9 Nieszczelności spowodowane niedokładnym klejeniem folii paroszczelnych i nieuszczelnionymi przebiciami instalacji

## 8.5. Badania szczelności powietrznej

Próbę szczelności powietrznej wykonuje się, aby uzyskać informacje na temat powłoki zewnętrznej badanego budynku lub jego fragmentu. Badanie pozwala nam zarówno na określenie współczynnika  $n_{50}$  budynku lub jego fragmentu jak i wykrycie ewentualnych nieszczelności i błędów w montażu izolacji paroszczelnej. Wykrycie nieszczelności można zrealizować na kilka sposobów:

- Przy użyciu dłoni – najprostszy i najszybszy sposób do wstępnej oceny ewentualnych nieszczelności. Po przyłożeniu dłoni do badanego obszaru, najlepiej wilgotnej, możemy wyczuć powiew powietrza.
- Poprzez anemometr (wiatromierz) – jest to urządzenie służące do mierzenia prędkości gazów i cieczy, dzięki któremu można szybko i w łatwy sposób wykonywać pomiar pozbawiony odczuć subiektywnych, jednak w praktyce do badania wykorzystuje się najczęściej termoanemometr.
- Z zastosowaniem dymu – sposób ten poprzez zadymienie pomieszczenia ukazuje nieszczelności warstw. Nie daje co prawda precyzyjnych wyników, ale jest czytelny i obrazowo ukazuje niedokładnie wykonane detale.
- Poprzez kamerę termowizyjną – wraz z testem szczelności jest to najbardziej kompleksowe i polecane badanie, ukazujące stan izolacji termicznej i paroszczelnej. Jednak trzeba pamiętać

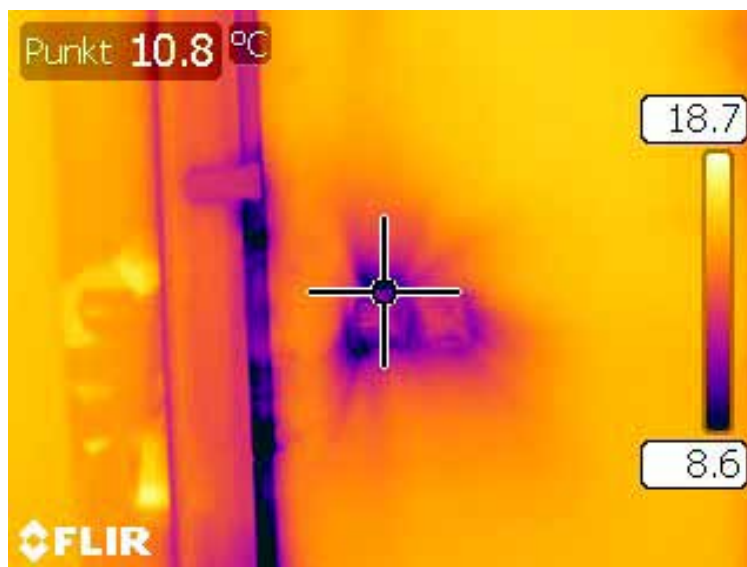
o konieczności łączenia obu badań, gdyż pojedynczo dają niekompletne informacje i wyniki.

Zasada badania polega na wymuszeniu różnicy ciśnień pomiędzy budynkiem a jego otoczeniem poprzez zastosowanie wentylatora tłoczącego określony strumień powietrza. Jest to zjawisko odwrotne do naturalnego zjawiska w przyrodzie, jednak pozwala na otrzymanie wszelkich potrzebnych danych do obliczenia współczynnika  $n_{50}$ . Badanie składa się z dwóch pomiarów przeprowadzonych w podciśnieniu i nadciśnieniu, co pozwala na określenie strumienia powietrza infiltrującego i eksfiltrującego. Wynik jest wartością średnią arytmetyczną z obu pomiarów.

Zestaw pomiarowy składa się z wentylatora, ramy z plandeką, wielofunkcyjnego miernika oraz zestawu przyłączy. Układ montowany jest najczęściej w otworze drzwiowym lub okiennym. Pomiary wykonywane są najczęściej automatycznie przez podpięcie do urządzenia komputera z odpowiednim oprogramowaniem. Na początku wpisujemy potrzebne dane wstępne o wykonawcy i kliencie oraz dane dotyczące badania. Po ich uzupełnieniu program uruchamia wentylator i przystępuje do rysowania wykresu przekieku powietrza wraz z obliczeniem współczynnika  $n_{50}$ .

**Ponadto wyróżniamy dwie metody przeprowadzenia badań:**

- Metoda A (badanie użytkowanego budynku), gdzie stan obudowy budynku powinien odpowiadać stanowi podczas okresu, w którym są



Rysunek 8.10 Wykrywanie nieszczelności – połączenie testu szczelności w podciśnieniu z badaniem termowizyjnym. Nieszczelności – przy włącznikach elektrycznych i dookoła drzwi balkonowych





Rysunek 8.11 Test szczelności z wykorzystaniem drzwi nawiewnych

eksploatowane instalacje ogrzewania lub klimatyzacji,

- Metoda B (badanie obudowy budynku), gdzie wszystkie celowo wykonane otwory w obudowie budynku powinny być zamknięte lub zaślepione. Należy pamiętać, aby podczas badania budynku lub jego części zamknąć wszystkie celowo wykonane otwory (okna, drzwi, otwory przewodów kominowych). Drzwi wewnętrzne powinny być otwarte w celu wyrównania ciśnienia (maksymalna różnica to 10%).

Według wytycznych programu, test szczelności budynku ma być wykonany przy nadciśnieniu i podciśnieniu, metodą B, w budynku niezamieszkałym, a wykonawcą badania może być każdy posiadający odpowiednie oprzyrządowanie. Obszar przygotowany do pomiarów ma obejmować całość powierzchni ogrzewanej, dla której została sporządzona charakterystyka energetyczna, z uwzględnieniem garaży, piwnic i poddaszy, jeśli są ogrzewane. W przypadku budynków wielorodzinnych, powierzchnia ta ma obejmować część, w której znajdują się mieszkania w standardzie NF40 i NF15. Wymagane w programie wartości współczynnika  $n_{50}$  wynoszą:

- Dla standardu NF40 współczynnik  $n_{50} \leq 1,0 \text{ h}^{-1}$ ,
- Dla standardu NF15 współczynnik  $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ .

Test wykonuje się po wykonaniu wszystkich szczelnych powłok i połączeń między nimi oraz przyłączy, przebieg i instalacji. Wszystkie elementy izolujące od części nieogrzewanych, takich jak okna, drzwi czy wyłazy powinny być zamontowane. Jednocześnie dostęp do warstw paroszczelnych musi być możliwy w celu znalezienia i uszczelnienia nieszczelności. W trakcie wykonywania testu obecny musi być weryfikator, oceniający spełnienie wymagań przez budynek, a obecność ta powinna być potwierdzona odpowiednim podpisem na protokole z badania. Po wykonaniu sporządza się raport potwierdzający osiągnięcie określonej szczelności powietrznej, określonej za pomocą współczynnika  $n_{50}$ , zawierający:

- Dane niezbędne do identyfikacji budynku,
- Powołanie się na normę PN-EN 13829 i ewentualne z nią niezgodności,
- Opis obiektu badań,
- Opis aparatury i procedury,
- Dane pomiarowe i wielkości pochodne,
- Datę badania,
- Dane i podpis osoby wykonującej badanie.







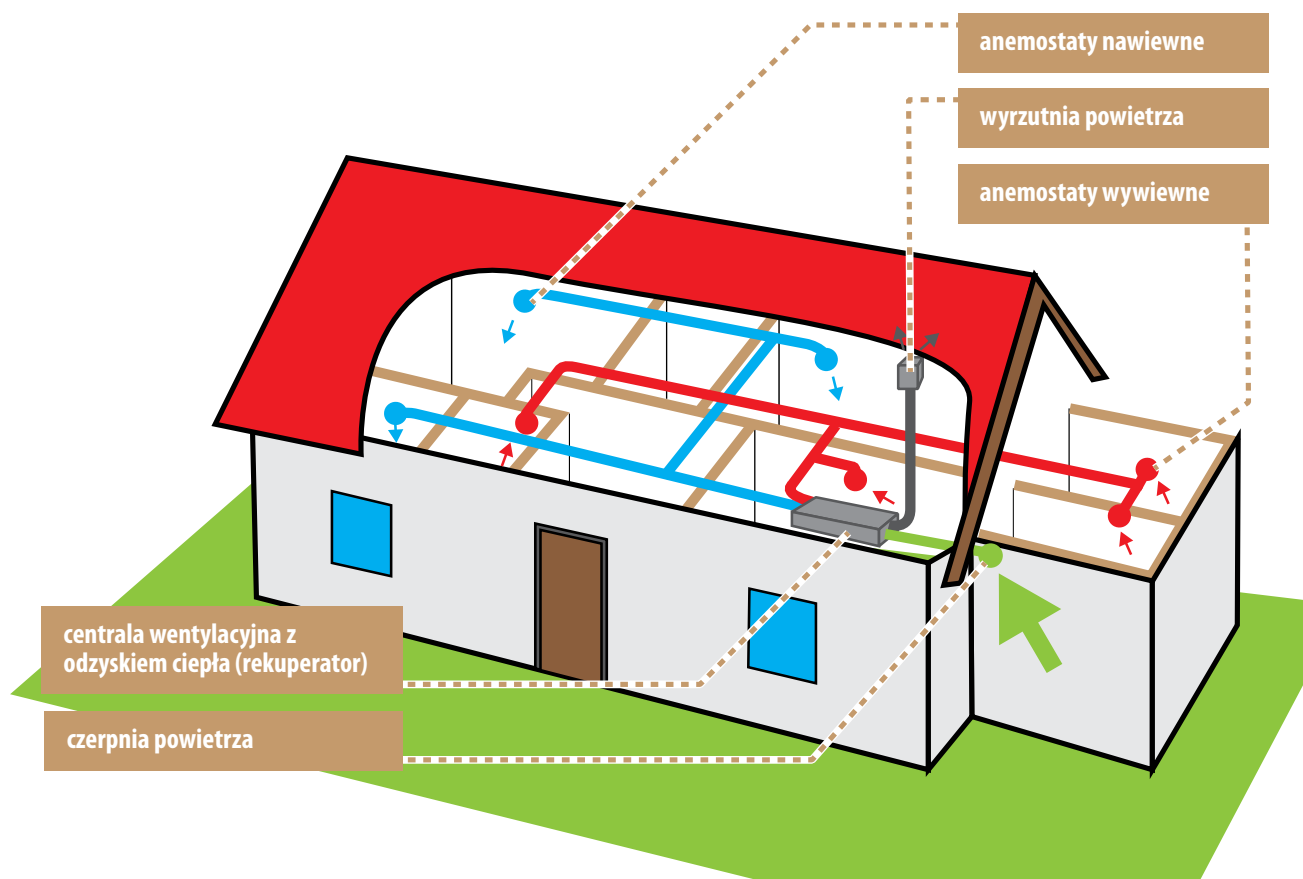
## 9. SYSTEM WENTYLACJI

Standardu energooszczędnego nie da się osiągnąć bez zastosowania mechanicznej wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła. Pozwala ona na znaczne ograniczenie strat ciepła na wentylację i w przeciwieństwie do wentylacji naturalnej jest niezależna do panujących warunków atmosferycznych. Zapewnia tym samym stałe doprowadzanie do budynku świeżego powietrza zewnętrznego i usuwanie zużytego powietrza wewnętrznego. Ma to decydujący wpływ na komfort użytkownika budynku, ponieważ stała wymiana powietrza nie prowadzi do nadmiernego wzrostu stężeń zanieczyszczeń gazowych, takich jak dwutlenek węgla, para wodna, czy zanieczyszczeń mikrobiologicznych, np. zarodników grzybów pleśniowych, oraz zanieczyszczeń pyłowych, np. kurzu. Wysoka koncentracja powyższych zanieczyszczeń jest często obserwowana w budyn-

kach wyposażonych w wentylację naturalną i może prowadzić do powstawania różnego rodzaju chorób.

### Czy wiesz, że?

Zmęczenie, podrażnione błony śluzowe, choroby układu oddechowego czy częste bóle głowy mogą być objawem złej pracy systemu wentylacyjnego. Jeśli przebywając na świeżym powietrzu nie dokuczają Ci takie objawy, jest to sygnał, że mieszkańcy mogą doświadczać także wieloczynnikowej nadwrażliwości chemicznej czy zespołu przewlekłego zmęczenia, które można zaobserwować jako drażliwość, depresję czy osłabienia.



Rysunek 9.1 Schemat wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła

## 9.1. Wymagania dotyczące instalacji wentylacyjnych w budynkach NF40 i NF15

Efektywność instalacji wentylacji ma kluczowe znaczenie dla jakości powietrza wewnętrznego i ilości zużywanej energii. W budynkach bez tradycyjnej instalacji c.o. tylko instalacja wentylacyjna ma bezpośredni wpływ na wielkość uzyskanego wskaźnika rocznego jednostkowego zapotrzebowania na energię użytkową do celów ogrzewania i wentylacji EUco. W celu ograniczenia zużycia energii na podgrzanie powietrza nawiewanego w budynkach stosuje się systemy wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła. Efektywność energetyczna instalacji zależy w największym stopniu od sprawności odzysku ciepła z powietrza wywiewanego i ilości energii elektrycznej zużywanej przez centralę. Podane wymagania w tym zakresie są wysokie, ale gwarantują, że uzyskane oszczędności w zużyciu energii do ogrzewania będą większe niż koszty pracy centrali wentylacyjnej. Wymagana sprawność odzysku ciepła powinna być uzyskana przez centralę dla zrównoważonych strumieni powietrza nawiewanego i usuwanego, przynajmniej w jednym z zakresów pomiarowych zgodnie z normą PN-EN 308 „Wymien-

niki ciepła. Procedury badawcze wyznaczania wydajności urządzeń do odzyskiwania ciepła w układzie powietrze-powietrze i powietrze-gazy spalinowe.” Straty ciepła w systemie wentylacji mogą być spowodowane brakiem izolacji na kanałach wentylacyjnych. Podane w wymaganiach grubości izolacji są duże i dotyczą kanałów zimnych biegnących w części ogrzewanej lub ciepłych biegnących w części nieogrzewanej, np. kanał doprowadzający powietrze zewnętrzne do centrali i kanał usuwający powietrze na zewnątrz za centralą zlokalizowane w części ogrzewanej. Wymagane grubości warstwy izolacji muszą być uwzględnione na etapie projektowania wysokości kondygnacji i wielkości szachów wentylacyjnych.

Ograniczenie dotyczące zużycia energii elektrycznej podano w postaci „Maksymalnej wartości współczynnika poboru mocy elektrycznej,  $W/(m^3/h)$ ” i „Maksymalnej wartości współczynnika nakładu energii elektrycznej,  $Wh/m^3$ ”. Pierwsza z wartości odnosi się do maksymalnej dopuszczalnej mocy wentylatorów zainstalowanych w układzie wentylacji z odzyskiem ciepła, druga z wartości odnosi się do maksymalnego zużycia energii na „przepompownie” w układzie jednostki objętości powietrza. Różnica pomiędzy wielkościami jest subtelna i na pozór mało znacząca, jakkolwiek ma zwrócić uwagę projektantów na konieczność zachowania dbałości przy do-

Wymaganie	NF15	NF40	NF15	NF40
	Budynek jednorodzinny		Budynek wielorodzinny	
<b>Układy wentylacji mechanicznej nawiewno - wywiewnej z odzyskiem ciepła</b>				
Minimalna sprawność odzysku ciepła I, II i III strefa klimatyczna	≥ 90%	≥ 85%	≥ 80%	≥ 70%
Minimalna sprawność odzysku ciepła IV i V strefa klimatyczna	≥ 93% lub ≥ 90% +GWC	≥ 85%	≥ 90%	≥ 80%
Maksymalna wartość współczynnika poboru mocy elektrycznej, W/(m <sup>3</sup> /h)	≤ 0,40	≤ 0,50	≤ 0,40	≤ 0,50
Maksymalna wartość współczynnika nakładu energii elektrycznej, Wh/m <sup>3</sup>	≤ 0,40	≤ 0,50	≤ 0,40	≤ 0,50
<b>Minimalna grubość izolacji przewodów dla materiału o współczynniku przewodzenia ciepła λ = 0,04 W/mK:</b>				
<b>Dla temperatury otoczenia przewodu wentylacyjnego &gt; 10°C:</b>				
Przewód czerpny i wyrzutowy, cm	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10
Przewód nawiewny i wywiewny, cm	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3
<b>Dla temperatury otoczenia przewodu wentylacyjnego &lt; 10°C:</b>				
Przewód czerpny i wyrzutowy, cm	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3
Przewód nawiewny i wywiewny, cm	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10
Minimalna klasa sprawności zastosowanych napędów elektrycznych niezintegrowanych z innymi urządzeniami (pompami, wentylatorami) w instalacjach i układach wentylacji spełnia wymagania dotyczące ekoprojektu	IE3	IE2	IE3	IE2
Minimalna klasa energetyczna wentylatorów spełnia wymagania dotyczące ekoprojektu	Zgodnie z rozporządzeniem	Zgodnie z rozporządzeniem	Zgodnie z rozporządzeniem	Zgodnie z rozporządzeniem
Automatyka sterująca, współpracująca z ISD w zakresie 60/100/150% wydajności, wyłączenia/włączenia centrali oraz przejścia w tryb letni, sterowanie czasowe	TAK	TAK	TAK	TAK

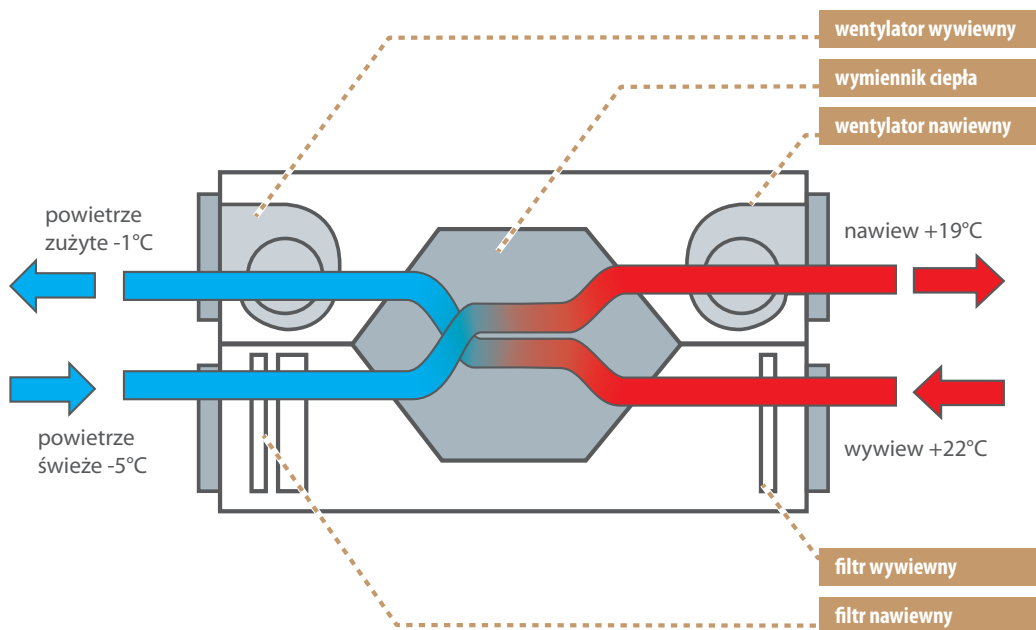
Tabela 9.1 Wymagania obligatoryjne dla instalacji wentylacji w budynkach NF15 i NF40

borze wielkości urządzeń. Druga z wielkości ma za zadanie zwrócić uwagę na uważny dobór wielkości i rodzajów kanałów oraz elementów składających się na system rozprowadzenia powietrza w budynku w celu minimalizacji/optimalizacji oporów przepływu powietrza i związanego z tym wydatku energetycznego. Podane wymagania dotyczą również minimalnej klasy sprawności napędów elektrycznych. Sprawność silników na potrzeby porównania z wymaganiami IE powinna być wyznaczana zgodnie z normą IEC 60034-2-1 „Rotating electrical machines – Part 2-1: Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding for traction vehicles)” z 2007 roku.

Zastosowana w budynkach energooszczędnych centrala wentylacyjna powinna być wyposażona w układ automatyki regulacyjnej umożliwiający do-

stosowanie wydajności wentylacji do aktualnych potrzeb. Sterowanie centralą realizowane jest przy pomocy panelu znajdującego się w strefie mieszkalnej.

W przypadku budynków NF40 dopuszczone są pewne odstępstwa od podanych wymagań. Zgodnie z podaną informacją dopuszcza się w przypadku budynku NF 40 zastosowanie w zakresie wentylacji rozwiązań równoważnych do referencyjnego z wentylacją mechaniczną nawiewno – wywiewną z odzyskiem ciepła (zgodnie z wymaganiami określonymi w tabeli 9.1), o ile dla rozwiązań tych łączne zapotrzebowanie energii na potrzeby podgrzania powietrza wentylacyjnego i energii elektrycznej na napędy urządzeń pomocniczych (wentylatory, grzałki, automatyka itp.) będzie nie większe niż w rozwiązaniu referencyjnym, czyli dla wentylacji mechanicznej nawiewno – wywiewnej z odzyskiem ciepła.



Rysunek 9.2 Schemat rekuperatora z wymiennikiem przeciwbieżnym

W referencyjnym harmonogramie użytkowania nie można zakładać zmniejszenia poniżej 65% obliczeniowego strumienia powietrza wentylacyjnego zgodnie z obowiązującymi przepisami. Zapis ten otwiera drogę rozwiązaniom, w których oszczędności w zużyciu energii uzyskuje się głównie dzięki okresowemu zmniejszeniu intensywności systemu wentylacji. Zastosowanie takiego rozwiązania nie zwalnia jednak z konieczności osiągnięcia wskaźnika  $EU_{co} \leq 40 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$ . Dodatkowe zalecenia dotyczące instalacji wentylacji podano w podręczniku dobrych praktyk. Znajdziemy tam zalecenia stosowania tłumików w celu ochrony przed hałasem, kanałów sztywnych i inne. Po zakończeniu prac nad system wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła, wykonawca sporządza protokół wyregulowania instalacji. Celem spisania protokołu jest potwierdzenie uzyskania projektowanych strumieni powietrza wentylacyjnego.

### Czy wiesz, że?

Jeśli jesteś alergikiem, montując w kanałach wentylacyjnych specjalne filtry, możesz zatrzymać zanieczyszczenia dostające się do budynku.

## 9.2. Centrala wentylacyjna z odzyskiem ciepła

Głównym elementem instalacji wentylacyjnej budynku niskoenergetycznego jest nawiewno-wywiewna centrala wentylacyjna z odzyskiem ciepła. Dostępne na rynku centrale pozwalają na odzyskanie z usuwanego powietrza od 65 do 95% ciepła. Zapewniają jednocześnie szczelne oddzielenie strumienia powietrza usuwanego od nawiewanego, zużywają niewiele energii elektrycznej i charakteryzują się cichą pracą. Centrale stosowane w budynkach energooszczędnych powinny charakteryzować się sprawnością odzysku ciepła  $\eta \geq 70\%$ . Pozostałe parametry techniczne, takie jak wymagany spręż dyspozycyjny oraz wydatek, określa się na podstawie punktu pracy instalacji. Wymagany strumień powietrza wentylacyjnego wyznacza się według normy PN B 03430: 1983 „Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użytecz-

### Czy wiesz, że?

Wybrana centrala wentylacyjna będzie służyła ci nawet przez kilkadziesiąt lat. Dokonując wyboru, pamiętaj o uwzględnieniu nie tylko kosztów zakupu, ale i dostępności serwisu, części zamiennych, czy też kosztach wymiany filtrów. Uwzględnij gwarancję udzielaną przez producenta oraz doświadczenia innych użytkowników.



ności publicznej – Wymagania”. Całkowitą stratę ciśnienia oblicza się na podstawie projektu instalacji wentylacyjnej z uwzględnieniem strat w gruntowym wymienniku ciepła. Ze względu na ewentualne nie szczelności układu oraz niedokładność oszacowania strat ciśnienia zaleca się podwyższenie obu wielkości przeciętnie o 5 do 10%. Uzyskany punkt pracy nanosi się na wykres charakterystyk pracy wymiennika, co pozwala na wyznaczenie wymaganej prędkości obrotowej wentylatorów i zapotrzebowania na moc elektryczną.

Oprócz zapewnienia odpowiedniego strumienia powietrza wentylacyjnego i sprężu, centrala wentylacyjna powinna posiadać możliwość okresowego zmniejszania i zwiększania wydatku oraz obejście wymiennika ciepła w okresie lata. Zalecany zakres regulacji to 60/100/150% projektowanego strumienia powietrza wentylacyjnego. Zgodnie z zaleceniami normy PN-B-03430: 1983, wentylacja mechaniczna powinna działać w sposób ciągły przez całą dobę. Przez maksymalnie 8 godzin na dobę minimalne strumienie powietrza wywiewanego mogą być zredukowane do 60%. Wpływa to korzystnie na zmniejszenie strat ciepła na wentylację, nie prowadzi do nadmiernego spadku wilgotności w pomieszczeniach i nie pogarsza jakości środowiska wewnętrznego w budynku.

### 9.3. Gruntowy wymiennik ciepła

Jednym z elementów systemu wentylacji budynku energooszczędnego może być gruntowy wymiennik ciepła. Wykorzystuje on zakumulowane w gruncie ciepło do podgrzania w zimie powietrza zewnętrznego do temperatury około 0°C. Latem przepływające przez gruntowy wymiennik ciepła powietrze jest chłodzone o 10 do 15 K, co daje efekt zbliżony do instalacji klimatyzacyjnej. W najprostszym wykonaniu rolę wymiennika pełni rura z tworzywa sztucznego

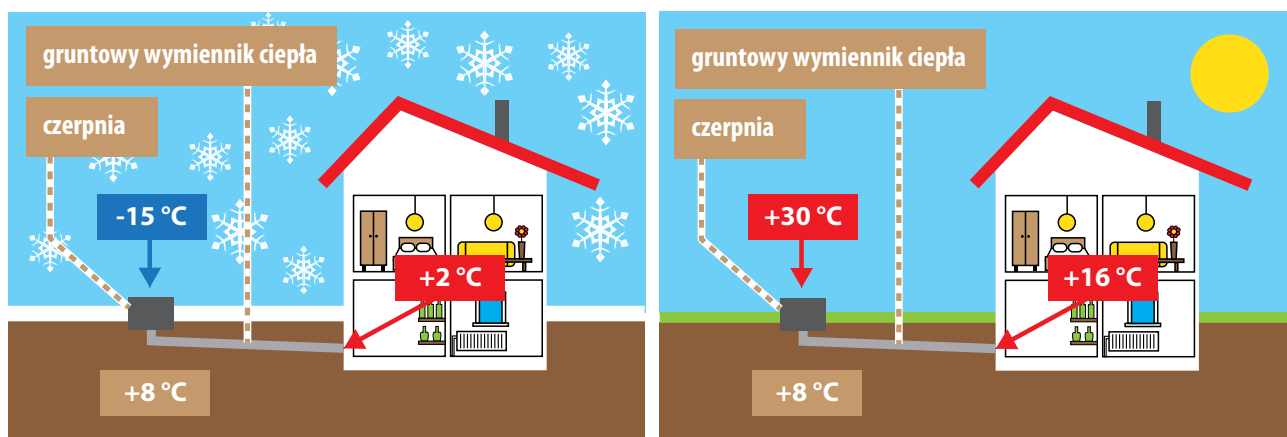
o średnicy 150÷200 mm, długości 30÷50 m, ułożona na głębokości 1,5÷2 m pod powierzchnią gruntu.

Zastosowanie GWC nie tylko zmniejsza zapotrzebowanie na ciepło, ale jest również bardzo istotne dla prawidłowego działania instalacji wentylacyjnej. Głównym elementem systemu wentylacji jest centrala nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła. Efektywność jej pracy zależy w znacznym stopniu od temperatury powietrza zewnętrznego. Jeżeli spadnie ona poniżej  $-3^{\circ}\text{C}$ , może dojść do zamarzania skroplin na powierzchni wymiennika ciepła, a w konsekwencji do jego zniszczenia. Aby temu zapobiec, centrale wentylacyjne wyposaża się w układy antyoblodzeniowe. Do najczęściej wykorzystywanych rozwiązań należy zaliczyć nagrzewnice wstępne i cykliczne wyłączanie wentylatora nawiewu. Oba systemy są niekorzystne z punktu widzenia efektywności pracy instalacji wentylacyjnej. Pierwszy z nich wpływa na zwiększenie zużycia energii (najczęściej elektrycznej), co znacznie podnosi koszty eksploatacji centrali wentylacyjnej. Drugi natomiast powoduje, że przez pewien czas (z uwagi na działanie tylko wentylatora wywiewu) w domu panuje podciśnienie. Zgodnie z zaleceniami normy PN-B-03430: 1983, jest to niedopuszczalne w budynkach posiadających paleniska z otwartą komorą spalania, takie jak kotły grzewcze, piece lub kominki. Wystąpienie podciśnienia może doprowadzić bowiem do zasysania produktów spalania do wnętrza budynku.

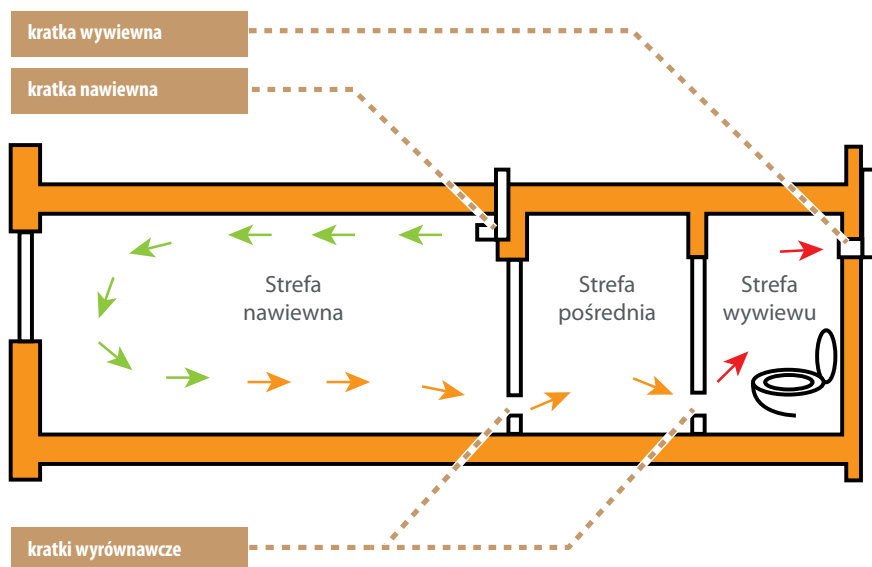
Rozwiązaniem, które nie ma tych wad i zabezpiecza centralę wentylacyjną przed szronieniem, są gruntowe wymienniki ciepła lub indywidualny dobór sprawności centrali wentylacyjnej.

### 9.4. Rozdział powietrza

Przepływ powietrza w budynku energooszczędnym ma charakter ukierunkowany. Świeże powietrze zostaje doprowadzone bezpośrednio do sypialni,



Rysunek 9.3 Zasada działania GWC: wstępne podgrzewanie zimą i chłodzenie latem



Rysunek 9.4 Schemat ukierunkowanego przepływu powietrza w budynku

## Czy wiesz, że?

Aby zapewnić przepływ strumienia powietrza wynoszący co najmniej  $40 \text{ m}^3/\text{h}$  wystarczy już 2-centymetrowa szczelina w lub pod drzwiami czy w nadprożu ramy drzwiowe.

pokojów dziennych, pokojów gościnnych itp. W pomieszczeniach tych powinien być co najmniej jeden nawiewnik. Zanieczyszczone powietrze usuwane jest z kuchni i łazienek, gdzie umieszczone są wywiewniki. Pozwala to na zapewnienie w budynku ukierunkowanego przepływu powietrza. Świeże powietrze dociera najpierw do głównych pomieszczeń mieszkalnych. Przepływa następnie przez strefę pośrednią do pomieszczeń wilgotnych, w których panuje relatywnie wysoka krotność wymian, co umożliwia np. szybkie wysychanie mokrych ręczników. Dzięki zasadzie ukierunkowanego przepływu świeże powietrze zostaje wykorzystane w optymalny sposób. Nie będzie to jednak możliwe w przypadku szczelnego oddzielenia od siebie poszczególnych pomieszczeń w budynku, dlatego pod wszystkim drzwiami muszą być szczeliny o wysokości 2 cm (powierzchnia minimalna  $80 \text{ cm}^2$ ), natomiast w drzwiach do łazienek i WC otwory wyrównawcze o powierzchni  $220 \text{ cm}^2$ .

## 9.5. Szczegółowe rozwiązania systemu wentylacji

Zastosowanie w budynku mechanicznej wentylacji nawiewno-wywiewnej wymusza szczegółowe

rozwiązania wentylacji newralgicznych pomieszczeń, takich jak: kotłownia, pokój dzienny z kominkiem i kuchnia. Wszystkie te miejsca ze względu na swą specyfikę mają inne wymagania niż pozostała część budynku. Kotłownia to pomieszczenie, które w przypadku montażu kotła z otwartą komorą spalania musi być wyposażone w przewody: spalinowy, naturalnej wentylacji wywiewnej i doprowadzający powietrze do procesu spalania. Wielkość i umiejscowienie poszczególnych przewodów zależą od mocy kotła i rodzaju spalanego paliwa. W domu niskoenergetycznym z uwagi na wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła powinno się dążyć do ograniczenia niekontrolowanej infiltracji powietrza zewnętrznego poprzez minimalizację liczby otworów w obudowie budynku. Dlatego zamiast kotłów z otwartą komorą spalania zaleca się stosowanie kotłów z zamkniętą komorą spalania, np. kondensacyjnych. Wyposażone są one w system rura w rurze, który pozwala na pobieranie powietrza do procesu spalania bezpośrednio z zewnątrz, a nie z pomieszczenia. Dzięki temu nie ma potrzeby wykonywania kanału nawiewnego, a proces spalania odbywa się w sposób niezależny. Zmniejsza się tym samym strumień powietrza zewnętrznego doprowadzanego do budynku z pominięciem systemu wentylacji mechanicznej, redukując się straty ciepła na wentylację i straty ciepła spowodowane wychłodzeniem kotła oraz zasobnika c.w.u.

Oddzielnego potraktowania w budynku energooszczędnym wymaga również kwestia montażu i bezpiecznej eksploatacji kominka. W domach tradycyjnych kominki pobierają powietrze do procesu spalania z pomieszczenia, dlatego w czasie ich użytkowania dochodzi do zwiększenia strumienia powietrza zewnętrznego, napływającego do bu-

dynku. W przypadku wadliwie działającej wentylacji naturalnej może dojść nawet do odwrócenia ciągu w przewodach wywiewnych, co jest zjawiskiem bardzo niebezpiecznym. Zwiększenie strumienia powietrza wentylacyjnego prowadzi również do powstania dodatkowych strat ciepła. Aby ich uniknąć, a jednocześnie nie dopuścić do zakłócenia pracy systemu wentylacji w domu niskoenergetycznym, należy stosować kominki z zamkniętą komorą spalania. Kominków takich nie należy jednak mylić z typowymi kominkami wyposażonymi w szybę żaroodporną. Kominki z zamkniętą komorą spalania posiadają niezależne doprowadzenie powietrza do paleniska, które odbywa się najczęściej za pośrednictwem przewodu zlokalizowanego pod budynkiem. Dzięki temu nie dochodzi do zakłócenia pracy wentylacji mechanicznej oraz zwiększenia niekontrolowanej infiltracji powietrza zewnętrznego.

Kolejnym pomieszczeniem, które ze względu na swoją funkcję wymaga oddzielnego potraktowania, jest kuchnia. W czasie przygotowywania posiłków powstają znaczne ilości zanieczyszczeń, które nie powinny: po pierwsze, przedostawać się do pozostałej części budynku, a po drugie, prowadzić do zanieczyszczenia kanałów wentylacyjnych. Dlatego w kuchni należy zastosować dodatkowy system filtracji powietrza. Składa się on z okapu umieszczonego nad miejscem gotowania posiłków i filtru przed kratką wywiewną. Okap nie jest podłączony do systemu wentylacji mechanicznej ani wentylacji naturalnej. Jego zadaniem jest pochłanianie powstających zanieczyszczeń i zapachów. Oczyszczone wstępnie powietrze podawane jest do pomieszczenia, skąd jest

wywiewane przez kratkę wentylacji mechanicznej. Kratka ta powinna być dodatkowo zabezpieczona filtrem przeciwtłuszczowym zamontowanym w kratce lub przed nią.

## 9.6. Rozwiązania systemu wentylacji w budynkach wielorodzinnych

System wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła można zrealizować w różny sposób. W budynkach mieszkalnych jednorodzinnych stosuje się najczęściej system indywidualny – każdy dom jest wyposażony w swoją własną centralę wentylacyjną z odzyskiem ciepła. W budynkach wielorodzinnych mechaniczną wentylację nawiewno-wywiewną można wykonać w następujący sposób:

### System indywidualny

- każde mieszkanie posiada własną centralę wentylacyjną.

### System centralny

- za obróbkę powietrza odpowiada jedna centrala wentylacyjna, powietrze rozdzielane jest do mieszkań, regulacja indywidualna odbywa się za pomocą przepustnic,
- za obróbkę powietrza odpowiada jedna centrala wentylacyjna, tylko centralna regulacja wydajności centrali,



Rysunek 9.5 Centralny system wentylacji nawiewno-wywiewnej. Widoczne po lewej: tłumiki oraz przepustnice regulacji indywidualnej, po prawej: centrala wentylacyjna





Rysunek 9.6 Indywidualny system wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła. Widoczne po lewej: rekuperator z przyłączeniami po prawej: system kanałów z tłumikami

- centralny wymiennik ciepła, wydajność wentylacji regulowana indywidualnie za pomocą wentylatorów w mieszkaniach pokrywających straty ciśnienia w całej instalacji,
- za obróbkę powietrza odpowiada jedna centrala wentylacyjna, indywidualna regulacja za pomocą wentylatorów mieszkaniowych pokrywających straty ciśnienia w instalacji mieszkaniowej.

Doświadczenia z istniejących wielorodzinnych budynków energooszczędnych wskazują, że dużo lepiej sprawdza się zastosowanie systemu indywidualnego – każde mieszkanie posiada własną centralę wentylacyjną. Rozwiązanie takie umożliwia niezależną pracę poszczególnych urządzeń, a także dostosowanie trybu oraz wydajności wentylacji do oczekiwań mieszkańców.

## 9.7. Praca w trybie letnim

Praca centrali w trybie letnim musi chronić budynek przed przegrzewaniem. Największym błędem jest stosowanie cały czas odzysku ciepła, również w okresie lata w sytuacji, gdy temperatura powietrza wewnątrz jest większa od temperatury na zewnątrz. Powietrze nawiewane ogrzewa się i nie można wychłodzić budynku. Aby temu zapobiec centrala musi być wyposażona w bypass lub wkład letni. Najlepszym rozwiązaniem jest automatyka sterująca pozwalająca na zwiększanie wydajności wentylacji w okresach, gdy powietrze zewnętrzne można wykorzystać do jego ochłodzenia. Inna możliwość to wykorzysta-

### Czy wiesz, że?

Czerpnie systemów wentylacji mechanicznej powinny być umiejscowione w zacienionych miejscach, aby podczas lata powietrze dodatkowo się nie nagrzewało.

nie przewietrzania nocnego do ochłodzenia budynku lub gruntowego wymiennika ciepła do obniżenia temperatury powietrza nawiewanego.

Proponowany schemat pracy centrali wentylacyjnej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła w okresie lata zapobiegający przegrzewaniu budynku:

- W przypadku, gdy temperatura powietrza usuwanego z budynku przed centralą jest wyższa od 22°C i jednocześnie wyższa od temperatury powietrza zewnętrznego, sprawność odzysku ciepła wynosi 0% (powietrze nawiewane do budynku płynie przez bypass), a strumień objętościowy powietrza nawiewanego i usuwanego z budynku zostaje zwiększony o 150%.
- W pozostałych przypadkach (temperatura powietrza zewnętrznego wyższa od temperatury powietrza usuwanego) system wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej działa z odzyskiem ciepła, a wielkość strumienia powietrza nawiewanego i usuwanego jest zmniejszona do 60%.





# Jak uniknąć kłopotów z wykonaniem instalacji wentylacyjnej z odzyskiem ciepła

Iwona Stachurska, ekspert firmy Rekuperatory.pl

Aby uniknąć kłopotów związanych z nieprawidłowym zaprojektowaniem i wykonaniem instalacji wentylacyjnej z odzyskiem ciepła, zadbać należy o dwie najważniejsze sprawy. Pierwszą z nich jest niewątpliwie dobrze wykonany, oparty na rzetelnych wyliczeniach, projekt systemu. Drugą – znalezienie takiej firmy instalacyjnej, która zapewni zgodne z projektem wykonawstwo. Najczęściej gwarancję taką daje wykonanie i projektu, i usługi w jednej firmie, która weźmie odpowiedzialność za całościowe funkcjonowanie instalacji i da na to długą gwarancję.

Do działu serwisu Rekuperatory.pl często trafiają inwestorzy, którzy, mimo że zakupili prawidłowo wykonany projekt rekuperacji, mają wątpliwości, czy wybrany przez nich instalator wykonał system zgodnie z projektem. Często, by zaoszczędzić i wykazać się przed inwestorem niższą ceną, instalatorzy zmieniają wytyczne. Do najczęściej stosowanych przez nich zabiegów należą:

- **Zastosowanie tańszego rekuperatora o gorszych parametrach** technicznych niż zaprojektowano: rekuperatora o mniejszej wydajności, mniejszym sprzężu, z innymi wentylatorami, o większym zużyciu prądu – to może postawić pod znakiem zapytania sens działania całego systemu, zarówno generowanych dzięki rekuperatorowi oszczędności, jak i wytworzenia w domu komfortu powietrznego,

- **Zastosowanie mniejszych lub większych średnic przekrojów kanałów**, zamiast określonych w projekcie, co powodować może nie tylko niepotrzebne straty temperaturowe na instalacji (przy zbyt wolnym przepływie powietrza), ale i problemy z regulacją systemu,

- **Całkowity brak lub oszczędność na izolacji kanałów:** kanały metalowe powinny być izolowane również wtedy, gdy ich trasa przebiega w strefach izolowanych: dla instalatora rezygnacja z izolacji oznacza znaczne oszczędności, dla inwestora stawia pod znakiem zapytania sensowność montażu całego systemu; ma to duże znaczenie dla każdego domu, a szczególnie duże dla domów energooszczędnych (poniżej 30 EUco i niżej), pasywnych oraz dla obydwu tych domów, które powstają w standardach NF40 i NF15 określonych przez rządowy program dopłat NFOŚiGW,

- **Wykonanie instalacji** – zamiast na zaprojektowanych w dokumentacji kanałach metalowych lub nowoczesnych kanałach z tworzywa PE, na starego typu miękkich przewodach: nietrwałych, narażonych na duże ryzyko uszkodzenia, nie dających się wyczyścić. Zdarza się często, że instalator stosuje tanie zamienniki tylko w części wykonanej z PE, a nawet takie, które nie są nawet przeznaczone do stosowania w wentylacji,

- **Niedokładne wykonanie całej instalacji**, np. brak stabilizacji kanałów lub ich nieszczelne połączenia, co grozić może nawiewaniem drobinek wełny mineralnej do pomieszczeń lub wykraplaniem się wody,

- **Zmiana trasy prowadzenia kanałów** w celu zaoszczędzenia na ilości kanałów i kształtek wentylacyjnych, np. kolan, trójników, etc.

- wykonanie mniejszej ilości punktów nawiewnych i wywiewnych niż zostało to zaprojektowane,

- umieszczenie punktów nawiewnych i wywiewnych bliżej drzwi przy zastosowaniu zupełnie nieprzeznaczonych do tego elementów nawiewnych, co ma ogromny wpływ na prawidłowy obieg powietrza i prawidłowe zwentylowanie pomieszczeń, pozwala jednak na znaczną oszczędność na materiale,

- **Brak wyregulowania całego systemu po zakończeniu montażu:** najczęściej z uwagi na brak dostatecznej wiedzy, brak odpowiedniego sprzętu (np. anemometru z tubą, który pozwala z dużą dokładnością sprawdzić ilości przepływającego powietrza).

- **Brak wykonania specjalnych otworów rewizyjnych** niezbędnych do późniejszego wyczyszczenia instalacji.

Powyższe niedociągnięcia zdarzają się na budowach bardzo często. Czym grożą? Ogólnie rzecz ujmując: upośledzeniem pracy całego systemu.

Dobranie np. urządzenia o mniejszej niż zaprojektowana dla danego domu wydajności oznacza kompletny brak komfortu klimatycznego, gdyż urządzenie mniejsze nie da rady po prostu efektywnie i cicho wentylować domu o określonej wielkości. Może to być szczególnie dotkliwie w sytu-



acjach, kiedy trzeba szybko przewietrzyć pomieszczenia na wyższym biegu, np. w czasie wizyty gości, przy gotowaniu aromatycznych posiłków czy po kąpieli.

Brak ciągłości izolacji na kanałach może powodować skraplanie się w nich pary wodnej, zmiana trasy prowadzenia kanałów może mieć znaczny wpływ na ilości dostarczanego powietrza. Brak wyregulowania instalacji zaś stawia pod ogromnym znakiem zapytania komfort klimatyczny w wentylowanych pomieszczeniach lub wręcz niewłaściwe zbilansowanie układu i znaczne obniżenie sprawności systemu. Ten ostatni błąd na szczęście - w przeciwieństwie do pozostałych - można szybko naprawić.

Zastosowanie kanałów o innych niż zostały zaprojektowane przekrojach grozi hałasem lub spadkiem temperatury na instalacji (a więc całej sprawności systemu) w miesiącach zimowych, kiedy system powinien mieć największe zyski. Prędkość przepływów powietrza w kanałach powinna być idealnie dobrana: ani zbyt wysoka, ani zbyt niska. Każdy fragment instalacji ma różne dopuszczalne prędkości przepływów powietrza, które należy uwzględnić.

Reasumując: warto mieć pewność, że wykonanie systemu rekuperacji powierzyło się godnej tego firmie instalacyjnej z zapleczem inżynierskim. Opłaca się postawić na doświadczoną ekipę wykonawczą i wybrać taką, co do której będziemy mieć pewność rzetelnego wykonania każdego z punktów projektowych. W przypadku, gdy inwestor porównuje oferty konkurencyjnych firm, warto także dowiedzieć się, co kryje się pod dużo niższą kwotą za usługę, bo pieniądze te mogą się okazać całkowicie wyrzucone w błoto.

## 10. SYSTEM OGRZEWANIA

System ogrzewczy w budynkach energooszczędnych nie różni się w zasadniczy sposób od instalacji tradycyjnych. Jednak z uwagi na bardzo małe zapotrzebowanie na ciepło musi często sprostać nowym wymaganiom, a od wybranego źródła ciepła zależy wielkość emisji gazów cieplarnianych. Pojawiają się jednocześnie nowe rozwiązania, jak np. małe układy kogeneracyjne, które służą do wytwarzania jednocześnie ciepła i energii elektrycznej.

### 10.1. Zadania i wymagania stawiane instalacji c.o.

Instalacja centralnego ogrzewania w budynkach energooszczędnych powinna przede wszystkim:

- Zapewnić wysoki poziom komfortu cieplnego;
- Pokryć straty ciepła przez przenikanie, wentylację i infiltrację;
- Pozwolić na maksymalne wykorzystanie zysków ciepła;
- Mieć możliwie wysoką sprawność wytwarzania, dystrybucji i wykorzystania ciepła;
- Być zaprojektowana na mniejsze moce grzewcze w porównaniu do budynków standardowych.

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej stawia minimalne wymagania techniczne instalacji centralnego ogrzewania, niezbędne do osiągnięcia standardu NF40 i NF15. Celem sformułowania tych wymagań jest zagwarantowanie wysokiej efektywności energetycznej instalacji centralnego ogrzewania i maksymalne ograniczenie zużycia energii przez urządzenia pomocnicze. W budynkach energooszczędnych o bardzo małym zapotrzebowaniu na ciepło koszt pracy urządzeń pomocniczych może mieć znaczący udział w całkowitym koszcie użytkowania budynku, dlatego stosowane rozwiązania instalacyjne powinny być proste i zbliżone do standardowych.

Wykorzystanie zbyt dużej ilości różnych źródeł ciepła, np. pompa ciepła plus kominiek plus kolektory słoneczne, może znacząco zwiększyć zużycie energii pomocniczej i utrudnić właściwą regulację systemu. Szczególną uwagę należy zwrócić na minimalne grubości izolacji cieplnej rurociągów i armatury. U uzyskanie wymaganej grubości wymaga wprowadzenia odpowiednich zmian już na etapie projektowym, np. większa grubość izolacji w podłodze, większe szachty instalacyjne, większe odległości rurociągów i armatury od przegród.



## Wymagania uwzględniają:

- **Minimalną sprawność źródeł ciepła.**

W wymaganiach na sprawność pompy ciepła pojawia się wskaźnik COP, czyli współczynnik wydaj-

ności pompy (ang.: coefficient of performance). Jest to wartość określająca stosunek ciepła użytkowego wytworzonego przez pompę ciepła do energii elektrycznej dostarczonej w trakcie jej pracy wraz z urządzeniami pomocniczymi.

Wymaganie	NF15	NF40	NF15	NF40
	Budynek jednorodzinny		Budynek wielorodzinny	
<b>Układy i instalacje ogrzewania</b>				
Minimalna wartość sprawności przesyłu, regulacji, akumulacji i dystrybucji instalacji grzewczej, %	92	90	90	88
<b>Minimalna, średnioroczna sprawność wytwarzania energii, dla poszczególnych rodzajów paliw, %</b>				
Węglowe z paleniskiem retortowym i płynną regulacją mocy grzewczej (od 30 do 100%)	85%	85%	88%	88%
Biomasa (wyłącznie kotły na paliwa drzewne)	82%	82%	86%	86%
Gaz ziemny, gaz płynny, olej opałowy	102%	102%	104%	104%
Pompy ciepła (COP)	350% (3,5)	350% (3,5)	350% (3,5)	350% (3,5)
System ciepłowniczy	98%	98%	98%	98%
Energia elektryczna	99%	99%	99%	99%

Tabela 10.1 Minimalna sprawność elementów układu grzewczego

- **Minimalną sprawność napędów elektrycznych i efektywność energetyczną pomp.**

Wymaganie	NF15	NF40	NF15	NF40
	Budynek jednorodzinny		Budynek wielorodzinny	
Wyposażenie instalacji w systemy sterowania i systemy zarządzania energią ISD	TAK	TAK	TAK	TAK
Minimalna klasa energetyczna napędów elektrycznych pomp cyrkulacyjnych, obiegowych i ładujących niezintegrowanych urządzeniami w układzie ogrzewania zgodnie z wymaganiami dotyczącymi ekoprojektu	IE3	IE2	IE3	IE2
Minimalna klasa energetyczna pomp cyrkulacyjnych, obiegowych i ładujących w układzie ogrzewania spełnia wymagania dotyczące ekoprojektu	Zgodnie z rozporządzeniem	Zgodnie z rozporządzeniem	Zgodnie z rozporządzeniem	Zgodnie z rozporządzeniem

Tabela 10.2 Minimalna sprawność napędów elektrycznych i efektywność energetyczna pomp



- Minimalną grubość izolacji cieplnej rurociągów i armatury (dla materiału o  $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$ ).

Wymaganie	NF15	NF40	NF15	NF40
	Budynek jednorodzinny		Budynek wielorodzinny	
Minimalne grubości izolacji rurociągów i armatury dla $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$ , mm	25	20	25	20

Tabela 10.3 Minimalna grubość izolacji rurociągów i armatury

- **Obowiązek wyposażenia instalacji w automatykę pogodową i urządzenia do regulacji temperatury w pomieszczeniach.**

W wymaganiach dopuszczono niestety stosowanie nieprzyjaznych dla środowiska naturalnego źródeł energii, takich jak węgiel kamienny lub energia elektryczna. Jednak podane dla kotłów węglowych minimalne, średnioroczne sprawności wytwarzania energii są na tyle wysokie, że będą mogły być spełnione tylko przez najlepsze dostępne na rynku urządzenia.

Po wykonaniu instalacji c.o., wykonawca sporządza protokół wyregulowania instalacji. Celem spisania protokołu jest potwierdzenie uzyskania zrównoważenia hydraulicznego instalacji i zapewnienia jej prawidłowej pracy w przyszłości.

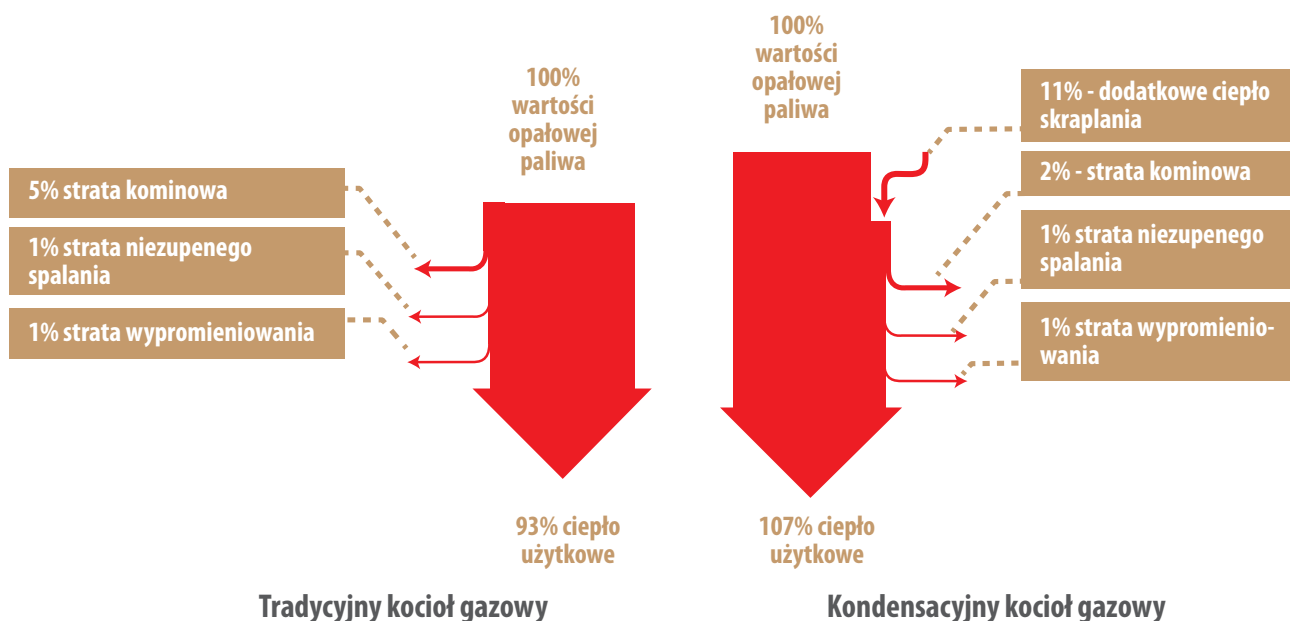
## 10.2. Czym ogrzać budynek energooszczędny?

Dzięki znacznemu ograniczeniu strat ciepła przez przenikanie i wentylację, zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania w budynkach energooszczędnych wynosi dla budynku NF40 około  $30 \text{ W/m}^2$ , a dla budynku NF15 ok.  $20 \text{ W/m}^2$ . Oznacza to, że w budynku jednorodzinym o powierzchni użytkowej  $150 \text{ m}^2$  do ogrzewania wystarczające będzie źródło ciepła o mocy  $4,5 \text{ kW}$  w standardzie NF40 oraz  $3,0 \text{ kW}$  w standardzie NF15.

Biorąc pod uwagę koszty wykonania i eksploatacji, zastosowanie gazowego kotła kondensacyjnego, współpracującego z ogrzewaniem wodnym grzejnikowym lub podłogowym wydaje się być najlep-







Rysunek 10.1 Porównanie sprawności kotła tradycyjnego i kondensacyjnego. Przekroczenie wartości 100% wynika ze sposobu liczenia sprawności kotłów

szym sposobem wytwarzania ciepła w warunkach polskich. Dodatkowo powinniśmy zastosować kocioł kondensacyjny z jak najmniejszą mocą minimalną i dużym zakresem skali.

Jeżeli nie ma możliwości doprowadzenia do działki sieci gazowej, źródłem ciepła może być kocioł na biomasę lub pompa ciepła, pobierająca ciepło z gruntu. Zastosowanie kotła na biomasę może rodzić problemy z szczelnością powietrzną, a inwestycja w pompę ciepła jest bardzo kosztowna.

Jednym z typów kotłów na biomasę są kotły na pellet, czyli rodzaj biomasy, powstający z odpadów drzewnych, sprasowanych pod bardzo wysokim ciśnieniem, dzięki czemu z niewielkiej objętości uzyskujemy stosunkowo dużą ilość energii. Dodatkowym plusem jest mały rozmiar granulatu, umożliwiający łatwe dozowanie z wykorzystaniem automatycznych podajników. Niestety kotły na pellety z podajnikami mogą być kosztowną inwestycją. Musimy także uważać na zróżnicowaną jakość paliwa – złej jakości pellet może prowadzić do zawyżonego zużycia paliwa, zapychania się palnika i pozostawiania dużej ilości popiołu. Niemniej jednak używanie pelletu jest dobrą alternatywą dla węgla, gdyż poza tańszym ogrzewaniem i wygodną obsługą kotła, jest rozwiązaniem ekologicznym.

Alternatywnie w budynku energooszczędnym źródłem ciepła może być kominek. Kominki muszą mieć zamkniętą komorę spalania i niezależne, izolowane termicznie doprowadzenie powietrza do spalania z zewnątrz. W przypadku kominków z płaszczem wodnym niezbędne jest zabezpieczenie układu otwartym naczyniem zbiorczym.

### 10.3. Przykładowe rozwiązania źródeł ciepła w budynkach energooszczędnych

W nawiązaniu do programu dopłat NFOŚiGW do budowy domów energooszczędnych, miesięcznik „Murator” zorganizował Konkurs na Energooszczędny Dom Dostępny. Zadaniem architektów było zaprojektowanie jednorodzinne budynek mieszkalnego dla czteroosobowej rodziny, w standardzie NF40 lub NF15 o powierzchni około 150 m<sup>2</sup>, którego koszt budowy nie przekroczy 500 tys. zł (netto). Na konkurs wpłynęło 27 projektów – 11 w standardzie NF15 i 16 w standardzie NF40. Analiza zgłoszonych projektów pozwoliła na określenie, jakie rozwiązania w zakresie instalacji c.o. cieszyły się największą popularnością.

Najczęstszym rozwiązaniem występującym w projektach było zastosowanie gazowego kotła kondensacyjnego współpracującego z ogrzewaniem wodnym grzejnikowym lub podłogowym. Z punktu widzenia eksploatacji i regulacji instalacji najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie w całym budynku ogrzewania grzejnikowego lub podłogowego i nie łączenie obu systemów w jednej instalacji. Proste z pozoru zagadnienie instalacyjne jest w praktyce bardzo często źle wykonywane.

Osiągnięcie standardu NF15 stwarza nowe możliwości w zakresie systemu c.o., co dało się zauważyć w projektach konkursowych. Część budynków jest ogrzewana powietrznie, a grzejniki wspomagają tylko ten system i pojawiają się w łazienkach lub

Źródło ciepła	Dodatkowe źródło ciepła	Rodzaj instalacji	Moc źródła	Koszty wykonania instalacji netto	Liczba projektów
Kondensacyjny kocioł gazowy	W części projektów kominek bez płaszczka wodnego	Na parterze, w łazienkach i WC ogrzewanie wodne podłogowe, na poddaszu lub piętrze ogrzewanie grzejnikowe	Od 5,8 kW do 21 kW	Od 16 778 zł do 37 500 zł	11
Kondensacyjny kocioł gazowy	Brak	W całym budynku ogrzewanie wodne podłogowe	Od 11 kW do 24 kW	Od 41 329 zł do 48 071 zł	4
Kominek z zamkniętą komorą spalania i płaszczem wodnym		Ogrzewanie powietrzne			3
Gruntowa pompa ciepła solanka/woda		W całym budynku ogrzewanie wodne podłogowe	Od 5,3 kW do 8,0 kW	Od 46 848 zł do 84 400 zł	3
Energia elektryczna		Ogrzewanie podłogowe i grzejnikowe	11,2 kW	10 278 zł	1
Energia elektryczna		Ogrzewanie powietrzne		2 136 zł	1
Kompaktowe urządzenie grzewcze z kondensacyjnym kotłem gazowym		Ogrzewanie powietrzne		17 907 zł	1
Kompaktowe urządzenie grzewczo-wentylacyjne z pompą ciepła		Ogrzewanie podłogowe	2,9 kW	16 854 zł	1
Kominek z zamkniętą komorą spalania i płaszczem wodnym	Gruntowy wymiennik ciepła	Ogrzewanie podłogowe		45 700zł	1
Pompa ciepła powietrze/woda	Kominek z płaszczem wodnym 8 kW	Ogrzewanie powietrzne + podłogowe	6,1 kW	27 800 zł	1

Tabela 10.4 Zestawienie podstawowych informacji o instalacjach c.o. w projektach konkursowych

okolicy dużych przeszkleń. Ogrzewanie powietrzne w budynkach NF15 pracuje na strumieniach powietrza wynikających z warunków higienicznych. W projektach konkursowych źródłem ciepła były również urządzenia kompaktowe pracujące z wykorzystaniem małego kotła kondensacyjnego lub pompy ciepła, przewidziane specjalnie do budynków o bardzo małym zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania. Redukcja zużycia energii spowodowała, że w niektórych budynkach źródłem ciepła jest wykorzystywana bezpośrednio energia elektryczna. Takie rozwiązanie ma główną zaletę w postaci małych kosztów inwestycyjnych. Wadą są wysokie koszty energii, co jest szczególnie odczuwalne w przypadku przygotowa-

nia c.w.u. Co więcej w warunkach polskich energia elektryczna produkowana jest od początku do końca z węgla, czyli jest mało przyjazna dla środowiska naturalnego. Wyjątkiem jest energia wytwarzana z ogniw fotowoltaicznych, turbin wiatrowych, kogeneracji lub innych źródeł wykorzystujących energię odnawialną.

Jako źródło ciepła w budynku energooszczędnym możemy wykorzystywać odnawialne źródła energii, zapewniające najniższe koszty eksploatacyjne, lecz wymagające większych kosztów inwestycji. Rozwiązania takie zostały opisane w rozdziale 14 „Wykorzystanie energii odnawialnych”.

Strumienie energii		Wskaźnik emisji CO <sub>2</sub> , g/kWh
Paliwa	olej opałowy	274
	gaz ziemny wysokometanowy	195
	węgiel kamienny	342
	węgiel brunatny	407
	wióry drzewne i zrębki	4
	drewno	14
	drewno liściaste	13
	drewno iglaste	20
Energia odnawialna	kolektor słoneczny	0
	wymiennik gruntowy	
Ciepło scentralizowane z kogeneracji <sup>1</sup>	węgiel kamienny	274
	gaz ziemny	98
	energia odnawialna	0
Ciepło scentralizowane z ciepłowni	węgiel kamienny	445
	gaz ziemny	253
	energia odnawialna	2
Energia elektryczna	energia elektryczna MIX	1011
<sup>1</sup> skojarzona produkcja energii elektrycznej i ciepła		

Tabela 10.5 Emisja CO<sub>2</sub> dla różnych systemów ogrzewania

## 10.4. Nowoczesne źródła ciepła – kogeneracja, kompaktowe urządzenia grzewcze

**Kogeneracja** (gospodarka skojarzona) to nowoczesne wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła w jednym procesie energetycznym. Umożliwia

o wiele bardziej efektywne wykorzystanie paliw, gdyż oprócz energii elektrycznej zagospodarowywane jest także ciepło odpadowe, dzięki czemu całkowita sprawność procesu sięga nawet 95%.

Na moduł kogeneracyjny składa się silnik napędzający generator prądu i system odzysku ciepła, zintegrowane z systemem ogrzewania i zasilania. Możliwe jest oddanie niewykorzystanej wytworzonej energii



Rysunek 10.2 Przykład bloku kogeneracyjnego (na bazie silnika tłokowego) o mocy cieplnej 30 kW, sprawności produkcji ciepła 68,6%, mocy elektrycznej 14 kW i sprawności produkcji energii elektrycznej 31,5% pracującego na potrzeby osiedla wielorodzinnych budynków pasywnych

elektrycznej do sieci energetycznej.

Zapotrzebowanie na energię elektryczną w ciągu roku ma stosunkowo stały charakter, natomiast zapotrzebowanie na ciepło jest zróżnicowane w zależności od sezonu. Praca modułu kogeneracyjnego jest efektywna w momencie jednoczesnego zapotrzebowania na ciepło i energię elektryczną, dlatego powinien być on dobrany w sposób pozwalający mu na pracę przez jak najdłuższy czas w trakcie całego roku.

Dzięki kompaktowym urządzeniom grzewczym możliwe jest pokrycie całkowitego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania c.w.u. i ogrzania pomieszczeń. Urządzenia takie mają wielkość i wygląd lodówko-zamrażarki. Są dostępne na polskim rynku, a ich koszt prawdopodobnie będzie maleć w najbliższym czasie. Niewątpliwą zaletą jest prosty montaż tych urządzeń, brak konieczności dostarczania innych nośników energii poza energią elektryczną, a także brak kosztów przyłącza gazowego i do sieci ciepłowniczej, jak również oszczędność miejsca potrzebnego na kotłownię.

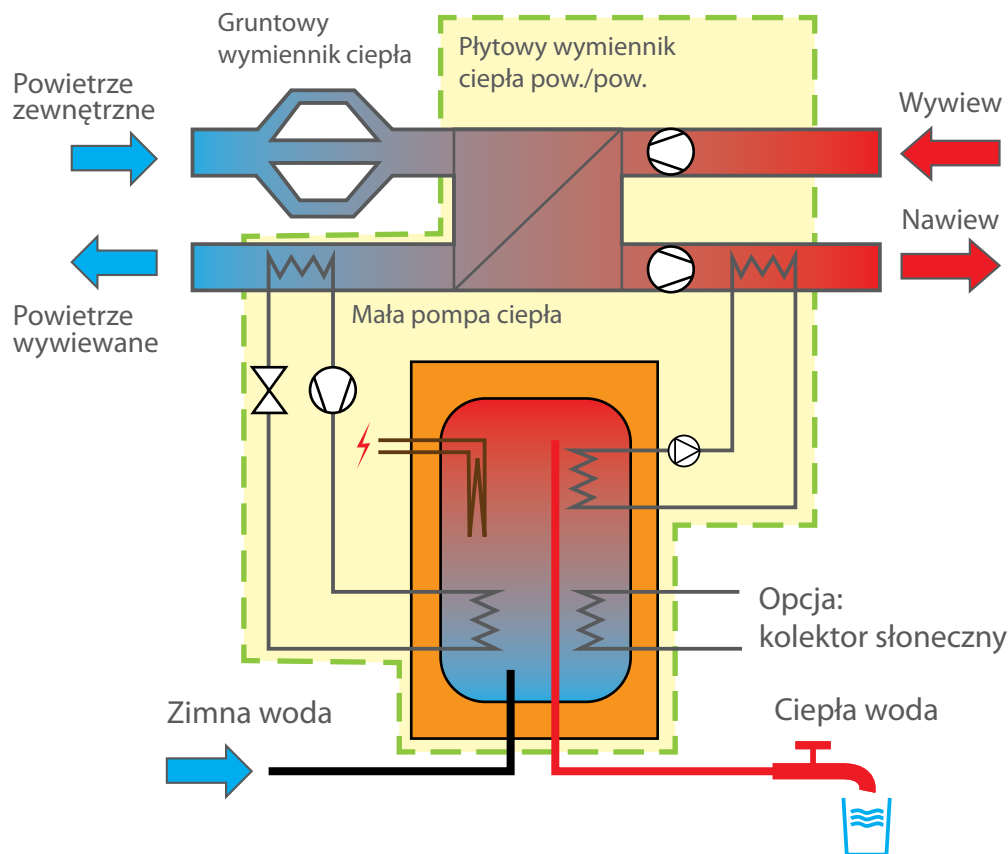
Głównym elementem urządzenia kompaktowego jest mała sprężarkowa pompa ciepła (o mocy około

1500 W) pobierająca ciepło z usuwanego powietrza za wymiennikiem krzyżowym rekuperatora. Mimo że powietrze to jest już schłodzone, nadal jest cieplejsze od zewnętrznego oraz zawiera ciepło w postaci powstałej w budynku pary wodnej, tzw. ciepło utajone. Jeżeli do wstępnego podgrzania powietrza nawiewanego wykorzystujemy gruntowy wymiennik ciepła, to usuwane powietrze nie powinno mieć temperatury niższej niż 9°C. Dzięki dodatkowemu schłodzenia powietrza do 0°C otrzymujemy na parowaczu moc od 500 do 800 W. Ta prosta instalacja w budynku energooszczędnym NF15 może być źródłem ciepła do ogrzewania, przygotowania c.w.u. oraz odpowiadać za wentylację.

Urządzenia kompaktowe można stosować w budynkach energooszczędnych w standardzie NF15 a stawiane im wymagania są następujące:

- Temperaturowa sprawność odzysku ciepła  $\geq 80\%$ , pobór mocy wentylatorów  $\leq 0,45 \text{ W/m}^3\text{h}$ ,
- Średniosezonowe COP dla ogrzewania  $\geq 2,5$ ,
- Średniosezonowe COP dla przygotowania c.w.u.  $\geq 2,2$ ,

## Urządzenie kompaktowe



Rysunek 10.3 Schemat urządzenia kompaktowego, źródło: Passivhaus Institut





- Moc grzewcza urządzenia pokrywa projektowe obciążenie cieplne budynku lub mieszkania,
- Skompensowanie mniejszej sprawności odzysku ciepła w celu spełnienia wymagania EUco  $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{rok}$ .

## 10.5. Ogrzewanie powietrzne

W przypadku budynków NF15 w związku z małym zapotrzebowaniem na energię do ogrzewania, w niektórych przypadkach możliwa jest rezygnacja z tradycyjnego ogrzewania wodnego i zastosowanie ogrzewania powietrzego. Zakładając, że na ogrzanie budynku NF15 o powierzchni użytkowej  $150 \text{ m}^2$  potrzebne jest źródło ciepła o mocy  $3,0 \text{ kW}$ , a maksymalna moc grzewcza ogrzewania powietrzego, o założonej dopuszczalnej temperaturze nawiewu  $50^\circ\text{C}$  i strumieniu powietrza  $230 \text{ m}^3/\text{h}$ , wynosi  $2,3 \text{ kW}$  to dodatkowe zapotrzebowanie na ciepło wynosi jedynie  $0,7 \text{ kW}$ . Może okazać się, że dostarczenie tej różnicy można zrealizować za pomocą grzejników zlokalizowanych w WC i łazienkach, gdzie zapewnić musimy wyższą temperaturę.

### Czy wiesz, że?

Instalacja grzewcza powinna być zaprojektowana tak, aby temperatura powietrza nawiewanego do pomieszczeń nie przekraczała  $52^\circ\text{C}$ . Wyższa temperatura powoduje przypiekanie kurzu na powierzchni nagrzewnicy, co negatywnie wpływa na jakość nawiewanego powietrza.

### Zalety ogrzewania powietrzego:

- Rezygnacja z wodnego ogrzewania grzejnikowego lub podłogowego (większa estetyka wnętrza, łatwość utrzymania czystości),
- Możliwość wykorzystania wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła jako systemu grzewczego,
- Mała bezwładność cieplna instalacji,
- Możliwość wykorzystania efektu Coandy (powietrze nawiewane jest cieplejsze od powietrza wewnętrznego).

### Wady ogrzewania powietrzego:

- Gorszy pionowy rozkład temperatury – cieplej na górze, chłodniej na dole,
- Mniej korzystny sposób przekazywania ciepła,
- Mała wilgotność powietrza nawiewanego,
- Brak regulacji miejscowej.

### Czy wiesz, że?

Efekt Coandy polega na przyleganiu strumienia powietrza nawiewanego do sufitu. Sufit staje się kanałem półotwartym i powietrze jest transportowane na koniec pomieszczenia pomimo umieszczenia nawiewników nad drzwiami wejściowymi. Pozwala to na znaczne uproszczenie projektu systemu wentylacji, zastosowanie krótszych kanałów i ograniczenie strat ciśnienia.

## 11. INSTALACJA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ

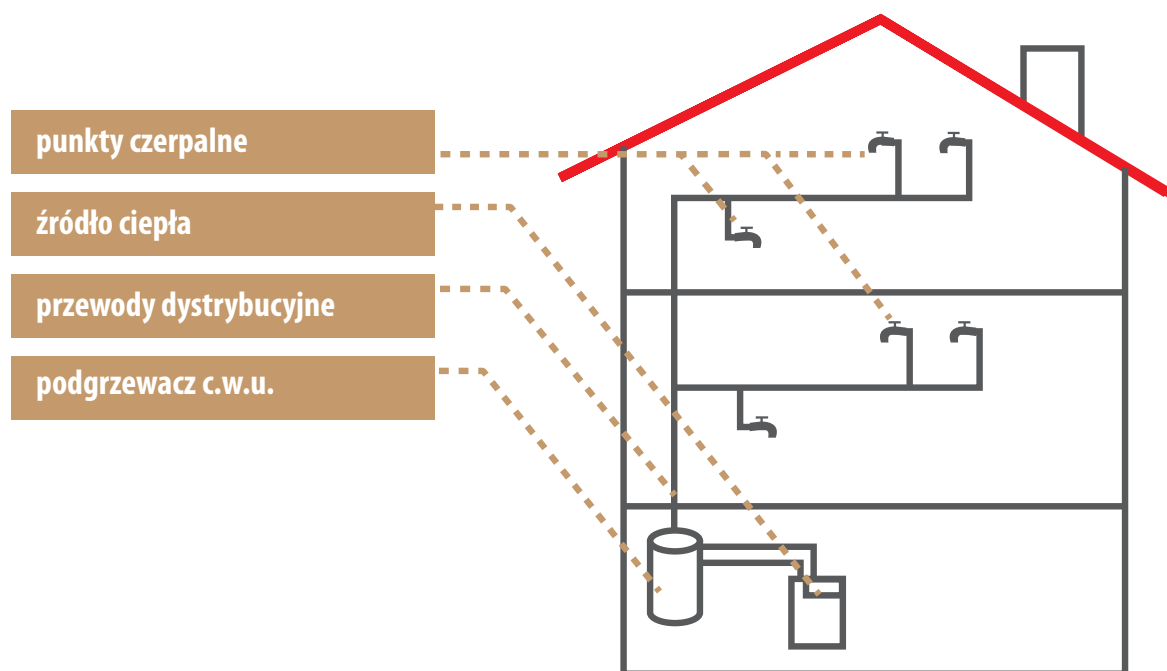
Bardzo małe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania sprawia, że w bilansie energetycznym budynków energooszczędnych dużo większą rolę zaczyna odgrywać zapotrzebowanie na energię potrzebną do podgrzania ciepłej wody użytkowej. Nie można zapomnieć o rozwiązaniach, które będą miały na celu maksymalne ograniczenie zużycia energii oraz wykorzystanie jej odnawialnych źródeł w systemie c.w.u. Działania te nie mogą prowadzić jednak do pogorszenia komfortu użytkownika instalacji.

### 11.1. Zadania i wymagania stawiane instalacji c.w.u.

Zapotrzebowanie na energię do przygotowania c.w.u. w istniejących budynkach wynosi nawet 70–80 kWh/m<sup>2</sup>rok. Tymczasem zapotrzebowanie na energię do ogrzewania budynków energooszczędnych jest znacznie niższe. Powodem tego jest często zły stan techniczny instalacji, ale w dużej mierze ma na to wpływ mentalność mieszkańców – opłaty ryczałtowe dają czasem poczucie bezkarności w ilości zużywanej wody. Przystępując do wyboru sposobu ogrzewania c.w.u. pod uwagę bierzemy cztery kryteria: komfort użytkownika, bezpieczeństwo sanitarne, koszty eksploatacji i koszt inwestycji.

Pod pojęciem komfortu użytkownika kryją się podstawowe wymagania dla systemu: aby woda miała stabilną i odpowiednią temperaturę, żeby było jej pod dostatkiem i aby zawsze była dostępna. Ostatni czynnik związany jest z cechą instalacji, którą jest cyrkulacja. Odkręcając kran nigdy nie czekamy na ciepłą wodę, gdyż krąży ona cały czas między zbiornikiem a punktem poboru, którym jest właśnie wspomniany kran. Intuicyjnie czujemy, że znacząco wpływa to na zużycie energii do ogrzewania wody. To prawda, a zaraz okaże się, jak można te koszty zredukować.

System podgrzewania c.w.u. zależy głównie od wyboru źródła ciepła. Nie każde źródło spełnia oczekiwane przez nas wymagania dotyczące c.w.u. Przykładem może być nieprzyjemne odczucie zmiany temperatury wody ciepłej podczas wykonywania czynności higienicznych, np. kąpieli pod prysznicem. Wahania temperatury mogą wystąpić w przypadku zastosowania kotła dwufunkcyjnego, którego wcześniejszy wybór dokonany został tylko z punktu widzenia systemu ogrzewczego. W związku z największym wpływem c.w.u. na bilans energetyczny budynku energooszczędnego, kocioł będzie odpowiadał głównie za podgrzanie wody, ogrzewanie zaś będzie realizowane „przy okazji”. Dlatego najpierw należy szukać efektywnego i opłacalnego ekonomicznie systemu podgrzewania c.w.u.



Rysunek 11.1 Przykładowy schemat instalacji c.w.u.

## 11.2. Instalacja c.w.u.

Instalacja ciepłej wody użytkowej składa się z kilku elementów, których właściwy dobór jest istotą zbudowania funkcjonalnego i efektywnego systemu podgrzewania c.w.u. Do podstawowych elementów składowych instalacji możemy zaliczyć: źródło ciepła, zasobnik lub podgrzewacz c.w.u., przewody dystrybucyjne i obiegi cyrkulacyjne oraz punkty czerpalne. Wszystkie z tych elementów mają wpływ na efektywność energetyczną instalacji c.w.u. Ze względu na sposób rozwiązania instalacje c.w.u. możemy podzielić na:

- centralne odpowiadające za doprowadzenie ciepłej wody do dużej liczby punktów czerpalnych,
- miejscowe obsługujące jeden lub kilka punktów czerpalnych położonych blisko siebie,

### Czy wiesz, że?

Jeśli boisz się ewentualnego zalania mieszkania w przyszłości, możesz w podejrzanych o to miejscach zamontować czujniki obecności wody. Współpracując z instalacją alarmową, informują o wycieku sygnałem dźwiękowym lub optycznym, a wyposażone w monitoring – zawiadamiają patrol interwencyjny, jeśli jesteśmy nieobecni. Na podobnej zasadzie działają elektrozawory, w które wyposażone są niektóre urządzenia – blokują w nich przepływ wody.

- zasobnikowe, gdzie ciepła woda jest podgrzewana i magazynowana,
- przepływowe, gdzie ciepła woda jest podgrzewana w chwili jej wykorzystywania.

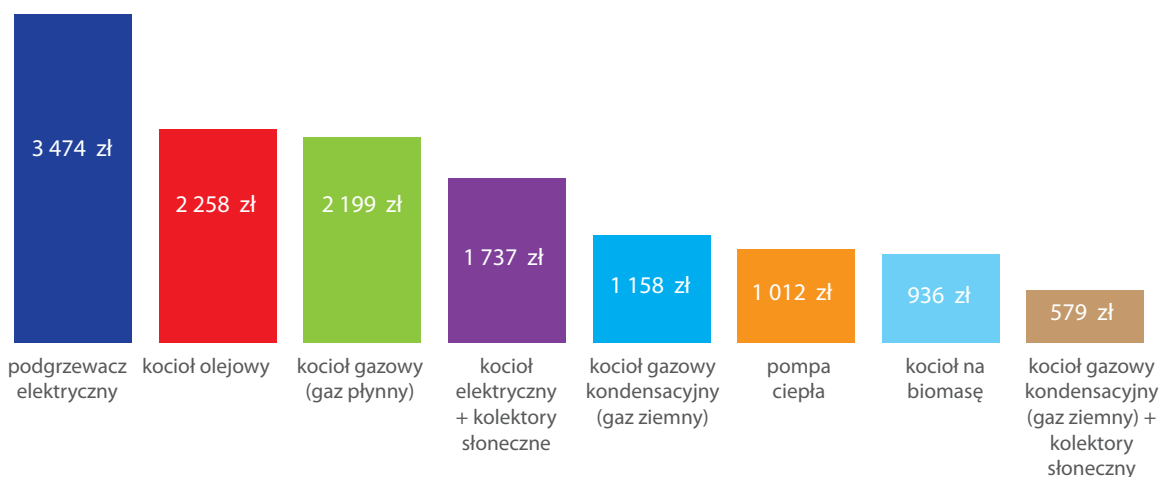
### 11.2.1. Źródło ciepła

Źródło ciepła to podstawowy element, na którym bazuje instalacja c.w.u. Wybór źródła ciepła ma decydujący wpływ na koszty podgrzewania ciepłej wody, emisję zanieczyszczeń oraz komfort użytkownika instalacji. W przypadku budynków jednorodzinnych najczęściej stosowanym źródłem ciepła jest kocioł gazowy kondensacyjny, natomiast w budynkach wielorodzinnych będzie to węzeł cieplny. Instalacje w budynkach jednorodzinnych są bardzo często uzupełniane o kolektory słoneczne instalowane na dachu. Mogą one pokryć zapotrzebowanie na energię potrzebną do podgrzewania c.w.u. nawet w 50%. Bardzo ważnym aspektem doboru źródła ciepła jest prawidłowe określenie wymaganej mocy grzewczej potrzebnej na cele c.w.u. Przewymiarowanie źródła zmniejsza jego sprawność.

### 11.2.2. Dystrybucja i cyrkulacja c.w.u.

Przewody dystrybuujące c.w.u. odpowiadają za doprowadzenie jej do punktów czerpalnych od podgrzewaczy lub zasobników ciepłej wody. Obieg cyrkulacyjny odpowiada natomiast za utrzymanie stałej temperatury w punktach czerpalnych. Instalacja dystrybucyjna i obieg cyrkulacyjny są głównymi źródłami strat ciepła w instalacji c.w.u. W przypadku dużych,

## Roczne koszty przygotowania c.w.u.



Rysunek 11.2 Porównanie kosztów podgrzewania c.w.u. dla 5-osobowej rodziny zużywającej 175 l wody o temperaturze 55°C w ciągu doby na rok 2013

słabo zaizolowanych instalacji straty te mogą stanowić nawet 50% całkowitego zapotrzebowania na ciepło potrzebne do podgrzewania c.w.u. W budynkach energooszczędnych szczególnie istotne jest stosowanie właściwej izolacji termicznej przewodów poziomych i pionowych w instalacji dystrybucyjnej i obiegu cyrkulacyjnym.

### 11.2.3. Zasobniki c.w.u.

Potrzeba stosowania zasobników podyktowana jest tym, żeby podczas kąpieli w wannie czy innej czynności wymagającej nagle dużej ilości ciepłej wody, instalacja podgrzała wodę stosunkowo szybko. Zasobniki o 110-120 l w większości sprawdzają się w instalacjach z kotłem (dom zamieszkały przez 4-5 osób), gdyż większą ilość wody możemy łatwo uzyskać podgrzewając wodę do temperatury wyższej niż oczekiwana (np. 60°C). Należy pamiętać, że pompy ciepła nie umożliwiają zazwyczaj takiej temperatury. Kolejny minus – straty ciepła z zasobnika rosną razem z podwyższaniem temperatury wody, a sprawność pompy maleje, co prowadzi do zwiększenia

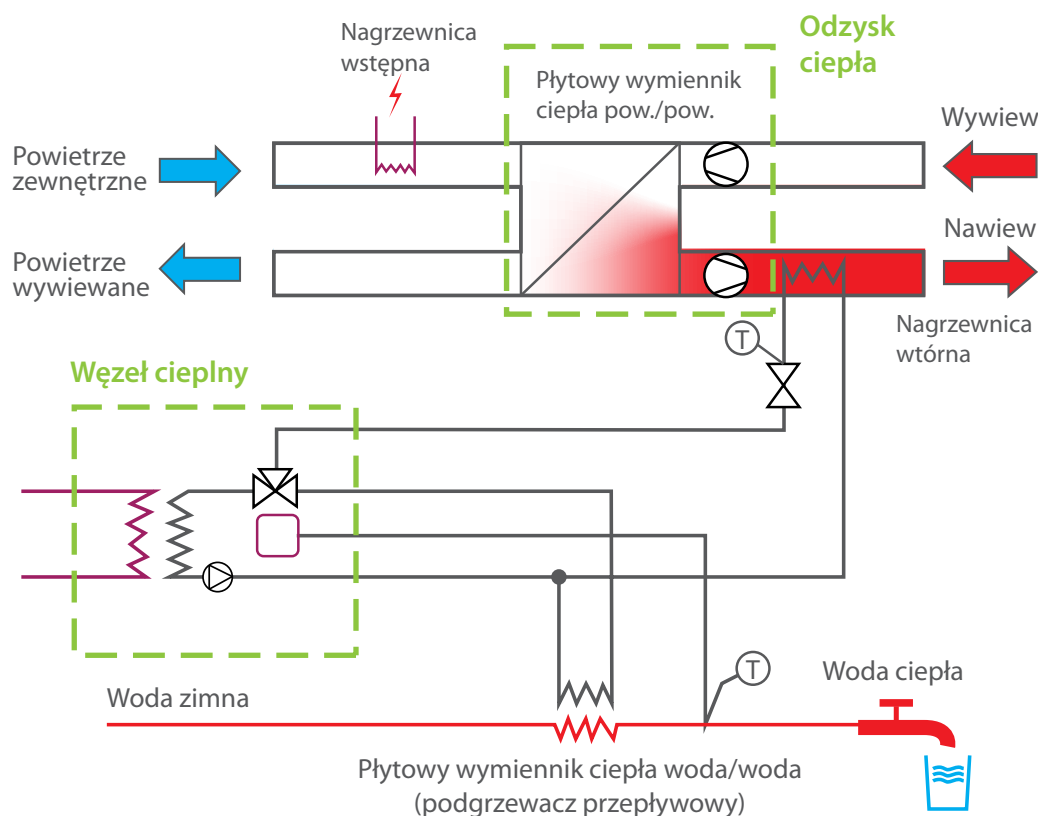
zużycia prądu.

Rozwiązaniem pozwalającym na zwiększenie ilości ciepłej wody z mniejszego zasobnika jest wykorzystanie zasobników warstwowych. W takim rozwiązaniu c.w.u. jest podgrzewana na bieżąco dużo szybciej, co pozwala na zmniejszenie wielkości zasobnika do około 80 l bez utraty wydajności. Przy doborze wielkości zasobnika należy pamiętać o uwzględnieniu nawyków domowników i standardzie wyposażenia budynku lub mieszkania odpowiednio zwiększając średnie zużycie c.w.u.

### 11.2.4. Sposoby podgrzewania c.w.u.

Ciepła woda użytkowa może być podgrzewana na dwa sposoby – przepływowo i pojemnościowo. W przypadku pierwszego, używa się jedno- lub dwufunkcyjnych kotłów wodnych lub wymienników ciepła w węzłach ciepłowniczych. Kocioł dwufunkcyjny wyposażony jest w przepływowy wymiennik dwufunkcyjny, którego niestety mała wydajność nie gwarantuje uzyskania odpowiedniego wydatku ciepłej wody, poza tym podgrzewa on wodę po odkręce-

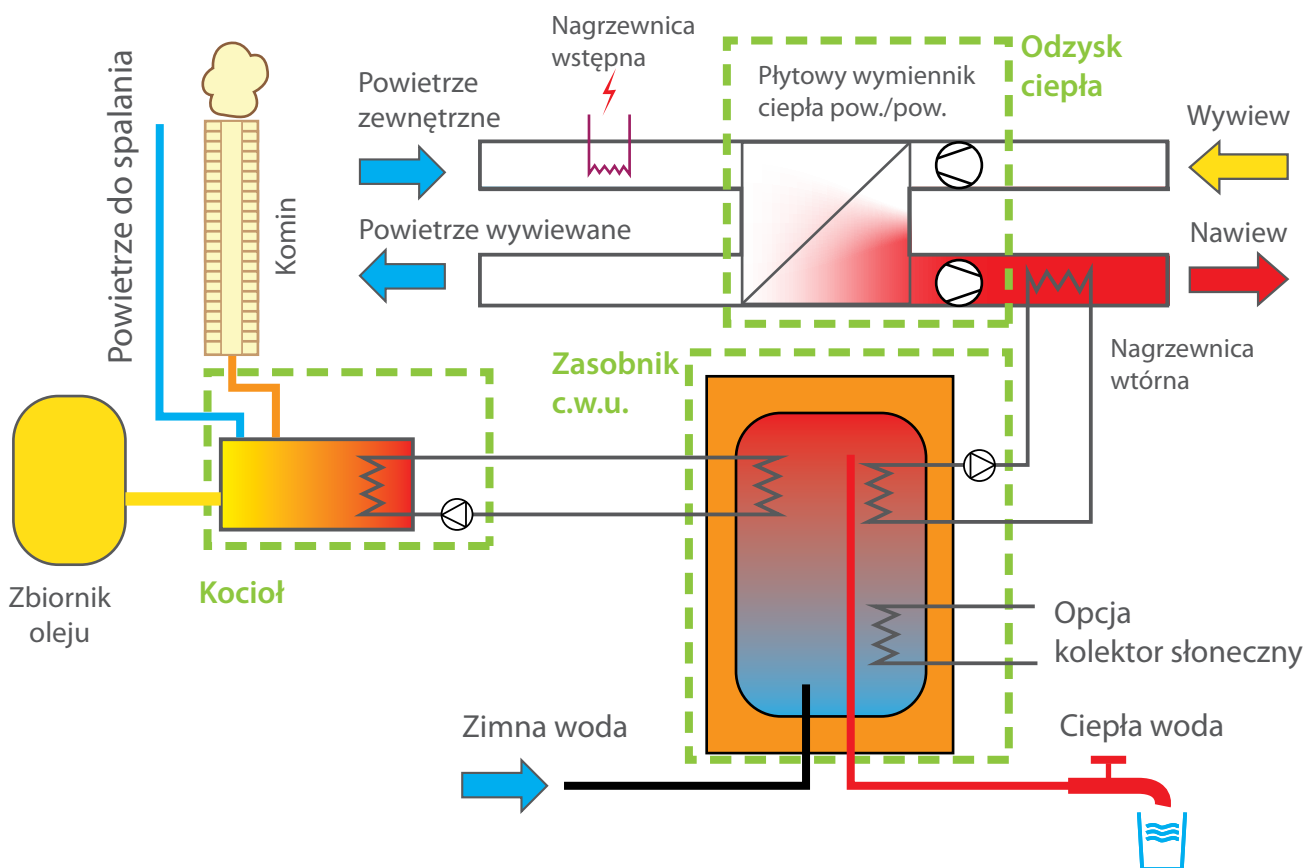
## Węzeł ciepły + rekuperator + podgrzewacz przepływowy



Rysunek 11.3 Schemat działania podgrzewacza przepływowego c.w.u. i ogrzewania powietrznego w budynku pasywnym wielorodzinnym zasilanym z sieci ciepłowniczej, źródło: Passivhaus Institut



## Rekuperator + Zasobnik c.w.u. + Kocioł



Rysunek 11.4 Schemat działania podgrzewacza zasobnikowego c.w.u. i ogrzewania powietrznego w budynku pasywnym jednorodzinym zasilanym z kotła olejowego z możliwością podłączenia kolektorów słonecznych, źródło: Passivhaus Institut

niu baterii, a gdy woda nie jest pobierana – stygnie. Rozwiązanie takie jest zalecane do krótkich instalacji mieszkaniowych (obsługują umywalkę, zlewozmywak, wannę lub prysznic). Podgrzewacze przepływowe mają tendencję do osadzania się w nich kamienia, utrudniającego wymianę ciepła, podczas gdy wymagana jest o stosunkowo duża moc grzewcza urządzenia. Największą zaletą podgrzewaczy przepływowych jest brak strat ciepła spowodowanych magazynowaniem wody ciepłej w zasobniku, małe straty na dystrybucji i brak strat na cyrkulacji. Pozwala to na zmniejszenie zapotrzebowania na energię końcową do podgrzewania c.w.u. o nawet 60% w stosunku do instalacji centralnej z zasobnikiem.

Podgrzewanie pojemnościowe polega natomiast na gromadzeniu wody w odpowiednio dużym zbiorniku i jest z reguły stosowane w instalacjach centralnych. Wadą tego rozwiązania są generowane straty ciepła. W przypadku budynków pasywnych i NF15 o bardzo małym zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania można zrezygnować z grzejników na rzecz ogrzewania powietrznego. Źródło ciepła pracuje wtedy głównie na potrzeby podgrzewania

c.w.u. co pokazano na rysunkach. Zaletą instalacji centralnej jest możliwość obsłużenia znacznie rozleglejszych instalacji i dużo większy komfort użytkowania c.w.u.

### 11.3. Wymagania w standardzie NF40 i NF15

Z uwagi na wyraźny spadek zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków NF40 i NF15 konieczne jest również ograniczenie zapotrzebowania na ciepło do podgrzewania c.w.u. Istotne jest w tym przypadku podjęcie odpowiednich działań zarówno na etapie projektowania instalacji, jak i właściwe jej wykonanie, zgodnie z projektem. Temperatura wody ciepłej została dokładnie sprecyzowana w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz. U. Nr 75, poz. 690, z późniejszymi zmianami), gdzie podano wymaganie, aby temperatura wody ciepłej wpływającej w punkcie czerpalnym instalacji wody

Wymaganie	NF15	NF40	NF15	NF40
	Budynek jednorodzinny		Budynek wielorodzinny	
<b>Układy i instalacje do podgrzewania ciepłej wody użytkowej</b>				
- minimalne grubości izolacji rurociągów i armatury instalacyjnej $\lambda = 0,035$ W/mK, mm	40	30	40	30
<b>Minimalna średnioroczna sprawność wytwarzania energii, dla poszczególnych rodzajów paliw</b>				
- węglowe z paleniskiem retortowym i płynną regulacją mocy grzewczej (od 30 do 100%)	85%	85%	88%	88%
- biomasa (wyłącznie kotły na paliwa drzewne)	82%	82%	86%	86%
- gaz ziemny, gaz płynny, olej opałowy	102%	102%	104%	104%
- pompy ciepła (COP)	350% (3,5)	350%	350%	350%
		(3,5)	(3,5)	(3,5)
- system ciepłowniczy	98%	98%	98%	98%
- energia elektryczna	99%	99%	99%	99%
Wyposażenie instalacji w automatykę pogodową i urządzenie umożliwiające regulację temperatury w pomieszczeniach	TAK	TAK	TAK	TAK
Minimalna klasa energetyczna napędów elektrycznych pomp cyrkulacyjnych, obiegowych i ładujących niezintegrowanych z urządzeniami w układzie przygotowania ciepłej wody użytkowej zgodnie z wymaganiami dotyczącymi ekoprojektu	IE3	IE2	IE3	IE2
Minimalna klasa energetyczna pomp cyrkulacyjnych, obiegowych i ładujących w układzie przygotowania ciepłej wody użytkowej spełnia wymagania dotyczące ekoprojektu	Zgodnie z rozporządzeniem	Zgodnie z rozporządzeniem	Zgodnie z rozporządzeniem	Zgodnie z rozporządzeniem

Tabela 11.1 Wymagania obligatoryjne dla instalacji c.w.u. w budynkach NF15 i NF40

ciepłej była nie niższa niż 55°C i nie wyższa niż 60°C. Dodatkowo instalacja wody ciepłej powinna być dostosowana do okresowego podwyższania temperatury wody ciepłej do wartości powyżej 70°C, (ale nie więcej niż 80°C) w celu umożliwienia przeprowadzenia termicznej dezynfekcji instalacji. Zwiększenie efektywności energetycznej instalacji przy jednoczesnym spełnieniu tych wymagań można więc uzyskać poprzez ograniczenie strat ciepła na dystrybucji i cyrkulacji ciepłej wody, zmniejszenie zużycia ciepłej wody i wykorzystanie do jej podgrzewania odnawialnych źródeł energii, o ile jest to opłacalne ekonomicznie.

Na etapie projektowania instalacji c.w.u. należy przede wszystkim dokładnie określić moc potrzebną

do podgrzewania ciepłej wody użytkowej. Uzyskiwane na bazie metody obliczeniowej zawartej w normie PN-92/B-01706 „Instalacje wodociągowe – Wymagania w projektowaniu” wyniki zapotrzebowania na moc cieplną są zawyżone z uwagi na przyjmowanie przesadzonych wartości wskaźników nierównomierności poborów oraz niemal dwukrotnie zawyżonego zapotrzebowania na wodę ciepłą (przyjmuje się 110 do 130 l/Md). Kolejnym krokiem jest precyzyjny dobór wielkości podgrzewacza lub zasobnika c.w.u. Trzeba przy tym zwrócić uwagę na to, by uniknąć powstawania postojowych strat ciepła, gdy urządzenie to jest przewymiarowane. Z drugiej strony zaś powinno być ono na tyle duże, by zapewnić gotowość do podgrzania wody do wymaganej temperatury.

## Czy wiesz, że?

Bateria termostatyčna zamontowana w systemie wykorzystującym podgrzewacz przepływowy może zakłócać jego pracę.

Należy również zwrócić uwagę na bardzo dobrą izolację podgrzewacza lub zasobnika c.w.u. oraz zastosowanie pomp ładujących o wydajności zapewniającej wykorzystanie akumulacyjności cieplnej zasobników c.w.u. w pracy instalacji.

Minimalizację strat ciepła w instalacji c.w.u. poza źródłem ciepła należy osiągać poprzez właściwą izolację termiczną instalacji. Grubość wymaganej warstwy izolacji powinna odpowiadać zaleceniom podanym w tabeli 11.1, przy współczynniku przewodzenia ciepła równym 0,035 W/mK.

Wśród zaleceń zawarto również informacje odnośnie projektowania instalacji cyrkulacyjnych, które powinny być wyposażone w termostatyczne regulatory przepływu wody cyrkulacyjnej przez poszczególne piony oraz w liczniki ciepła i regulatory temperatury o jak najmniejszych stałych czasowych na odpływie z sekcji podgrzewu c.w.u. Z kolei pompy cyrkulacyjne powinny charakteryzować się wysoką sprawnością i niskim zużyciem energii elektrycznej (klasa A i wyższa) oraz mieć możliwość dostosowania się do dużej zmienności przepływów cyrkulacyjnych poprzez samoczynną regulację parametrów pracy. Powinny mieć także możliwość sterowania przy pomocy układów termostatycznych, by skrócić czas krążenia wody w obiegu cyrkulacyjnym.

Aby instalacja spełniała wymagania standardu NF15 i NF40 należy trzymać się zatem podstawowych zasad:

- Precyzyjne określenie mocy potrzebnej do podgrzania wody (im większa moc zamówio-

na w przypadku budynków podłączonych do sieci ciepłowniczej – tym większe koszty stałe);

- Precyzyjne dobranie wielkości podgrzewacza lub zasobnika (za dużą pojemność to niepotrzebne straty ciepła);
- Stosowanie armatury wodooszczędnej;
- Właściwe zaizolowanie termiczne instalacji (trzeba przewidzieć odpowiednią przestrzeń pod przewody na etapie projektowym);
- Wyposażenie instalacji w termostatyczne regulatory przepływu;
- Wyposażenie instalacji w regulatory temperatury z programowaniem dobowym i tygodniowym;
- Wyposażenie instalacji w liczniki ciepła umożliwiające monitoring jego zużycia;
- Stosowane pompy cyrkulacyjnych i ładujących o wysokiej sprawności, klasy B, klasy A, lub wyższej;
- Nie powinno stosować się kotłów węglowych jako źródła ciepła;
- Nie należy wykorzystywać jedynie bezpośredniej energii elektrycznej do podgrzewania c.w.u.

## 11.4. Sposoby ograniczenia zużycia c.w.u. i energii potrzebnej na jej podgrzanie

Zużycie c.w.u. na mieszkańca pozwala na określenie jej zapotrzebowania dla całego budynku – znając zwyczajnie użytkowników możemy je określić dokładnie, jednak zwykle przyjmuje się je pomiędzy 30 a 100 l c.w.u. o temperaturze ok. 45°C na mieszkańca w ciągu doby. Zakładając na każdego mieszkańca w średnio 50 l, czteroosobowa rodzina zużywa 200

Zużycie wody przez:	Jednostki	Bateria dwuuchwyto- wa	Bateria jedno- uchwyto- wa	Bateria jedno- uchwyto- wa z „eko-przyci- skiem”	Bateria termostatycz- na
1 osoba/dobę	[dm <sup>3</sup> ]	60	45	36	33
2 osoby/dobę	[dm <sup>3</sup> ]	240	180	144	132
4 osoby/rok*	[dm <sup>3</sup> ]	84000	63000	50400	46200
Oszczędność wody w porównaniu z baterią dwuuchwytową	[m <sup>3</sup> ]		21	33,6	37,8
	[%]		25	40	45

\*) przy założeniu 350 kąpeli na 1 osobę w ciągu roku

Tabela 11.2 Porównanie zużycia wody na pojedynczą kąpiel pod prysznicem na podstawie danych zachodnioeuropejskich dla różnych typów baterii czerpalnych

## Czy wiesz, że?

- Oszczędny prysznic z perlatozem zużywa 8 litrów wody na minutę, podczas gdy tradycyjny zużywa 20 litrów. Już po 5-minutowym prysznicu możemy zaoszczędzić 60 litrów.
- Zmywanie naczyń w zmywarce pozwala na oszczędność nie tylko wody, ale i energii - myjąc je ręcznie zużywamy kilkadziesiąt litrów wody na ich komplet, podczas gdy zmywarka zaledwie 6-14 litrów, zmniejszając także czas ich mycia.

I c.w.u. dziennie. Warto wynik ten skonfrontować ze zużyciem wody dla poszczególnych celów sanitarnych dojdziemy:

- 120-150 l na kąpiel w wannie,
- Około 50 l na prysznic,
- 3-5 l na pojedyncze mycie rąk.

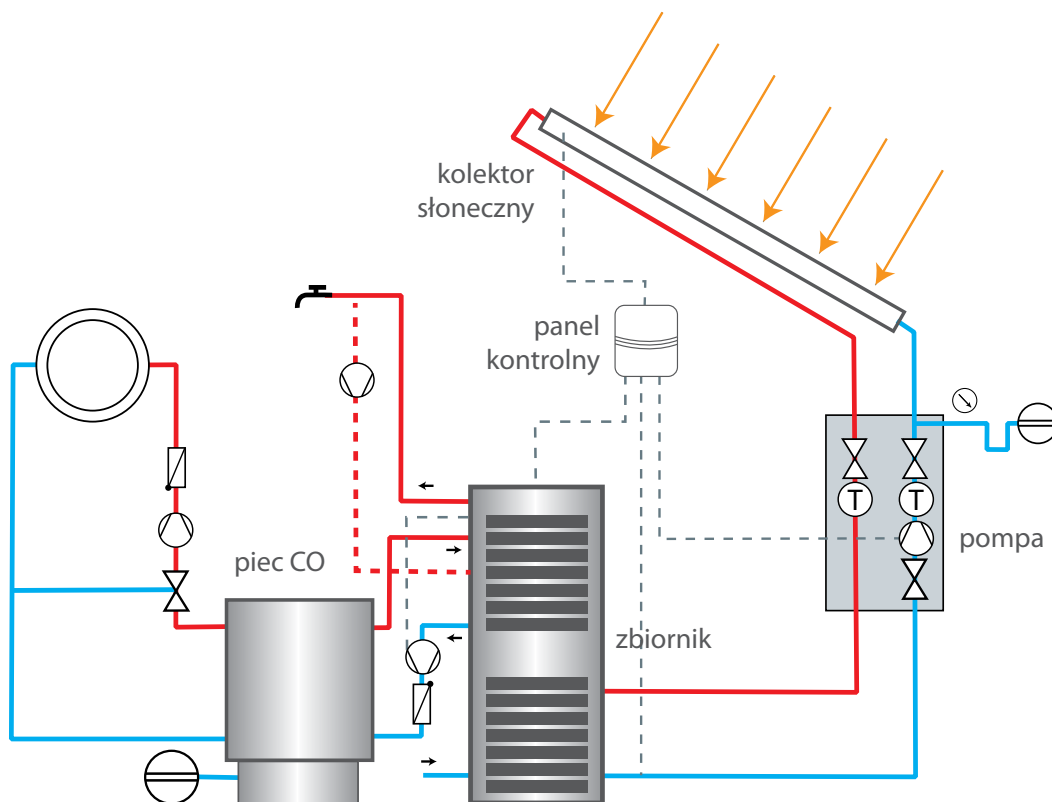
Jak łatwo zauważyć, jedna kąpiel w wannie może pochłonąć zasób wody przewidywany dla trzech osób. Preferencje użytkowników oraz standard wyposażenia budynku będą miały decydujący wpływ na zużycie c.w.u. i energii potrzebnej do jej podgrzania.

Informacje te powinny zostać uwzględnione przy doborze źródła ciepła i wielkości podgrzewacza c.w.u.

Decydując się na budowę energooszczędnego domu nie możemy zapominać o instalacji c.w.u. Istnieje wiele sposobów pozwalających na ograniczenie zużycia c.w.u. i ilości energii potrzebnej do jej podgrzania. Oto najważniejsze z nich:

**Armatura wodooszczędna** to jeden ze sposobów: wodooszczędne natryski, baterie z „eko-przyciskiem”, ograniczniki przepływu, słuchawki prysznicowe, urządzenia zamykające przepływ wody w niezakręconych kranach czy nakładki na kran lub prysznic, tzw. perlatory (aeratory) – napowietrzają wodę przyczyniając się do zmniejszenia jej zużycia bez obniżania komfortu jej użytkowania. Zaleca się również używanie baterii termostatycznych z czujnikiem termicznym w głowicy, który reguluje stopień zmieszania ciepłej i zimnej wody lub baterii bezdotykowej, wyposażonej w fotokomórkę sterującą włączaniem i wyłączaniem wody tylko przy podstawieniu pod nią rąk.

**Optymalizacja sieci dystrybucyjnej** ma na celu takie rozmieszczenie łazienek, WC i kuchni, aby odcinki przewodów i obieg cyrkulacyjny był możliwie jak najkrótszy, co zmniejsza czas krążenia w nim wody. Rezygnacja z cyrkulacji, która powoduje, że zawsze odkręcając kran mamy dostępną od razu



Rysunek 11.5 Schemat instalacji z kolektorami słonecznymi



ciepłą wodę, może spowodować duże oszczędności. Pojawiają się one bowiem nie tylko na polu energii zużywanej na pracę pompy cyrkulacyjnej, ale i energii potrzebnej do ciągłego podgrzewania krążącej w obiegu wody. Takie miesięczne oszczędności mogą sięgać od 60 do nawet 150 zł.

Podłączenie urządzenia do ciepłej wody coraz częściej pojawia się jako dodatkowa cecha podczas wyboru zmywarki czy pralki. Różnica na podłączeniu do wody zimnej i ciepłej polega na tym, że podgrzewanie wody zimnej przebiega przez grzałkę urządzenia, zużywając energię elektryczną, zaś gdy wybierzemy podłączenie wody ciepłej – przez źródło c.w.u. Jeśli korzystamy w kolektorów słonecznych, opcja z podłączeniem ciepłej wody staje się znacznie bardziej efektywna, jednak zawsze przed taką decyzją warto zastanowić, co wybrać – droższe ogrzewanie prądem czy np. gazem, w zależności od zastosowanego źródła ciepła. Co do różnic w użytkowaniu, podłączenie zmywarki do ciepłej wody skraca czas zmywania, gdyż woda nie musi się w takim stopniu nagrzewać, jednak może to nieznacznie pogarszać jego jakość poprzez skrócenie cyklu pracy, a podczas prania płukanie w ciepłej wodzie niekorzystnie wpływać na niektóre tkaniny. Poza tym poszczególne etapy cyklu prania czy zmywania przebiegają z użyciem wyłącznie wody zimnej, dlatego należy przeanalizować, które wyjście będzie dla nas bardziej odpowiednie.

**Odzysk energii ze zużytej wody ciepłej** to kolejny sposób na zmniejszenie zapotrzebowania na energię (podobnie do odzysku ciepła z powietrza usuwanego) – zimna woda docierająca do naszych baterii ogrzewana jest przez ciepłą użytą wodę prysznicową.

**Wykorzystanie alternatywnych źródeł energii** umożliwi ograniczenie zużycia energii potrzebnej do ogrzania c.w.u. dzięki zastosowaniu kolektorów słonecznych czy kominka. Energia z kolektorów słonecznych może być wykorzystywana głównie w miesiącach letnich, czyli od maja do sierpnia lub września, poza tym okresem trzeba korzystać z innego źródła do wstępnego podgrzewania wody. W okresie tym są one jednak niewątpliwie najbardziej skutecznym i najtańszym sposobem na ogrzanie wody. Biorąc pod uwagę koszt energii zasilającej automatykę i pompę solarną, (ich użytkowanie wynosi rocznie bowiem ok. 40 zł), pomijając konieczny regularny dozór – jest to świetna droga do oszczędności. Zakładając zużycie 50 litrów wody o temperaturze 55°C na osobę, 4-osobowa rodzina wydaje rocznie 1300 zł na jej ogrzanie. Korzystając z kolektorów słonecznych, możemy zaoszczędzić około połowę tej kwoty. Przy koszcie inwestycyjnym na poziomie 10 – 12 tys. zł oznacza to zwrot poniesionych nakładów po około 15 – 19 latach.

## 11.5. Bakteria Legionella

Chociaż do codziennego użytkowania wody w domu wystarczająca temperatura wody to 40-50°C, przepisy dyktują jej temperaturę przynajmniej 55°C. Powodem tego jest zagrożenie rozwojem groźnych dla ludzi bakterii, takich jak Legionella. Podgrzewając wodę do temperatury c.w.u., czyli do około 55°C, wytrącają się związki żelaza, wapnia i innych nierozpuszczalnych substancji. Osadzają się one na instalacjach i urządzeniach powodując narosty i osady, a także szlam i zmianę koloru wody. Osady i zanieczyszczenia to idealne dla bakterii środowisko – szczególnie groźną jest wspomniana bakteria Legionella. Do zakażenia człowieka dochodzi poprzez wdychanie. Powoduje ona nietypowe zapalenie płuc, tzw. chorobę legionistów. Bakteria rozmnaża się w środowisku wodnym i najlepiej rozwija się w temperaturze 20-50°C, szczególnie w miejscach zastojów wody, końcówkach rur, zasobnikach, podgrzewaczach. W większości nie działają na nią ani fizyczne, ani chemiczne technologie dezynfekcji. Sanepid bada wodę pod

kątem obecności tych mikroorganizmów. Pozbywanie się bakterii Legionella czy to poprzez dezynfekcję termiczną, podgrzewając wodę do minimum 70°C, czy specjalną dezynfekcję chemiczną, czy fizyczną (lampy UV) – często nie jest możliwe. Kiedy więc w instalacji pojawi się już osad, szlam, czy rdza, walka ta staje się bardzo ciężka. Dlatego warto jej zapobiegać poprzez profilaktyczną dezynfekcję oraz tworzenia warunków niesprzyjających jej namnażaniu. Okresowe lub ciągłe dezynfekcje chemiczne czy fizyczne – to równocześnie podstawowa zasada ochrony przed jakimikolwiek zanieczyszczeniami. Warto więc wcielać to w życie przynajmniej raz w tygodniu, podgrzewając wodę do minimum 70°C lub montując w zbiorniku c.w.u. grzałki elektryczne o mocy 6-9 kW, podgrzewające wodę okresowo – wtedy nie martwimy się o możliwości pompy ciepła. Należy pamiętać jednak o zabezpieczeniu przed przekroczeniem dopuszczalnego dla danej instalacji ciśnienia i temperatury.

## 12. KOMFORT CIEPLNY W OKRESIE LATA

Budynki energooszczędne mogą ulegać przegrzewaniu w okresie lata. Głównymi przyczynami przegrzewania są: brak elementów zacieniających, nieprawidłowa eksploatacja systemu wentylacji mechanicznej, brak otwieranych okien oraz wyeksponowanie zbyt dużej masy akumulacyjnej na działanie promieniowania słonecznego. Aby uniknąć tych błędów budynki powinny być nie tylko odpowiednio zaprojektowane i wykonane, ale również właściwie użytkowane.

### 12.1. Przyczyny przegrzewania budynków w okresie lata

Wprowadzane w budynkach mieszkalnych zmiany mające na celu ograniczenie zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji mogą zwiększyć ryzyko przegrzewania budynków w lecie. Aby zminimalizować ryzyko wystąpienia takiej sytuacji, musimy poprawnie zaprojektować i wykonać budynek energooszczędny. W ciągu kilku upalnych dni w roku, budynki w standardzie NF40 i NF15 mogą mieć problemy z utrzymaniem temperatury w strefie komfortu, gdyż szczelne i dobrze izolowane przegrody zewnętrzne nie będą oddawać ciepła tak szybko, jak jest to konieczne.

Taka sama sytuacja wystąpi również w przypadku budynków tradycyjnych, w których temperatura wewnętrzna jest w większym stopniu zależna od temperatury zewnętrznej. Budynki NF15 i NF40 będą lepiej chroniły przed przedostawaniem się ciepła do wewnątrz, dzięki bardzo dobrze zaizolowanym przegrodom zewnętrznym. Należy jednak pamiętać, że efekt ten działa i w drugą stronę, dlatego projektując budynki należy przewidzieć rozwiązania, które po pierwsze ograniczą ilość zysków ciepła w okresie lata, po drugie pozwolą na ich szybkie usunięcie.

Wyróżniamy cztery główne przyczyny przegrzewania się budynków w okresie letnim:

- Brak elementów zacieniających,
- Niewłaściwa regulacja i eksploatacja systemu wentylacji mechanicznej i centralnego ogrzewania,
- Brak otwieranych okien lub otworów wentylacyjnych umożliwiających wykorzystanie przewietrzania nocnego,
- Zbyt duża masa akumulacyjna wyeksponowana na działanie promieniowania słonecznego.

### 12.2. Sposoby zapobiegania przegrzewaniu

Uniknięcie ryzyka przegrzewania wymaga zastosowania odpowiednich rozwiązań na etapie projektowania budynków energooszczędnych. Jednocześnie należy pamiętać, że nie tylko projekt, ale i regulacja instalacji oraz zachowania użytkowników mają wpływ na wysokość temperatur wewnętrznych. Zapewnienie prawidłowego działania wszystkich wymienionych elementów pozwoli uniknąć problemu przegrzewania budynku w okresie letnim.

#### 12.2.1. Elementy zacieniające

Po pierwsze musimy odpowiednio zastosować elementy zacieniające na oknach skierowanych na południe, wschód i zachód. Zyski cieplne od promieniowania słonecznego, korzystne w czasie zimy, w lecie są często niepożądane – zwiększają ryzyko przegrzania budynku. Dlatego aby zagwarantować odpowiedni komfort cieplny w ciągu lata należy stosować osłony przeciwsłoneczne. Rozwiązanie to nie powoduje pogorszenia jakości energetycznej budynku, a także nie zwiększa zużycia energii elektrycznej, o ile zostanie odpowiednio zaprojektowane – nie może ograniczać dostępu energii promieniowania słonecznego w okresie zimy. Skuteczność osłon zależy od ich lokalizacji. Osłony zamontowane od zewnątrz są dwukrotnie skuteczniejsze niż zamontowane od wewnątrz.

#### Formy osłon przeciwsłonecznych:

- Stałe elementy architektoniczne (wysunięte poza obrys budynku okapy, balkony, daszki);
- Łamacze światła w postaci nadwieszonych nad nadprożem rusztów (skuteczne tylko na elewacjach południowych);
- Zewnętrzne osłony przeciwsłoneczne, np. żaluzje, okiennice, markizy;
- Wewnętrzne osłony przeciwsłoneczne;
- Elementy zacieniające w przestrzeni międzyszybowej;
- Odpowiednio zaprojektowana roślinność, drzewa i pnącza okresowo zielone (od strony południowej).

## 12.2.2. Użytkowanie systemu ogrzewania i wentylacji

Kolejnym ważnym elementem jest odpowiednia regulacja i użytkowanie systemu ogrzewania/wentylacji oraz jej wpływ na temperaturę wewnętrzną. Brak regulacji miejscowej w instalacji c.o. lub duża bezwładność cieplna mogą powodować przegrzewanie pomieszczeń w okresach przejściowych. Natomiast ciągła praca centrali wentylacyjnej z odzyskiem ciepła (również w okresie letnim) spowoduje niepotrzebne podgrzewanie powietrza nawiewanego. W takiej sytuacji budynek nie będzie mógł się wychłodzić podczas nocy, gdy temperatura powietrza na zewnątrz budynku jest zazwyczaj o kilka stopni niższa od temperatury powietrza wewnętrznego.

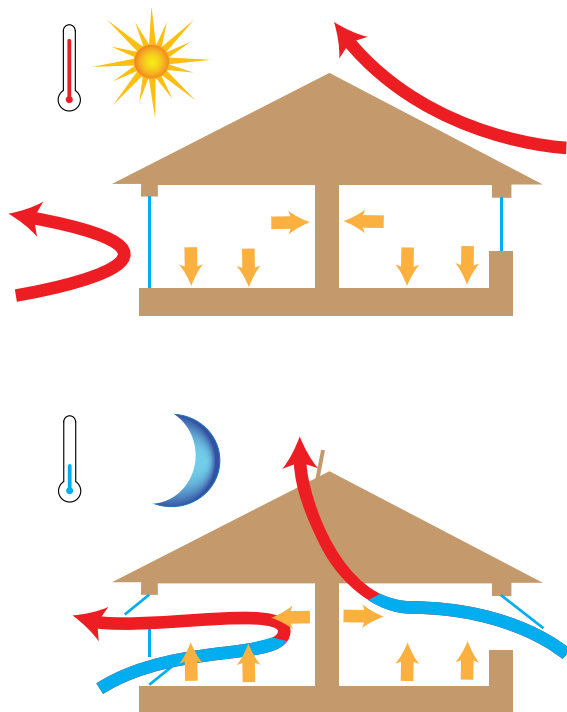
Proponowany schemat pracy centrali wentyla-

cyjnej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła w okresie lata zapobiegający przegrzewaniu budynku jest następujący:

- W przypadku, gdy temperatura powietrza usuwanego z budynku przed centralą jest wyższa od 22°C i jednocześnie wyższa od temperatury powietrza zewnętrznego, sprawność odzysku ciepła wynosi 0% (powietrze nawiewane do budynku płynie przez bypass), a strumień objętościowy powietrza nawiewanego i usuwanego z budynku zostaje zwiększony o 150%.
- W pozostałych przypadkach (temperatura powietrza zewnętrznego wyższa od temperatury powietrza usuwanego) system wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej działa z odzyskiem ciepła, a wielkość strumienia powietrza nawiewanego i usuwanego jest zmniejszona do 60%.

## 12.2.3. Przewietrzanie nocne

Stosowanie przewietrzania nocnego może skutecznie pomóc wychładzać budynek w okresie nocnym. Przepływ powietrza przez budynek jest wtedy wywołany w sposób naturalny i zależy od różnicy temperatur, prędkości wiatru oraz wielkości otworów wentylacyjnych.



Rysunek 12.1 Idea przewietrzania nocnego budynku – w czasie dnia okna pozostają zamknięte. Otwieramy je na noc w celu odprowadzenia zysków ciepła. Intensywność przewietrzania mogą zwiększyć odpowiednio rozmieszczone otwory okienne

Aby skorzystać z tego rozwiązania, należy w budynku energooszczędnym zastosować odpowiednią ilość otwieranych/uchylnych okien, a także otworów wentylacyjnych (wymagana powierzchnia otworów to około 3% powierzchni podłogi). Dodatkowo otwory powinny być zlokalizowane w sposób umożliwiający powstanie ciągu wentylacyjnego i przewietrzanie całego budynku.

## 12.2.4. Masa akumulacyjna

Musimy także pamiętać, że wyeksponowanie zbyt dużej masy akumulacyjnej na działanie promieniowania słonecznego będzie zwiększać ryzyko przegrzania się budynku energooszczędnego w okresie lata. Szybkie nagrzewanie się masy akumulacyjnej spowoduje, że nie będzie można wykorzystać jej do stabilizacji temperatury w okresie lata. Zakumulowane ciepło będzie oddawane do pomieszczeń, co w przypadku niewystarczającej wydajności systemu wentylacji może prowadzić do długotrwałego przegrzewania budynku oraz trudności z jego wychłodzeniem.

## 12.3. Chłodzenie budynku w okresie lata

Do chłodzenia powietrza nawiewanego do budynku można wykorzystać gruntowe wymienniki ciepła (omówione w rozdziale dotyczącym odnawialnych źródeł energii) lub pasywny system chłodzenia. Rozwiązania takie nie przyczynią się do znacznego wzrostu zużycia energii, a mogą wpłynąć na popra-

## Czy wiesz, że?

Zbyt długa praca pompy ciepła (powyżej 1800 godzin rocznie) może nadmierne wychłodzić otaczający grunt, z którego pobiera ciepło oraz zmniejszyć jej efektywność energetyczną.

## Czy wiesz, że?

Podwyższenie temperatury dolnego źródła ciepła o 1°C poprawia współczynnika efektywności (COP) pracy pompy ciepła o około 3.5%.

wę komfortu cieplnego w okresie lata. Zastosowanie pasywnego systemu chłodzenia polega na wykorzystaniu pionowych kolektorów gruntowych pompy ciepła. Czynnik chłodzący (np. roztwór glikolu) krążący w kolektorach może oddawać ciepło do gruntu, a po schłodzeniu będzie służył do chłodzenia powietrza nawiewanego do budynku lub krążył w systemie grzewczym. Systemy chłodzenia pasywnego charakteryzują się wysoką efektywnością, co znacznie zmniejsza koszty produkcji chłodu oraz podnosi sprawność pracy pompy ciepła.

### Zalety chłodzenia pasywnego:

- Komfortowa i przyjemna temperatura w pomieszczeniach;
- Efektywność energetyczna związana z niskimi kosztami eksploatacyjnymi;
- Regeneracja dolnego źródła ciepła i akumulacja dodatkowego ciepła w gruncie.

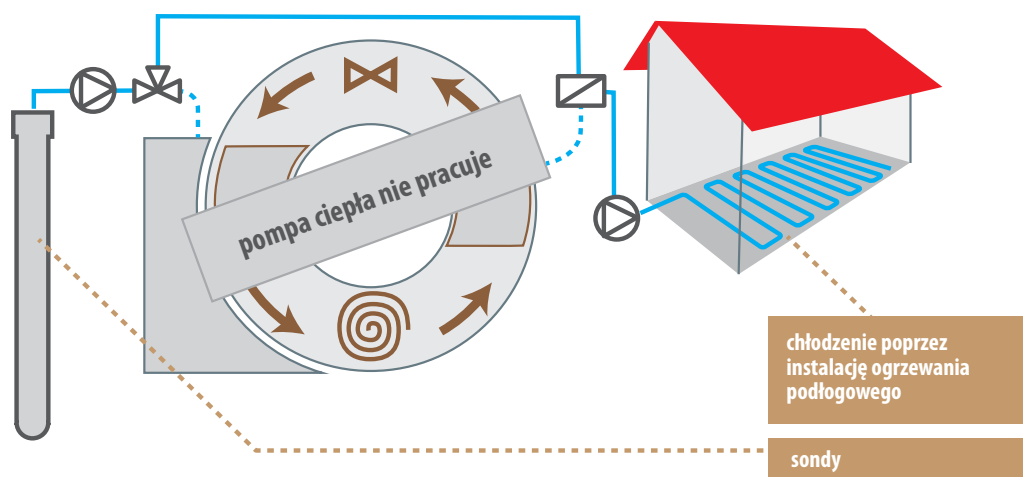
Ciepło zgromadzone w gruncie zostaje później wykorzystane do ogrzewania budynku w sezonie grzewczym.

W przypadku, gdy do ogrzewania budynku energooszczędnego wykorzystujemy pompę ciepła, warto wyposażyć ją dodatkowo w moduł chłodzenia pasywnego. Praca pompy (chłodzenie) odbywa się wtedy bez uruchamiania sprężarki, pracuje tylko na-

pęd pomp obiegowych i układ sterujący, dzięki czemu pobór energii (koszt eksploatacji) jest minimalny.

Wymiana ciepła następuje bezpośrednio pomiędzy dolnym i górnym źródłem – instalacja nadmuchiowa lub płaszczynowa odbiera ciepło z pomieszczeń i odprowadza je do gruntu. Ważne jest, aby temperatura dolnego źródła wykorzystywana do pasywnego chłodzenia była stała i stosunkowo niska. Dlatego najbardziej wydajnym rozwiązaniem jest wykorzystanie sondy gruntowej, zagłębionej na znaczną głębokość, gdzie temperatura gruntu oscyluje między 6-8°C. Taki system chłodzenia nie jest oczywiście pełną klimatyzacją, jednak większości użytkowników wystarcza do osiągnięcia komfortu. W pomieszczeniach będzie panować temperatura o kilka stopni niższa niż na zewnątrz, co człowiek odczuwa jako przyjemny chłód. Jeśli do chłodzenia będziemy wykorzystywać instalację płaszczynową (podłogową lub ścienną) należy pomyśleć o czujniku punktu rosy, który będzie zapobiegał ewentualnemu skraplaniu się wilgoci.

Dodatkowo korzystając z pasywnego chłodzenia odprowadzamy ciepło z budynku do gruntu, chroniąc go przed nadmiernym ochłodzeniem. Jednocześnie pozwala to na szybszą regenerację dolnego źródła w okresie letnim, dzięki czemu mamy pewność, że w kolejnym sezonie grzewczym pompa ciepła będzie pracowała z założoną wydajnością.



Rysunek 12.2 Schemat działania chłodzenia pasywnego

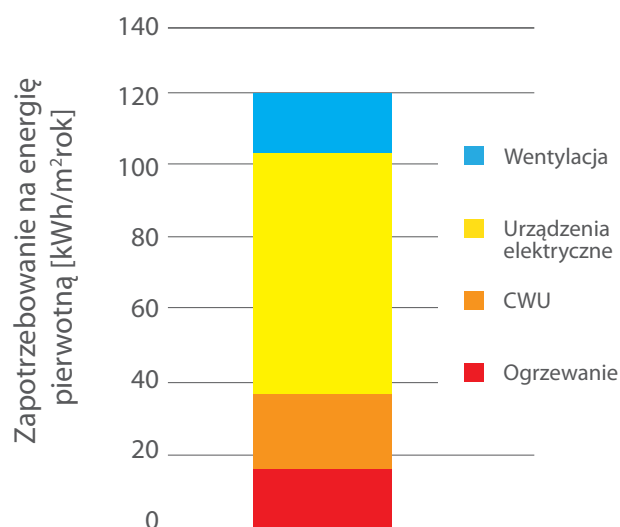




## 13. OGRANICZENIE ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Podjmując działania mające na celu ograniczenie zużycia energii do ogrzewania i przygotowania c.w.u. nie można zapomnieć o zmniejszeniu zużycia energii elektrycznej. Energia elektryczna wykorzystywana jest głównie przez wyposażenie budynku, oświetlenie, układy pomocnicze w instalacjach oraz windy. Na rynku dostępne są energooszczędne urządzenia wysokiej klasy, które powinny być stosowane w budynkach energooszczędnych NF40 i NF15.

Analizując zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną poszczególnych instalacji w domach energooszczędnych łatwo zauważyć, że wpływ urządzeń elektrycznych może być bardzo duży.



Rysunek 13.1 Zapotrzebowanie na energię pierwotną przykładowego budynku energooszczędnego w standardzie NF15

Dzieje się tak, ponieważ w Polsce energia elektryczna jest produkowana w większości z węgla z niską sprawnością, około 33%. Oznacza to, że na jedną kilowatogodzinę energii elektrycznej przypadają trzy kilowatogodziny nieodnawialnej energii pierwotnej w postaci węgla. Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, takich jak systemy fotowoltaiczne przetwarzające energię słoneczną w energię elektryczną, może zapewnić dodatkową ilość zielonej energii elektrycznej. Temat ten będzie szczegółowo omówiony w następnym rozdziale.

### 13.1. Instalacje c.o., c.w.u. i wentylacji

Aby wymiernie zmniejszać zapotrzebowanie na energię elektryczną, należy wziąć pod uwagę wiele

aspektów. Jednym z nich jest wspomniane już we wcześniejszych rozdziałach zastosowanie efektywnych energetycznie instalacji c.o., c.w.u. i wentylacji. Odpowiednio zaprojektowane, starannie wykonane i wykorzystujące urządzenia o wysokiej sprawności, instalacje mogą charakteryzować się małym zużyciem energii elektrycznej, jeśli zastosujemy się do poniższych zasad.

1. Korzystamy tylko z wentylatorów prądu stałego.
2. Przepływ powietrza w systemie wentylacji musi wiązać się z jak najmniejszymi stratami ciśnienia.
3. Jeszcze na etapie projektowania wydzielamy osobną (dobrze zaizolowaną i wentylowaną) przestrzeń do suszenia prania – ogranicza ona lub nawet eliminuje użycie suszarek bębnowych.
4. Obiegi pompowe dla ogrzewania grzejnikowego i podłogowego wykonujemy oddzielnie.
5. Możemy rozważyć zastosowanie wentylacji hybrydowej w przypadku budynków energooszczędnych w standardzie NF40, o ile spełnione zostaną wymagania dotyczące zapotrzebowania na energię do ogrzewania.
6. Jeśli to opłacalne w rozważanym przypadku, zapewniamy przyłączy ciepłej wody dla pralek i zmywarek, gdy mogą być zasilane ciepłą wodą.
7. Szczególną uwagę zwracamy na efektywność energetyczną stosowanych urządzeń, takich jak wentylatory, pompy, napędy pomocnicze czy układy regulacji. Wymagania odnoszące się do tego punktu zostaną omówione w dalszej części książki.
8. Pamiętajmy, że zapewnienie odpowiedniego komfortu cieplnego latem jest możliwe tylko wtedy, gdy poza odpowiednim zaprojektowaniem instalacji wentylacyjnej obniżymy zyski ciepła od słońca oraz wyposażenia.
9. Korzystamy z chłodzenia wodą gruntową lub z nocnego przewietrzania, zamiast energochłonnego chłodzenia lub klimatyzacji.

#### Czy wiesz, że?

Obniżając temperaturę powietrza w domu tylko o 1°C, możesz zmniejszyć o około 5% wydatki na ogrzewanie.

## 13.2. Oświetlenie

Wykorzystanie światła dziennego umożliwia redukcję oświetlenia sztucznego, które odpowiada za ok. 15% kosztów energii elektrycznej. Możemy to uzyskać przez odpowiednie usytuowanie po nasłonecznionej stronie budynku takich pomieszczeń jak salon, gabinet czy kuchnia.

W ciągu ostatnich 25 lat ponad dwukrotnie wzrosła liczba lamp na pojedyncze mieszkanie. Na szczęście, wraz ze wzrostem stosowania sztucznego oświetlenia znacznie częściej, bo już prawie dziesięciokrotnie częściej używamy żarówek energooszczędnych.

Lampy dzielimy na dwa główne rodzaje – lampy żarowe (żarówki zwykłe i halogenowe) oraz gazowe lampy wyładowcze (jarzeniówki – lampy fluorescencyjne, rtęciowe, sodowe) oraz nowoczesne lampy LED i indukcyjne. Sterowanie oświetleniem możemy projektować jako konwencjonalne – okablowanie, magistrale lub systemy scentralizowane. Począwszy od ręcznego sterowania poziomem urządzenia aż po jego automatyzację, proces ten ma na celu zmniejszenie

### Czy wiesz, że?

Żarówki starego typu tylko 5% pobieranej energii wykorzystują do oświetlania, reszta to straty w postaci ciepła. Używanie przez wszystkich Europejczyków tego rodzaju oświetlenia oznaczałoby przenikanie do atmosfery takiej ilości dwutlenku węgla, jaką produkowałoby 25 elektrowni węglowych.

zużycia energii elektrycznej do jak najniższego poziomu, ale zapewniającego komfort użytkownika. Samoczynnie dostosowuje on ilość światła elektrycznego w zależności od udziału światła dziennego, a także obecności w pomieszczeniu użytkowników. Dostęp do tych funkcji możemy łatwo uzyskać przez pilota, panel dotykowy pozwalający na korzystanie z zaawansowanych możliwości systemu, bądź internet – zdalnie w wirtualnym panelu.

Porównując najczęściej stosowane rodzaje źródeł światła, możemy dostrzec dużą oszczędność przy

	Zamiennik LED	Świetlówka kompaktowa (CFL)	Żarówka halogenowa
Trwałość / żywotność	50 000 godzin	10 000 godzin	1 200 godzin
Moc pobierana	3 W	9 W	35 W
Średni koszt 1szt.	45,00 zł	15,00 zł	23,00 zł
Moc zużyta przez 50000 godzin	150 kWh	450 kWh	1750 kWh
Koszt energii elektrycznej (0,55 PLN/1kWh)	82,50 zł	247,50 zł	962,50 zł
Ilość koniecznych źródeł światła	1	5	42
Koszt wymiennych źródeł światła	45,00 zł	75,00 zł	966,00 zł
Całkowity koszt	127,50 zł	322,5	1928,5
W przeciętnym gospodarstwie domowym średnio świeci się około 20 żarówek. Poniżej przedstawiamy więc kalkulację kosztów i oszczędności po 50 000 godzin od zmiany żarówek halogenowych na LED oraz CLF			
Łączny koszt dla 20 szt	2 550,00 zł	6 450,00 zł	38 570,00 zł
Oszczędność wynikająca ze zmiany	36 020,00 zł	32 120,00 zł	-

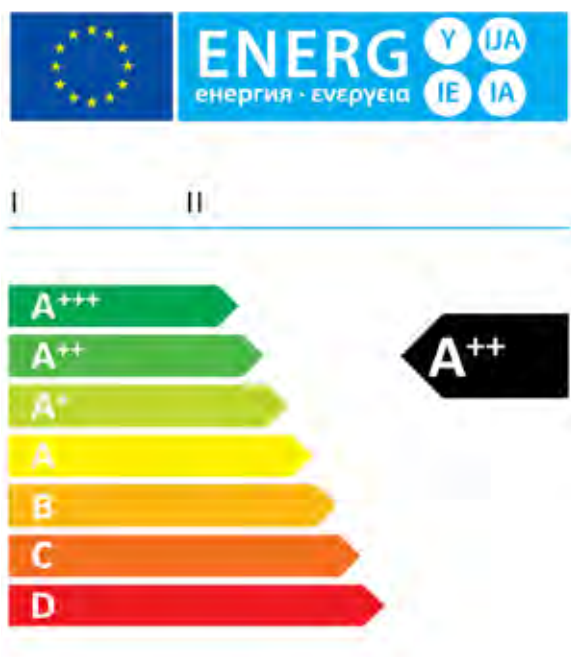
Tabela 13.1 Porównanie kosztów użytkowania różnych źródeł światła dla gospodarstwa domowego

stosowaniu oświetlenia LED, jak i świetlówek kompaktowych.

#### Co jeszcze możemy zrobić?

1. Wyłączenie światła na jedną noc równoważy taką ilość energii, jaka starczyłaby do zagotowania 1000 filiżanek kawy.
2. Oszczędności na oświetleniu można uzyskać nie tylko przez ograniczenie jego użytkowania. Jeśli mimo tych zmian wciąż staramy się zmniejszyć rachunki za oświetlenie, warto zainwestować w wymianę na bardziej energooszczędny osprzęt. W tym wypadku rozwiązaniem może być wymiana źródeł światła na świetlówek kompaktowe, oświetlenie fluorescencyjne lub LED.
3. Oprawy oświetleniowe jak i układ automatycznego sterowania z włącznikiem i wyłącznikiem czasowym i czujnikami ruchu także mogą w istotny sposób wpłynąć na energooszczędność oświetlenia.

Zapewnienie obniżenia kosztów energii elektrycznej dzięki zmianom w systemie oświetlenia jest możliwe tylko przy jednoczesnym edukowaniu wszystkich mieszkańców, uświadamiając im istotę zastosowanych rozwiązań oraz potrzebę kontroli właściwego użytkowania przez każdego z mieszkańców.



Rysunek 13.2 Przykładowa europejska etykieta energetyczna źródeł światła

### 13.3. Energooszczędne urządzenia domowe

Wyposażenie RTV i AGD odpowiedzialne jest za sporą część zużycia energii elektrycznej. Mimo iż większość z nich jest bardziej efektywna energetycznie niż kilka lat temu, wciąż stanowią one problem w tym obszarze.

Do podstawowych urządzeń domowych należą chłodziarka, zamrażarka, suszarka, pralka, zmywarka czy piekarnik. Wybierając właśnie je należy zwrócić uwagę, aby były one w możliwie najwyższym standardzie energetycznym. Niski koszt użytkowania nawet w połączeniu z wyższą ceną urządzenia powoduje znaczne zmniejszenie kosztów jego eksploatacji przez cykl życia.

Wymagania programu określają minimalne klasy sprawności dla napędów elektrycznych IE3 oraz IE2 odpowiednio dla standardów NF15 i NF40. Klasa efektywności energetycznej z kolei musi być zgodna z Rozporządzeniem Komisji (WE) 327/2011, NR 640/2009 i NR 641/2009 z dnia 22 lipca 2009 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europy w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla wentylatorów napędzanych silnikiem elektrycznym

Kryteria	Standard NF15	Standard NF40
Chłodziarki i chłodziarko zamrażarki	A++	A+
Zamrażarki	A+++	A++
Suszarki bębnowe	A	A
Suszarki kondensacyjne	A	A
Pralki bębnowe	A+++	A++
Pralko-suszarki	A	A
Zmywarki do naczyń	A+++	A++
Piekarniki elektryczne	A	A

Tabela 13.2 Zalecane klasy energetyczne urządzeń dla budynków energooszczędnych NF15 i NF40



### Etykieta energetyczna dla pralek

W etykiecie dla pralek zachowana została siedemnastopniowa skala klas efektywności energetycznej, przy czym dawne wartości z dołu strefy czerwonej zastąpione zostały przez trzy dodatkowe, zielone klasy na górze: A+, A++ oraz A+++.

Obowiązkowo podane są w skali roku, deklaracja o poziomie emisji hałasu, ładowność w kg oraz klasa efektywności wirowania.

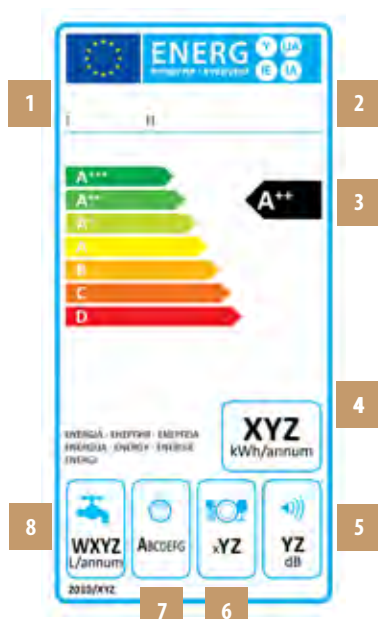


1. Marka
2. Symbol modelu
3. Klasa efektywności energetycznej
4. Roczne zużycie energii (w kWh) (na podst. 220 standardowych cykli prania rocznie)
- 5 i 6. Emisja hałasu (w dB) podczas faz prania i wirowania, dla programu bawełna 60°C przy pełnym załadunku
7. Klasa efektywności wirowania
8. Pojemność w kilogramach
9. Zużycie wody w litrach na rok (na podst. 220 standardowych cykli prania rocznie)

### Etykieta energetyczna dla zmywarek

Tu również w wykresie klas efektywności energetycznej dawne wartości z dołu strefy czerwonej zastąpione zostały przez trzy dodatkowe, zielone klasy na górze: A+, A++ oraz A+++.

Obowiązkowo podane są wartości zużycia energii i wody w skali roku, deklaracja o poziomie hałasu, ładowność w kompletach naczyń oraz klasa efektywności suszenia.



1. Marka
2. Symbol modelu
3. Klasa efektywności energetycznej
4. Roczne zużycie energii (w kWh) (na podst. 280 standardowych cykli zmywania rocznie)
5. Poziom emisji hałasu (w dB)
6. Pojemność w kompletach naczyń przy standardowym rozmieszczeniu naczyń
7. Klasa efektywności suszenia
8. Pojemność w kilogramach
9. Zużycie wody w litrach na rok (na podst. 280 standardowych cykli zmywania rocznie)

### Etykieta energetyczna dla urządzeń chłodzących

W związku z postępującym procesem skutecznego obniżania zużycia energii przez wiodących producentów, zastąpiono trzy stare klasy z dołu wykresu efektywności energetycznej klasami o najlepszych wynikach: A+, A++ i A+++.

Podane jest też roczne zużycie energii, pojemność poszczególnych stref urządzenia oraz obowiązkowa deklaracja o poziomie hałasu.



1. Marka
2. Symbol modelu
3. Klasa efektywności energetycznej
4. Roczne zużycie energii (w kWh)
5. Poziom emisji hałasu (w dB)
6. Całkowita pojemność przestrzeni zamrażania
7. Pojemność przestrzeni chłodzenia bez stref oznakowanych gwiazdkami

Rysunek 13.3 Przykładowe etykiety energetyczne urządzeń z objaśnieniami

o poborze mocy od 125 W do 500 kW, silników elektrycznych, pomp cyrkulacyjnych bezdławnicowych wolnostojących i pomp cyrkulacyjnych bezdławnicowych zintegrowanych z produktami (o ile dotyczy). Odwołując się do międzynarodowych norm, oznaczenia te określają: IE1 – standardową sprawność, IE2 – wysoką sprawność, IE3 – sprawność premium, IE4 – sprawność super-premium. Co do efektywności energetycznej, zawiera się ona w skali od A do

G, gdzie A oznacza urządzenia najbardziej efektywne. Klasy A+, A++ i A+++ zostały wprowadzone dla lodówek, pralek, zmywarek i telewizorów, charakteryzując urządzenie o bardzo wysokiej efektywności energetycznej. Pobór mocy w odniesieniu do systemu wentylacji ma być jednocześnie mniejszy od 0,40 W/(m<sup>3</sup>/h) lub 0,50 W/(m<sup>3</sup>/h).

Charakterystyki energetyczne urządzenia w zależności od jego rodzaju uwzględniają poza standardo-

## Czy wiesz, że?

- Ładowarki podłączone do gniazdka, nawet, kiedy nie są używane – zużywają energię.
- Włączony przez cały dzień i noc komputer zużywa tyle energii, ile potrzeba do przygotowania ciepłego posiłku dla 6 osób.
- Gotując zbyt dużą ilość wody, której nie wykorzystujemy, chociażby o szklankę za dużo – wykorzystujemy tyle energii, ile potrzeba na oświetlenie domu przez cały dzień lub oglądanie telewizji przez całą dobę.

wymi danymi: roczną wartość zużycia energii i wody, deklarację o poziomie hałasu, ładowność oraz efektywność wirowania (dla pralek) lub suszenia (dla zmywarek).

## Wskazówki pozwalające na ograniczenie zużycia energii elektrycznej

1. Używanie urządzeń o mniejszym zużyciu energii to także umiejętne z nich korzystanie. Stan czuwania powszechny w większości urządzeń domowych, z reguły w połowie z nich całkowicie nie jest potrzebny. Odpowiada on zaś aż za 8% całkowitego zużycia energii w mieszkaniu.
2. Do ochrony przed zamarzaniem np. rur stosuje się taśmy grzewcze. Bardziej energooszczędna alternatywą są systemy grzewcze wewnątrz przegród lub dobrze zaizolowane przewody.
3. Kuchnia elektryczna zużywa nawet 4 razy więcej energii niż kuchnia gazowa.
4. Bezpośrednio ograniczać należy wykorzystanie energii elektrycznej do celów grzewczych.

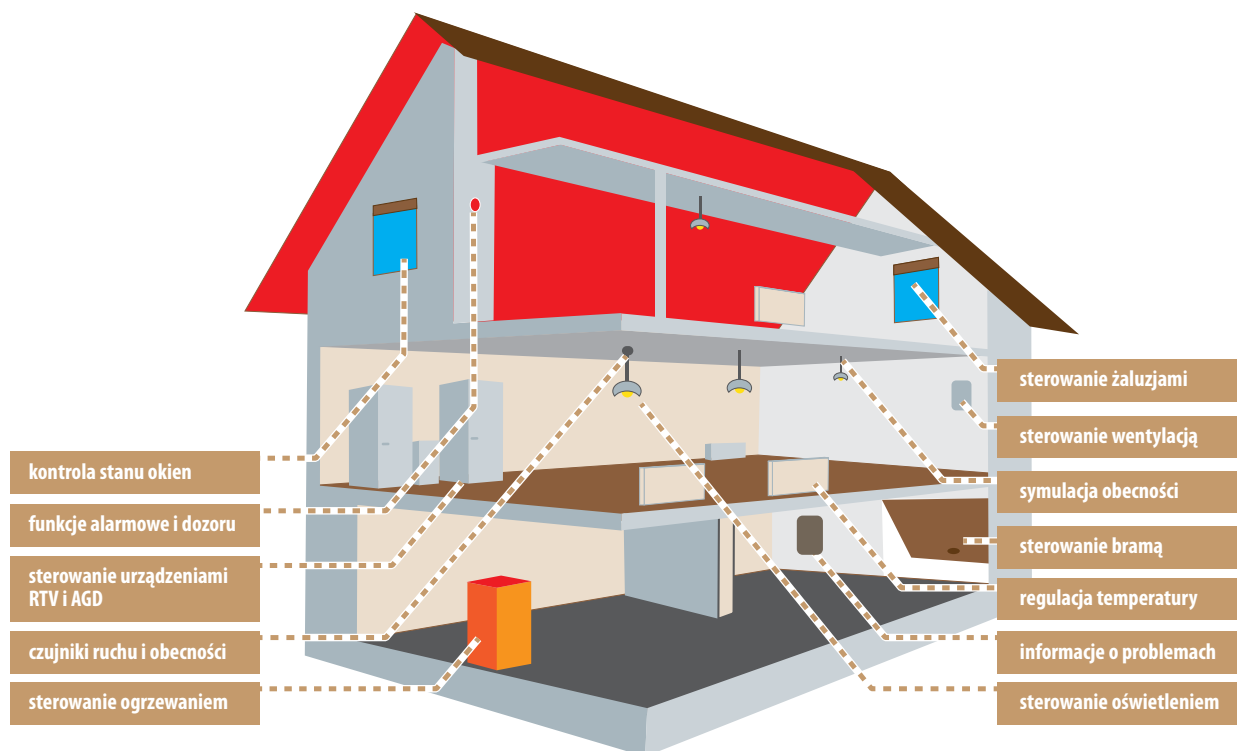


## 13.4. Inteligentny budynek

Inteligentny budynek posiada system czujników i detektorów oraz jeden, zintegrowany system zarządzania wszystkimi znajdującymi się w budynku instalacjami. Do systemu można włączyć np. oświetlenie, rolety, instalację wentylacji i ogrzewania, zyskując dzięki temu na dostosowaniu czasu pracy urządzeń do faktycznego zapotrzebowania. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu sterowników pozwalających na zaprogramowanie bezobsługowego włączenia i wyłączenia danego urządzenia o określonej porze



dnia, tygodnia, roku. W przypadku oświetlenia można zastosować włączniki zmierzchowe, bądź ruchowe. System inteligentnego sterowania daje również możliwość magazynowania i efektywnego wykorzystania energii z odnawialnych źródeł. Oszczędności wynikające z mieszkania w inteligentnym domu czy mieszkaniu to nawet 25% zaoszczędzonej energii elektrycznej i w zależności od konstrukcji budynku do 20% mniejsze zużycie energii cieplnej. Przykład funkcji i możliwości inteligentnego systemu zarządzania budynkiem przedstawiono na rysunku 13.4.



Rysunek 13.4 Schemat inteligentnego domu





## 14. WYKORZYSTANIE ENERGII ZE ŹRÓDEŁ ODNAWIALNYCH

Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych zależy w znacznym stopniu od wybranego źródła energii. W celu osiągnięcia jak największego obniżenia emisji szkodliwych zanieczyszczeń do środowiska należy wykorzystywać w budynkach energię odnawialną. Może ona służyć do ogrzewania, przygotowania c.w.u. oraz produkcji energii elektrycznej, a zakres dostępnych technologii jest bardzo szeroki. W budynkach energooszczędnych możemy korzystać z następujących rodzajów energii:

- Energia promieniowania słonecznego – systemy pasywne oraz systemy aktywne (kolektory słoneczne, panele fotowoltaiczne).
- Ciepło zmagazynowane w gruncie – gruntowe wymienniki ciepła, pompy ciepła.
- Energia wiatru – małe elektrownie wiatrowe.
- Energia biomasy – kotły na biomasę, kominki.

Wykorzystanie źródeł odnawialnych powinno być poddane każdorazowo analizie ekonomicznej. Nie wszystkie inwestycje korzystne z punktu widzenia środowiska są opłacalne i mają szansę się zwrócić w krótkiej perspektywie czasu. W dużej mierze zależy to od uwarunkowań lokalizacji naszej inwestycji, m.in. rzeźby terenu, średniego nasłonecznienia czy średniej prędkości wiatru na danym terenie.

### 14.1. Pasywne systemy słoneczne

Jeżeli korzystamy z energii słonecznej nie wykorzystując dodatkowej energii z zewnątrz, mówimy wtedy o pasywnym systemie słonecznym. W budynkach energooszczędnych polega on na zastosowaniu odpowiedniej architektury słonecznej do maksyma-





Rysunek 14.1 Przykłady pasywnych systemów słonecznych

lizowania zysków od promieniowania słonecznego. Zagadnienie to szerzej omówione jest w rozdziale 7 – okna.

Systemy pasywne możemy podzielić na dwa rodzaje:

### System zysków bezpośrednich

Najprostszy pasywny system grzewczy, polegający na bezpośredniej penetracji promieniowania słonecznego do wnętrza domu przez okna. Energia ta jest pochłaniana i magazynowana w ścianie i podłodze, a następnie częściowo oddawana do powietrza wewnętrznego, podnosząc jego temperaturę.

### System zysków pośrednich

Zmiany temperatury wewnętrznej w skutek działania systemu zysków bezpośrednich, mogą być czasami na tyle duże, że będą powodować dyskomfort cieplny wewnątrz budynku. Sposobem na uniknięcie tego zjawiska, dającym także możliwość przesunięcia okresu dostarczania energii do pomieszczenia na późniejsze godziny, jest zastosowanie pośredniego systemu zysków słonecznych. Polega on na odizolowaniu wnętrza budynku od bezpośredniego działania promieni słonecznych. Ciepło magazynowane jest przez maszyną ścianę (Trombe'a), znajdującą się za przeszkloną powierzchnią. Dzięki szczelnie wentylacyjnej, istniejącej między tymi elementami, możliwe jest przeniesienie zysków ciepła do pomieszczenia.

Metody ogrzewania pasywnego mogą być skuteczne jedynie w budownictwie o małym jednostkowym zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania i wymagają zastosowania systemu ogrzewania tradycyjnego o małej bezwładności. Dlatego są to rozwiązania idealne dla budynków energooszczędnych.

## 14.2. Aktywne systemy słoneczne

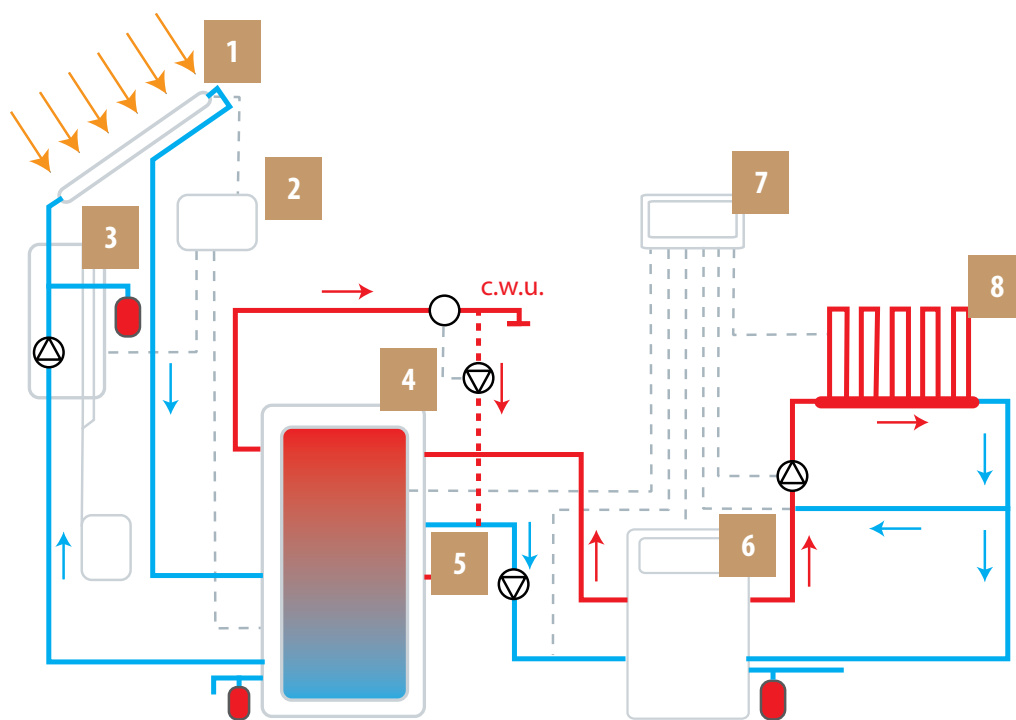
Rozróżniamy dwa typy instalacji korzystających z energii słonecznej:

- kolektory słoneczne – służące zazwyczaj do przygotowania c.w.u.,
- panele fotowoltaiczne - służące do produkcji energii elektrycznej.

### 14.2.1. Kolektory słoneczne

Są to urządzenia służące do bezpośredniej przemiany energii promieniowania słonecznego w użytkowne ciepło, w budynkach energooszczędnych najczęściej wykorzystywane do przygotowania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.). Instalacja składa się z kolektora słonecznego wystawionego na bezpośrednie działanie promieniowania słonecznego, który w możliwie maksymalnym stopniu je pochłania oraz czynnika cyrkulującego w zamkniętym obiegu, który odbiera zgromadzone ciepło, a następnie oddaje np. w zbiorniku c.w.u.





**LEGENDA**

- 1 - kolektory słoneczne
- 2 - regulator systemu solarnego
- 3 - zespół pompowy
- 4 - zbiornik solarny cwu z 2 wężownicami
- 5 - grzałka elektryczna
- 6 - kocioł c.o.
- 7 - regulator kotła c.o.
- 8 - obieg grzewczy c.o.

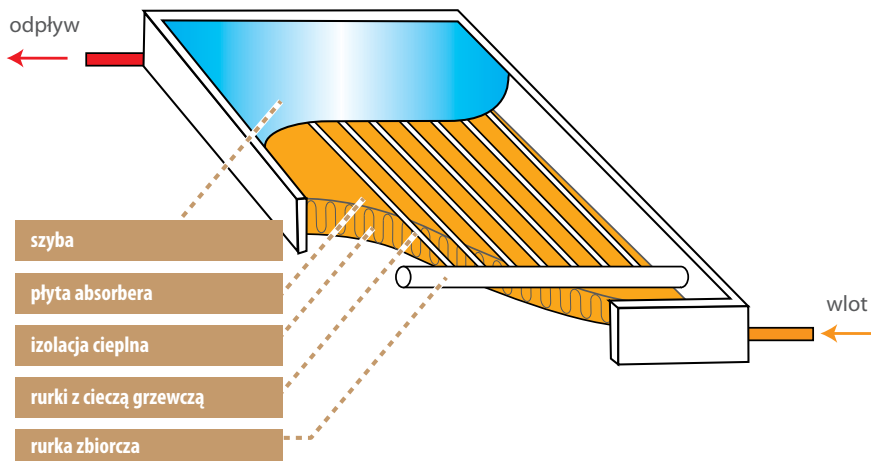
Rysunek 14.2 Schemat działania instalacji solarnej

**Typy kolektorów słonecznych:**

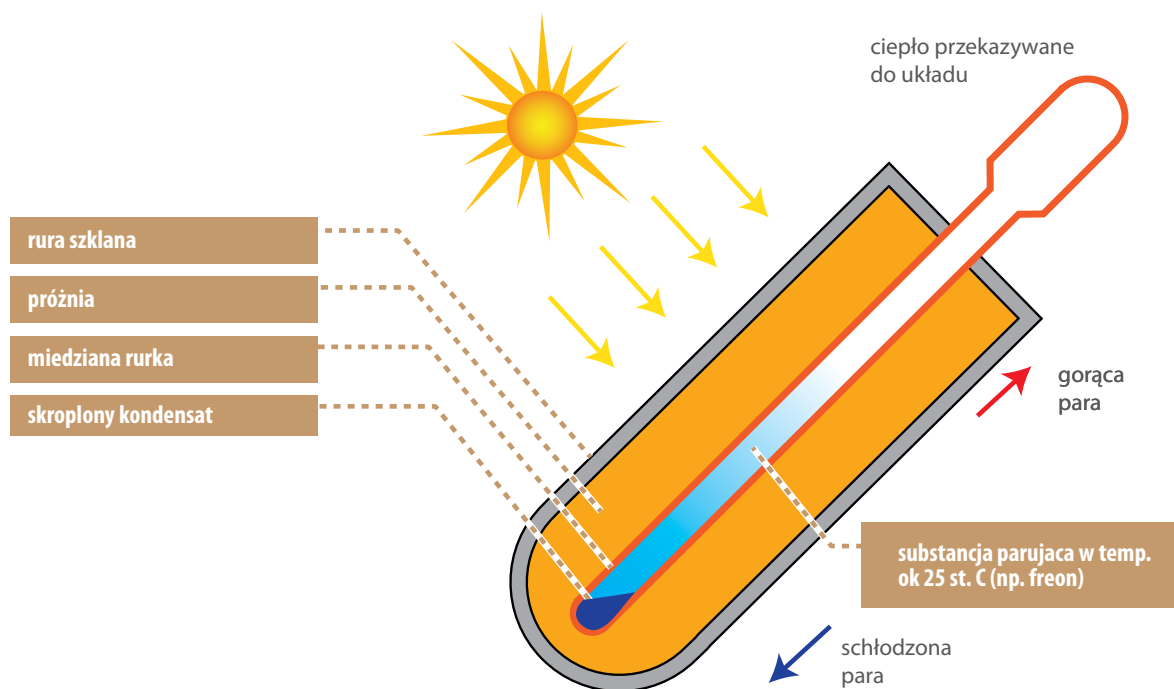
**Kolektory płaskie**

Najczęściej spotykany typ kolektora, mający kształt płyty. Ciecz w takim kolektorze przepływa przez rurki połączone trwale ze specjalną płytą pochłaniającą

energię promieniowania słonecznego (tzw. absorber). Całość zamknięta jest w szczelnej obudowie, która z góry osłonięta jest przez przykrycie transparentne – najczęściej szkło o dużej wytrzymałości mechanicznej. Tylna część i boki absorbera osłonięte są materiałem izolacyjnym.



Rysunek 14.3 Budowa kolektora płaskiego



Rysunek 14.4 Schemat działania rurki ciepła w kolektorze próżniowym

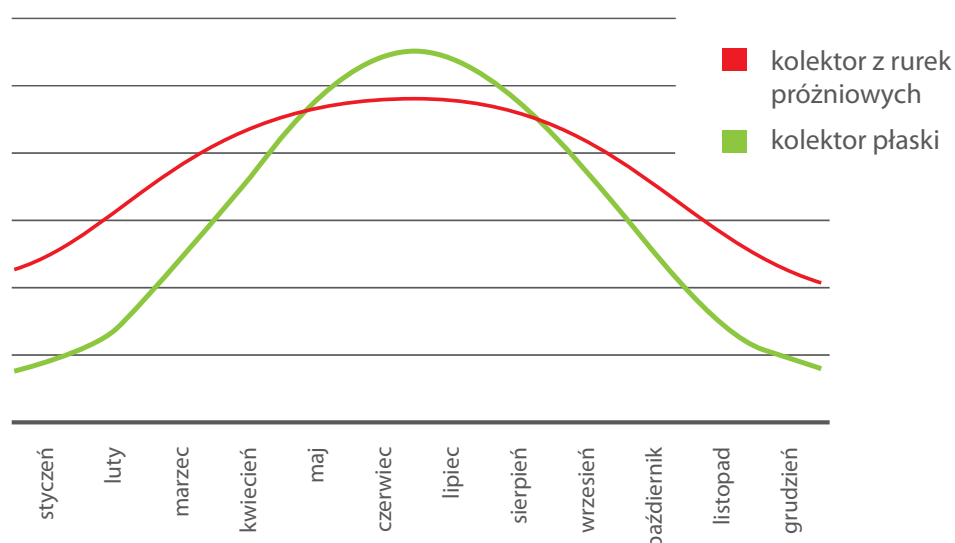
### Kolektory próżniowe

Przepływowo – z bezpośrednim przepływem czynnika grzewczego w rurkach, zamkniętych w rurze próżniowej, zapewniającej doskonałą izolację cieplną.

Typu heat-pipe – rozwiązanie bardziej zaawansowane technologicznie, używające tzw. rurki ciepła. Charakteryzuje się najwyższą sprawnością w ciągu całego roku.

Wybór rodzaju kolektorów słonecznych będzie kwestią indywidualną każdej inwestycji i będzie zależał od wielu czynników. Kolektory płaskie charakteryzują się niższymi kosztami początkowymi, a także są bardziej estetyczne. Natomiast kolektory próżniowe mają większą sprawność w pochmurne dni i można użytkować je przez cały rok. Na rysunku 14.5 przedstawiono porównanie wydajności cieplnej dwóch rodzajów kolektorów, według Instytutu Energii Odnawialnej.

## Porównanie wydajności cieplnych kolektora płaskiego i próżniowo-rurkowego



Rysunek 14.5 Porównanie wydajności cieplnej kolektora płaskiego i próżniowo-rurkowego, źródło: Instytut Energii Odnawialnej

## Czy wiesz, że?

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oferuje 45% dopłaty do kredytów na kolektory słoneczne. Więcej informacji o programie na stronie NFOŚiGW [www.nfosigw.gov.pl](http://www.nfosigw.gov.pl).

### 14.2.2. Panele fotowoltaiczne

Służą do konwersji energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Główną ich zaletą jest wytwarzanie czystej energii, bez emisji zanieczyszczeń, hałasu czy innych czynników negatywnie wpływających na środowisko. Niestety wytwarzany prąd jest prądem stałym, więc w większości przypadków do zasilania urządzeń potrzebne będzie dodatkowe urządzenie (falownik) zamieniające go na prąd zmienny.

Podstawowym elementem paneli fotowoltaicznych (PV) jest ogniwo fotowoltaiczne, bezpośrednio odpowiedzialne za zamianę energii słonecznej

## Czy wiesz, że?

Komisja Europejska udostępniła mapę średniego rocznego nasłonecznienia w Polsce, pokazującej, w których częściach Polski możemy liczyć na najwyższe zyski słoneczne i gdzie potencjał zastosowania fotowoltaiki jest największy.



w elektryczną. Ilość energii elektrycznej produkowanej przez system fotowoltaiczny zależy od wielu parametrów: zainstalowanej mocy, powierzchni paneli, sprawności, lokalizacji, orientacji płaszczyzny względem stron świata, jej nachylenia, nasłonecznienia, temperatury otoczenia.

**Systemy fotowoltaiczne dzielimy na dwa rodzaje:**

#### Podłączone do sieci (in-grid):

- wymagają dodatkowego urządzenia (falownik) zamieniającego prąd stały na zmienny,
- wymagają dodatkowych zabezpieczeń na wypadek awarii sieci,
- muszą być dostosowane do standardów przesyłu,
- częściowo rozwiązują problem przechowywania energii w systemie energetycznym,
- alternatywnie możemy używać systemu akumulatorów awaryjnych,

#### Odlądzone od sieci (off-grid):

- wymagają systemu akumulatorów,
- są mniej efektywne kosztowo,
- umożliwiają bezpośrednie zasilanie urządzeń na prąd stały (np. system oświetlenia).

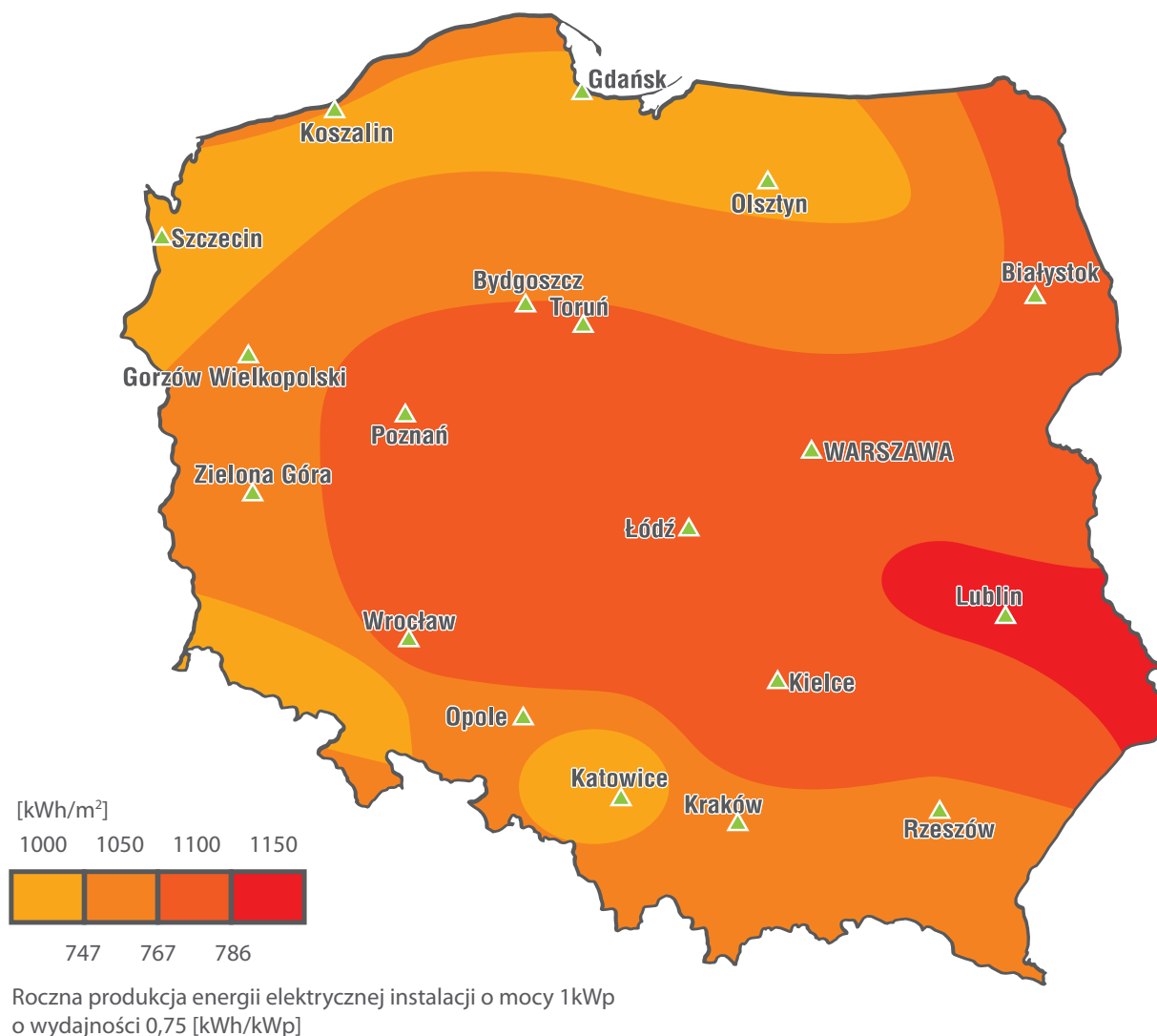
Na zdjęciach przedstawiono pokazową instalację paneli fotowoltaicznych, „Projekt fotowoltaiczny w Warszawie”, zainstalowaną na terenie Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej. Składają się na nią dwa systemy, o jednakowej mocy nominalnej 4,32 kWp:

- nieruchoma konstrukcja wolnostojąca – czyli nieruchome PV o kącie nachylenia 30°,

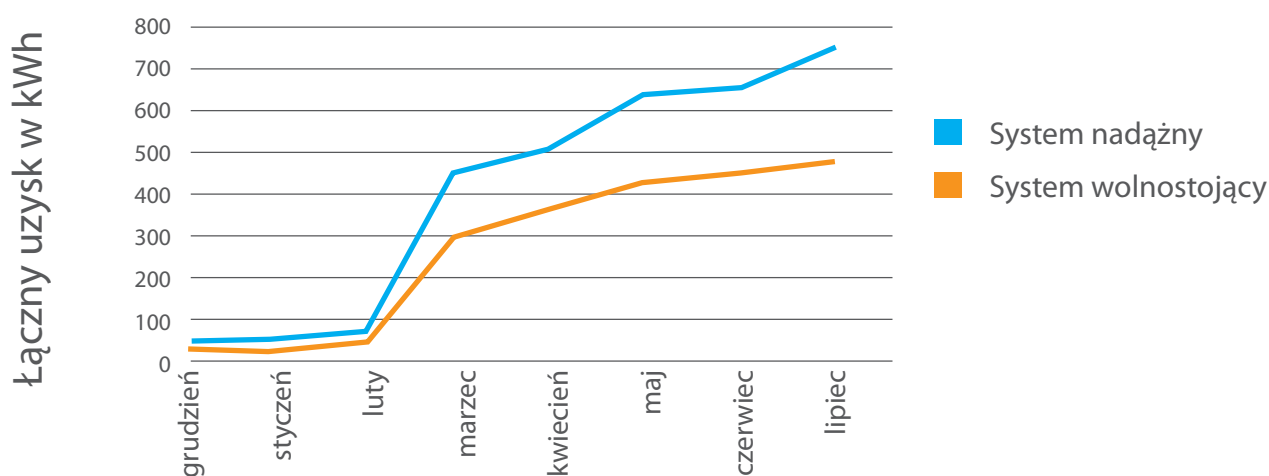


Rysunek 14.6 Instalacja PV, po lewej jednoosiowy system śledzenia położenia słońca, po prawej nieruchoma konstrukcja wolnostojąca





Rysunek 14.7 Promieniowanie całkowite roczne na powierzchnię poziomą w kWh/m<sup>2</sup> i potencjał produkcji energii z paneli fotowoltaicznych w kWh/m<sup>2</sup>, źródło: JRC



Rysunek 14.8 Porównanie wydajności dwóch systemów PV, źródło: <http://solarproject-warsaw.eu>

- jednoosiowy system śledzenia położenia słońca – PV z zainstalowanymi czujnikami optycznymi, naprowadzającymi konstrukcję na słońce.

Jest to część niemieckiego projektu „Inicjatywa eksportowa. Energie odnawialne”, mającego na celu zaprezentowanie korzyści z zastosowanego nadążnego systemu instalacji fotowoltaicznej. Projekt został uruchomiony w połowie grudnia 2012 roku i już po siedmiu i pół miesiącach działania (sierpień 2013 r.) całkowity uzysk z instalacji z nadążnym systemem śledzenia jest o 49% wyższy w porównaniu z nieruchomym.

### 14.3. Ciepło zmagazynowane w gruncie

Energia zgromadzona w gruncie może być pozyskiwana za pomocą pomp ciepła lub gruntowego wymiennika ciepła GWC. Pompy ciepła pobierają ciepło z gruntu i podnoszą je na wyższy poziom energetyczny. Uzyskane ciepło ma niską cenę jednostkową, ale związane to jest z poniesieniem wysokich kosztów zainstalowania pompy i całego systemu. Natomiast GWC służy do wstępnego przygotowania powietrza wentylacyjnego – podgrzania w trakcie zimy i ochłodzenia w lato.

#### 14.3.1. Pompy ciepła

Pompa ciepła odbiera energię ze źródła o niskiej temperaturze (źródło dolne) i przenosi ją do źródła o wyższej temperaturze (źródło górne), gdzie zostaje

wykorzystana do ogrzewania pomieszczeń lub podgrzewania ciepłej wody użytkowej. W przypadku korzystania z energii zmagazynowanej w gruncie, jako dolne źródło można wykorzystać:

- grunt,
- wody gruntowe.

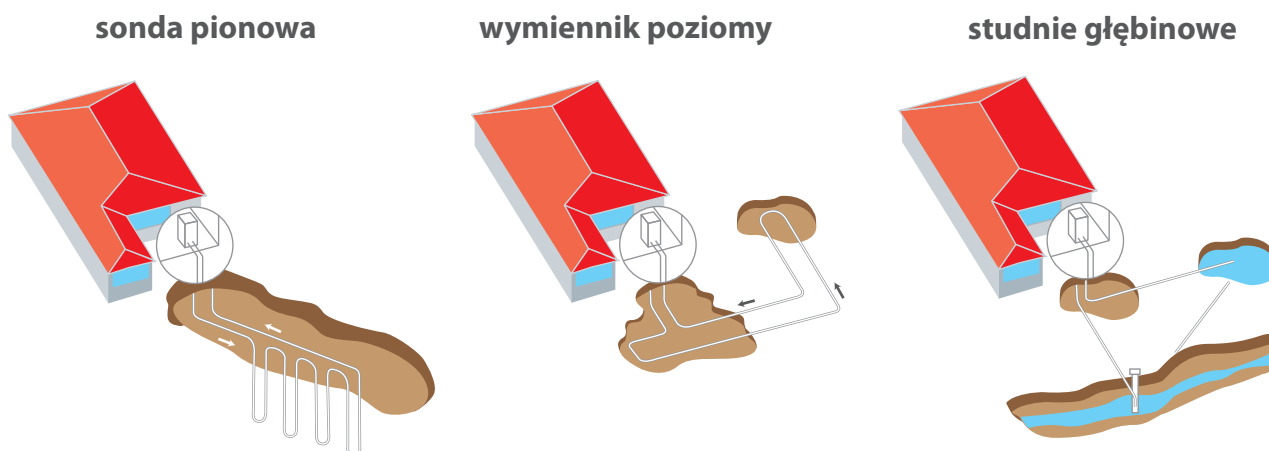
W przypadku pobierania ciepła z gruntu, wykorzystujemy w tym celu pionowy lub poziomy wymiennik gruntowy. Jeżeli ciepło pobierane jest z wody gruntowej, stosuje się wtedy studnię głębinową – woda jest ujmowana w tzw. studni czerpalnej, a wprowadzana z powrotem do gruntu przez tzw. studnię zrzutową.

Gruntowe pompy ciepła, zależnie od medium krążącego w obiegach zewnętrznych (wymiennik gruntowy, instalacja ogrzewania w budynku) można podzielić na dwa rodzaje:

- woda – woda (W/W),
- solanka – woda (B/W), dla pionowych i poziomych wymienników gruntowych.

Oznacza to, że w instalacji dolnego źródła krąży woda lub solanka (pierwsza część oznaczenia), natomiast w instalacji grzewczej krąży woda (druga część oznaczenia).

System W/W spotykamy w instalacjach ze studniami głębinowymi, a system B/W w przypadku pionowych i poziomych wymienników gruntowych. Pompy ciepła, a także podstawowe parametry opisujące ich działanie (COP, SPF) zostały omówione w rozdziale 10 zatytułowanym „System ogrzewania”. Musimy być jednak świadomi, że pompy ciepła, pomimo wykorzystywania energii zgromadzonej w gruncie, do swojej pracy zużywają energię elektryczną, która w Polsce jest mało ekologiczna (produkowana w większości z nieodnawialnych źródeł – z węgla).



Rysunek 14.9 Typy wymienników gruntowych, źródło: www.retscreen.net



# Pompy ciepła - ciepło płynące z natury

Katarzyna Narojczyk, ekspert firmy Alpha-Inno Tec

Budując dom, chcemy, by był spełnieniem naszych marzeń, był ładny, przytulny i oczywiście ciepły. Jednym z głównych kosztów, zarówno w trakcie budowy, jak i późniejszej eksploatacji, jest jego ogrzanie. W ostatnim czasie popularność zyskały pompy ciepła. Wszystko za sprawą stale rosnących cen surowców, z których standardowo pozyskiwane jest ciepło w naszych domach. Przy wyborze systemu ogrzewania opartego na pompach ciepła, warto wiedzieć, na co zwrócić uwagę na etapie planowania oraz instalacji, jakie są najczęstsze błędy związane z pompami ciepła i jak się ich ustrzec.

Teoretycznie ciepło pozyskane przy pomocy pompy ciepła jest darmowe. Teoretycznie, gdyż do działania pompa wymaga energii elektrycznej. Mimo to, koszt uzyskania ciepła poprzez pompę ciepła jest porównywalny z nowoczesnym kotłem węglowym, dwukrotnie niższy w stosunku do dobrego kotła na gaz ziemny i aż trzykrotnie niższy od ciepła wytwarzanego przez kocioł olejowy.



Dzięki instalacji z pompą ciepła zyskujemy możliwość zagospodarowania przestrzeni, którą przy konwencjonalnych systemach grzewczych musielibyśmy przeznaczyć na zapas materiału opałowego, czy też instalacje kominowe. Praca pompy ciepła jest bezobsługowa i nie wymaga okresowych przeglądów. Istnieją też urządzenia z możliwością podłączenia do Internetu, dzięki czemu z każdego miejsca możemy sterować układem oraz otrzymywać informacje dotyczące usterek za pomocą SMS, faksu lub e-maila. Dodatkowym argumentem na korzyść pomp ciepła jest czynnik ekologiczny - niska emisja CO<sub>2</sub> oraz wykorzystywanie energii odnawialnej, która jest nieograniczona. Biorąc pod uwagę fakt, że żywotność sprężarki dochodzi do 30-stu lat – pompy ciepła są bezkonkurencyjnym liderem na rynku.

## Krok pierwszy – prawidłowy dobór pompy ciepła

Mając obliczone zapotrzebowanie na moc grzewczą danego budynku oraz wymaganą wydajność systemu grzewczego, konieczną do ogrzania pomieszczeń oraz wody, instalator może dokonać optymalnego doboru urządzenia. Określenie mocy pompy ciepła to jeszcze nie wybór urządzenia ze zintegrowanym zasobnikiem c.w.u., do których osobno należy dostawić zasobnik. Przy doborze wielkości zasobnika należy zwrócić uwagę na powierzchnię ogrzewalną wężownicy, która pozwala na odbiór mocy grzewczej z pompy ciepła. Które rozwiązanie wybrać, zależy również od powierzchni, jaką dysponujemy. Powszechnie uważa się, że pompa ciepła służy jedynie do ogrzewania, a one mogą także chłodzić. Pompy powietrze/ woda do chłodzenia wymagają pracy sprężarki. W przypadku pomp glikol/woda lub woda/ woda energia potrzebna jest jedynie na pracę pomp obiegowych. Ostatni element to decyzja, czy pompa ciepła ma współpracować z innym źródłem ciepła. Naturalnie sama pompa ciepła jest w stanie zapewnić pełne pokrycie strat ciepła nawet przy największych mrozach. Jeśli natomiast już mamy tradycyjny kocioł, możemy go z pompą połączyć w tzw. system biwalentny.

## Krok drugi – dolne źródło

Źródłem ciepła dla pompy może być powietrze, woda lub grunt. Jeśli pompę cie-

pła montujemy w istniejącym budynku, gdzie teren wokół domu jest już zagospodarowany, a inwestor nie chce nawet myśleć o zniszczeniu pięknego ogrodu – rozwiązaniem jest pompa powietrze/ woda, gdyż nie wymaga żadnych prac ziemnych. Najlepszym dolnym źródłem są wody gruntowe, jednak niewiele działek spełnia warunki, by je wykorzystać. Najbardziej popularnym źródłem ciepła są systemy gruntowe. Sondy gruntowe mogą być wykonywane wyłącznie przez wyspecjalizowane firmy. Najczęściej firma wiertnicza przejmuje obowiązek uzyskania pozwolenia na wykonanie odwiertu, a jego realizacja trwa zazwyczaj kilka godzin.

## Krok trzeci – dostarczenie ciepła do pomieszczenia

Decyzja, czy umieścimy w pomieszczeniach grzejniki naścienne, czy ogrzewanie podłogowe, musi zostać podjęta już podczas budowy, późniejsze zmiany, chociaż możliwe, mogą wiązać się ze sporymi kosztami. Pompy ciepła zapewniają temperaturę zasilania dochodzącą nawet do 70°C. Ich wydajność jest jednak tym większa, im mniejsza jest różnica pomiędzy wartością temperatury zasilania, a temperatury źródła ciepła. Najlepszym rozwiązaniem w przypadku pomp ciepła są systemy niskotemperaturowe, gdzie maksymalna temperatura zasilania wynosi 35°C, jak w przypadku ogrzewania podłogowego. Ten sposób przekazywania ciepła do pomieszczenia zazwyczaj nie wymaga bufora wody grzewczej, dzięki czemu oszczędzamy na instalacji, przy maksymalnie ekonomicznej pracy. Istotnym elementem układu, jest wybór dobrego regulatora i sterowania instalacji, które przekładają się na jeszcze większe korzyści ekonomiczne poprzez zmniejszenie zużycia ciepła.



źródło: Alpha-Inno Tec

### 14.3.2. Gruntowy wymiennik ciepła

Kolejnym rozwiązaniem, korzystającym z energii zgromadzonej w gruncie, jest gruntowy wymiennik ciepła, którego zadaniem jest wstępne przygotowanie powietrza wentylacyjnego. Energia zakumulowana w gruncie w okresie letnim może zostać wykorzystana do podgrzania powietrza nawiewanego podczas zimy, a wychłodzenie gruntu w czasie zimy pozwoli na schładzanie powietrza czerpanego latem. Dokładny opis instalacji zawarty jest w rozdziale 9 zatytułowanym „System wentylacji”.

## 14.4. Energia wiatru

Energia powstająca przy wykorzystaniu turbin wiatrowych uznawana jest za ekologicznie czystą, gdyż poza nakładami energetycznymi podczas budowy, nie wymaga spalania żadnego paliwa.

Do zasilenia budynku jednorodzinnego można wykorzystać małe elektrownie wiatrowe o mocy od 800 W do 5000 W. Pojęcie małej (rozproszonej) energetyki wiatrowej oznacza pojedyncze turbiny wiatrowe o mocy nieprzekraczającej 100 kW, zlokalizowane głównie w pobliżu domostw, jako alternatywne źródło energii.

**Zastosowania małych elektrowni wiatrowych obejmują obecnie trzy główne obszary:**

- Systemy autonomiczne (off-grid), niepodłączone do sieci elektroenergetycznej, co łączy się z koniecznością dostaw energii elektrycz-

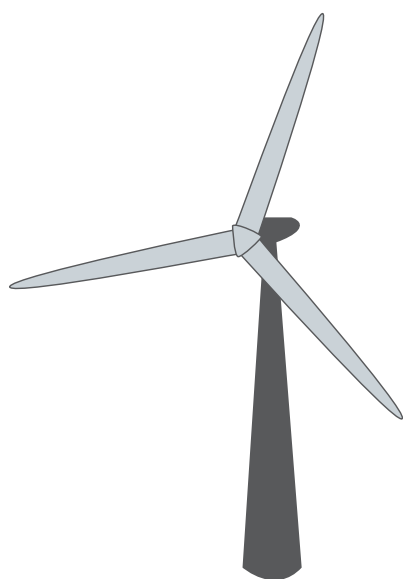
nej nie tylko w określonej ilości, lecz także jakości (napięcie i częstotliwość) oraz jej magazynowania (akumulatory elektrochemiczne, zasobniki gorącej wody i inne).

- Systemy działające w ramach generacji rozproszonej (on-grid lub grid connected), podłączone do większych systemów dystrybucji energii. Operator systemu elektroenergetycznego przejmuje odpowiedzialność za ciągłość dostaw energii oraz jej parametry jakościowe.
- Systemy mieszane z zastosowaniem systemów magazynowania (akumulatory elektrochemiczne), działające w zasadzie jako systemy autonomiczne, jednak podłączone do sieci w celu zapewnienia ciągłości dostaw energii elektrycznej.

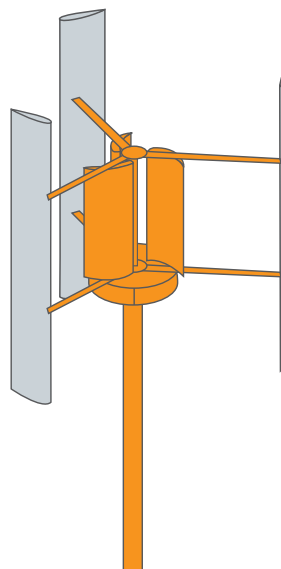
Najczęściej spotykane są turbiny o poziomej osi obrotu i wirnikach trójskrzydłowych. Jednak zdarzają się też modele o pionowej osi obrotu. Z reguły montowane są na wieżach o wysokości 10-25 m. Minimalna prędkość wiatru pracy turbiny to 3 m/s, a do osiągnięcia nominalnej mocy potrzeba ok. 11-13 m/s (takie prędkości wiatru w warunkach polskich są rzadko spotykane).

Produktywność małej elektrowni wiatrowej w znacznym stopniu zależy od jej lokalizacji. Dlatego ważne jest jej prawidłowe umieszczenie – wyniesienie turbin ponad 6 m powyżej najwyższej okolicznej przeszkody, w miejscu występowania stabilnego wiatru. W realnych warunkach dla małych elektrowni wiatrowych parametr produktywności wynosi ok. 250 W/m<sup>2</sup>.

#### Turbina z poziomą osią obrotu



#### Turbina z pionową osią obrotu



Rysunek 14.10 Turbina z poziomą i pionową osią obrotu



## 14.5. Energia biomasy

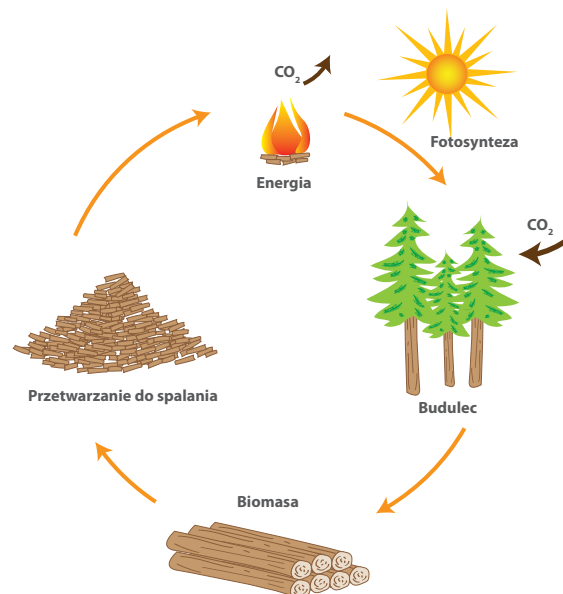
Biomasa, według Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 23 lutego 2010 r., definiowana jest jako „stałe lub ciekłe substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które ulegają biodegradacji, pochodzące z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej i leśnej, a także przemysłu przetwarzającego ich produkty, oraz części pozostałych odpadów, które ulegają biodegradacji, a także ziarna zbóż niespełniające wymagań jakościowych dla zbóż w zakupie interwencyjnym (...) i ziarna zbóż, które nie podlegają zakupowi interwencyjnemu”.

W budynkach energooszczędnych najczęściej wykorzystujemy biomasę w postaci drewna, którą możemy podzielić ze względu na źródło powstawania na pochodzącą z:

- Leśnych drzew, które nie były wcześniej wykorzystane. Są to przede wszystkim elementy powstałe po wycince drzew, pnie, odpady i produkty uboczne przemysłu drzewnego, takie jak kora, trociny, wióry, zrębki,
- Drewna z odzysku: opakowania, szalunki, materiał budowlany (z rozbiórki domów).

Nowoczesne systemy ogrzewania drewnem działają równie sprawnie, jak konwencjonalne systemy olejowe lub gazowe. Jest to bardzo ważne, gdyż biomasa, a przede wszystkim paliwa drzewne, to cenny surowiec, który należy jak najbardziej efektywnie wykorzystywać, w tym również w energetycznych zastosowaniach. Do paliw drzewnych zaliczamy pelety, brykiety i zrębki. Podstawowym surowcem do produkcji brykietów i peletów są trociny tartaczne. Proces brykietowania ma na celu zagęszczenie i zmniejszenie objętości trocin. Oprócz trocin, jako surowca używa się także korę i pozostałości po wycince lasów, wióry i rozdrobnione odpady suchego drewna.

W budynkach energooszczędnych biomasę, naj-



Rysunek 14.11 Biomasa, jako paliwo odnawialne

częściej w postaci drewna, wykorzystujemy do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Rezygnacja z tradycyjnych paliw na rzecz biomasy, oprócz korzyści finansowych wynikających z zastosowania tańszych, lokalnych zasobów, pozwala przede wszystkim uniknąć emisji CO<sub>2</sub> (w procesie spalania biopaliwa emisja dwutlenku węgla równa jest pochłanianemu CO<sub>2</sub> w czasie fotosyntezy w procesie odnawiania tych paliw) oraz ograniczyć emisję siarki.

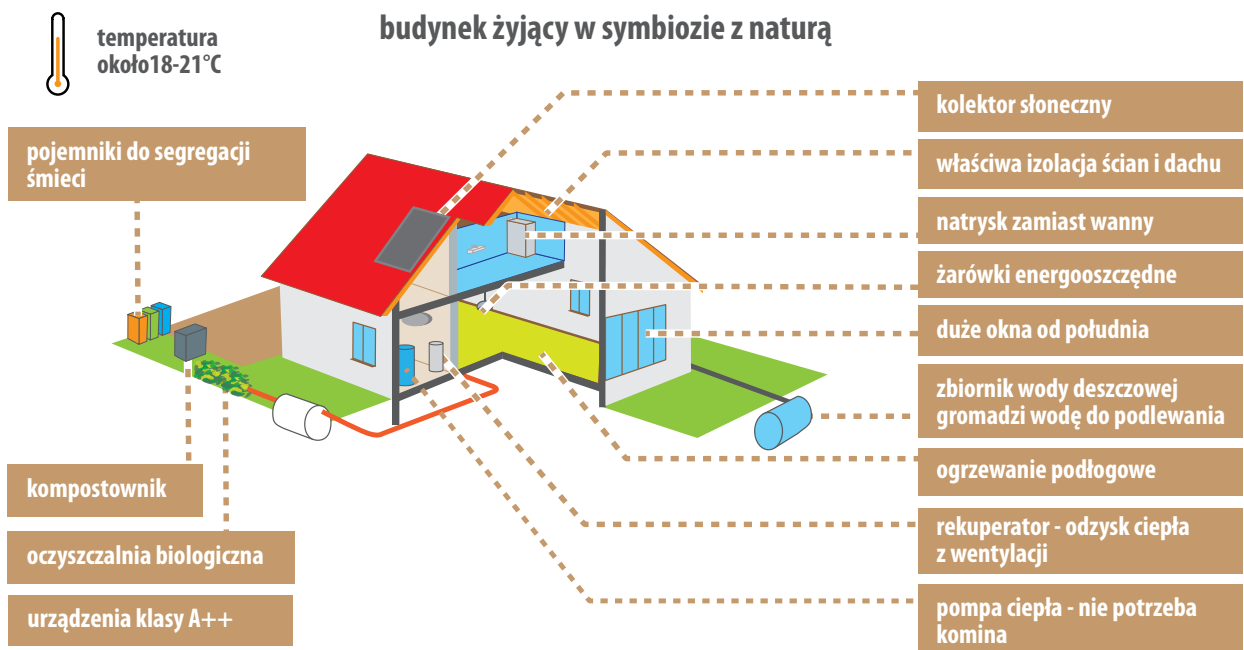
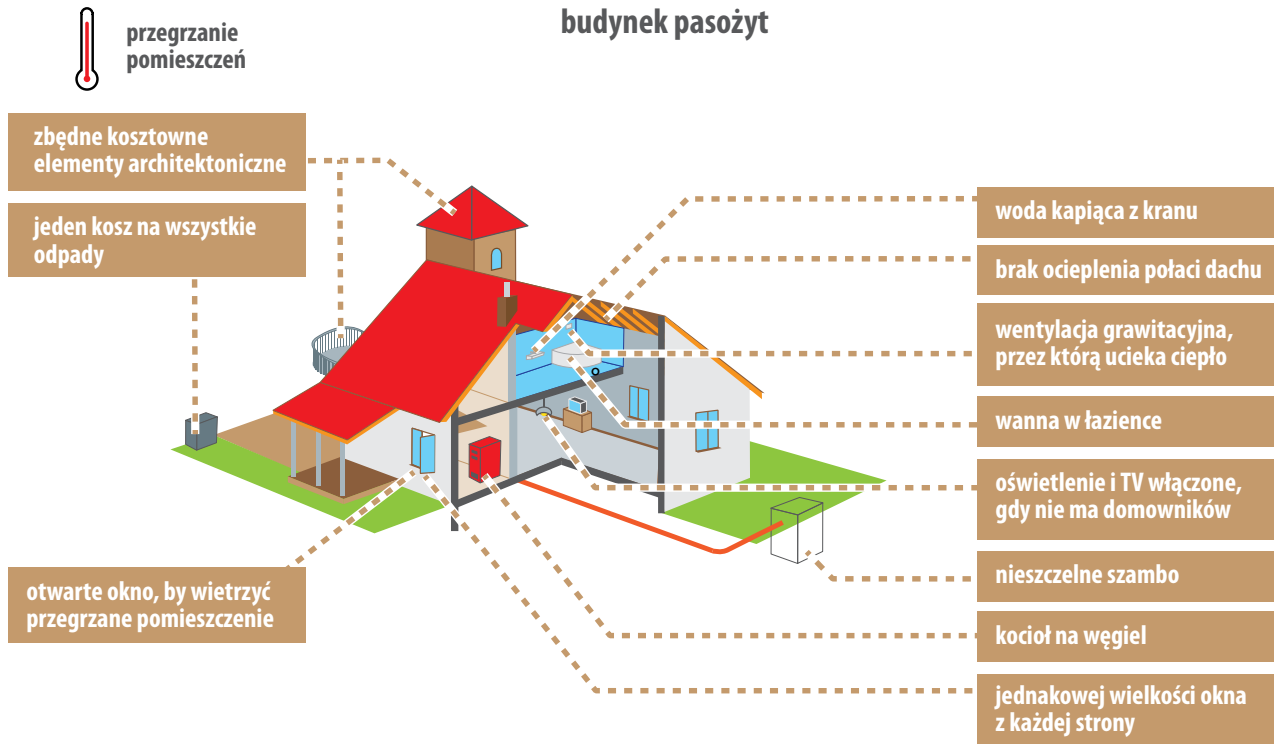
Zastosowanie kotła na biomasę ma jednak pewne wady. Wymaga od użytkownika ciągłej obsługi (trzeba uzupełniać paliwo). Potrzebne jest także miejsce na przechowywanie paliwa. Kotły te mają najczęściej otwartą komorę spalania, dlatego konieczne jest doprowadzenie powietrza z zewnątrz do spalania. Zazwyczaj w ścianie zewnętrznej wykonuje się otwór nawiewny, co w przypadku budynków energooszczędnych będzie powodować problemy z szczelnością powietrzną i prowadzić do wychłodzenia kotłowni.



## 15. BUDYNKI ENERGOOSZCZĘDNE JESZCZE BARDZIEJ EKOLOGICZNE?

Budownictwo jest jedną z najbardziej rozrzućnych materiałowo, energochłonnych i zanieczyszczających środowisko aktywności człowieka. Ze względu

na coraz większe zużycie energii oraz związane z tym koszty w ostatnich kilkunastu latach duży nacisk w krajach UE stawiany jest na energooszczędność.



Rysunek 15.1 Budynek pasożyt kontra budynek żyjący w symbiozie z naturą, źródło: Ekooszczędni

Wiele czynników negatywnie wpływa na środowisko: nieodpowiednie gospodarowanie odpadami, nadmierne zużycie wody, zbyt duże ilości produkowanej (czy zużywanej) energii elektrycznej, stosowanie nieodpowiednich źródeł ciepła czy materiałów. Można zauważyć, że jest to duży problem i ważne jest stosowanie metod zmniejszających negatywny wpływ budownictwa na środowisko. Oprócz redukcji zapotrzebowania na energię ważne jest wznoszenie budynków w taki sposób, aby w jak największym stopniu były one przyjazne dla środowiska naturalnego. Zastosowane materiały i technologie różnią się zapotrzebowaniem energii i surowców potrzebnych do ich wytworzenia. Ważne jest również, co stanie się z naszym budynkiem po zakończeniu jego eksploatacji i czy będzie go można poddać recyklingowi.

## 15.1. Wykorzystanie wody szarej i deszczowej

Coraz częściej mówi się o konieczności racjonalizacji zużycia wody pitnej w gospodarstwach domowych. Temat ten jest poruszany ze względu na aspekt ekologiczny – ograniczone zasoby wody pitnej na Ziemi, a także ekonomiczny – stale rosnące ceny wody i odbioru ścieków. Dlatego też wykorzystanie instalacji wody szarej oraz wody deszczowej w budynkach energooszczędnych jest coraz bardziej opłacalną inwestycją, pozwalającą w znaczący sposób ograniczyć zużycie wody.

**Woda szara** według Europejskiej Normy 12056-1 to zabrudzona woda wolna od fekalii. Nie zalicza

się tu wody kuchennej, powstałej podczas zmywania naczyń, zawierającej zanieczyszczenia w postaci tłuszczu, zawiesin i resztek żywności. W praktyce jest to woda ściekowa wytwarzana w domowych procesach takich jak mycie rąk, kąpiel czy pranie, nadająca się po uprzednim podczyszczeniu do powtórnego wykorzystania. W gospodarstwie domowym ok. 60% wody ściekowej może być wykorzystana jako woda szara.

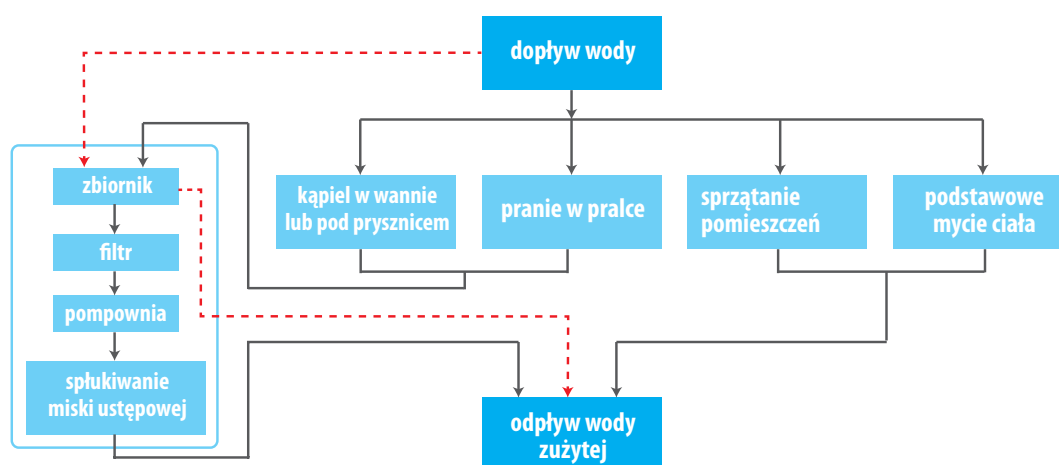
### 15.1.1. Instalacja wody szarej (dualna)

Wymaga zainstalowania podwójnego systemu kanalizacji – na żadnym etapie woda pitna nie może stykać się z wodą szarą, gdyż zawsze istnieje ryzyko jej zakażenia. Jeżeli chodzi o technologię oczyszczania, na rynku dostępne są dwa sprawdzone rozwiązania. Pierwszy z nich to oczyszczanie w trzech fazach – wstępne filtrowanie, napowietrzanie i mieszanie w celu polepszenia warunków do oczyszczania mikrobiologicznego bakteriami oraz dezynfekcja lampami UV w celu wyeliminowania pozostałości bakterii. Drugi system przewiduje dotlenienie w celu pobudzenia rozwoju flory bakteryjnej i filtrowanie przez bardzo drobny filtr zatrzymujący wszelkie zanieczyszczenia.

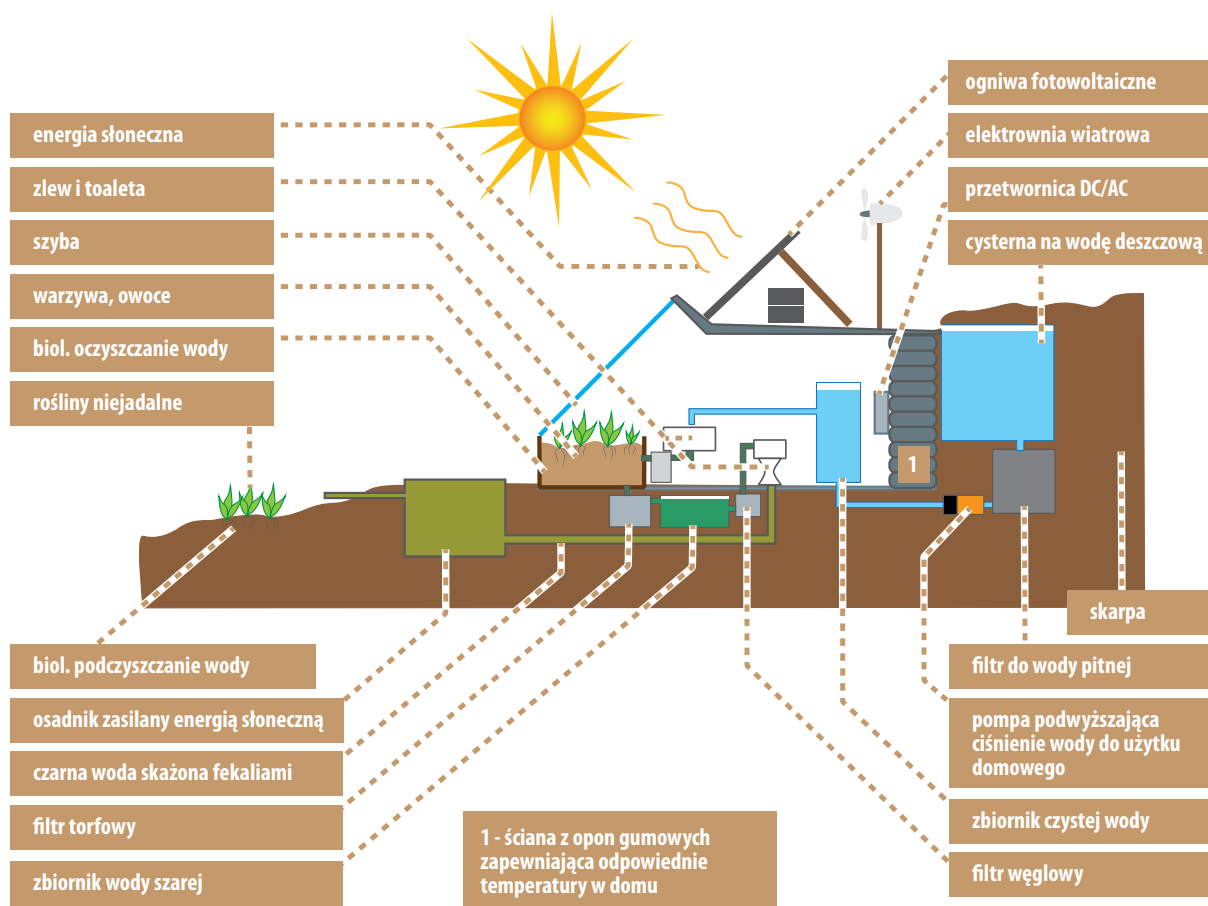
### 15.1.2. Instalacja wody deszczowej

W zależności od potrzeb możemy zastosować instalację o różnym stopniu skomplikowania i efektywności. Zbiornik magazynujący wodę jest najważniejszym i najdroższym elementem instalacji, dlatego

## Instalacja dualna



Rysunek 15.2 Instalacja wodociągowa i kanalizacyjna dualna, w której do spłukiwania w.c. przynajmniej w części wykorzystywana jest zużyta woda z wanny, prysznicy i pralki, źródło: Jarosław Chudzicki



Rysunek 15.3 Schemat instalacji możliwych do zastosowania w budynku ekologicznym

ważne jest, żeby odpowiednio dobrać jego wielkość, kształt i materiał. Przy planowaniu wielkości zbiornika powinniśmy przede wszystkim uwzględnić maksymalną ilość wody deszczowej, którą jesteśmy w stanie zgromadzić, oraz wielkość i sposób przewidywanego zużycia. Możliwości gromadzenia wody

ustalamy na podstawie wysokości opadów oraz wielkości i rodzaju powierzchni dachu. Zaleca się stosowanie zbiorników podziemnych, które mają większą pojemność, są łatwiejsze w użytkowaniu i nie zajmują powierzchni ogrodu. Zbiornik naziemny stosuje się zazwyczaj, gdy nie ma możliwości wykonania instalacji podziemnej, jednak w czasie zimy na wypadek mrozów taki zbiornik należy opróżnić.

Średnie zużycie wody na mieszkańca w gospodarstwie domowym wynosi 100 - 150 l na dobę i w całości jest to woda zdatna do picia. Ponad 30% tego zużycia przeznaczana jest na splukiwanie toalet, podlewanie kwiatów czy prace porządkowe, czyli celów, do których nie potrzebujemy wykorzystywać wody pitnej. W tym celu możemy wykorzystywać wodę szarą i deszczową, co w znaczący sposób może pomóc ograniczyć zużycie wody zdatnej do picia w gospodarstwie domowym, a także zaoszczędzić na kosztach poboru wody i odbioru ścieków.

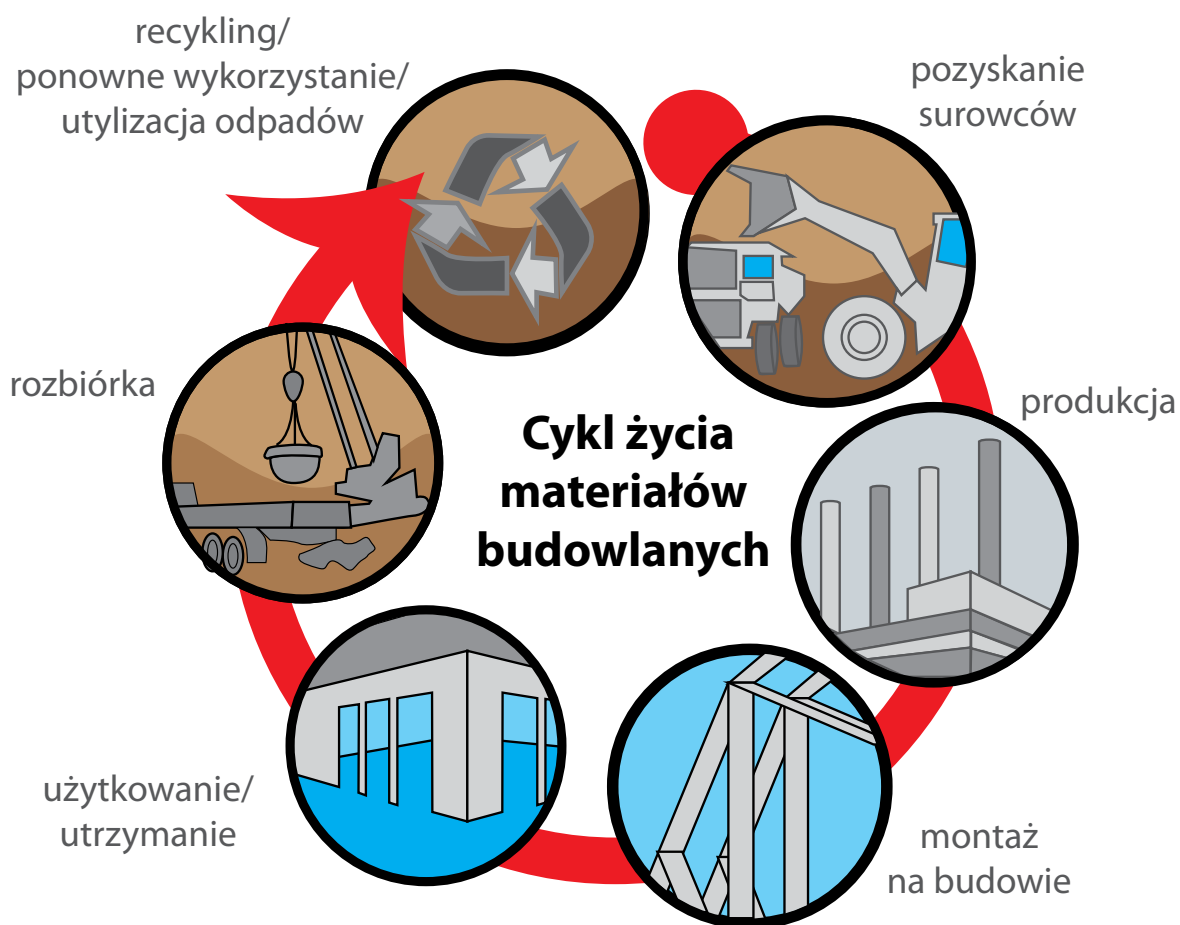
## Czy wiesz, że?

- Biologiczne podczyszczanie wody, czyli przepuszczanie jej przez nylonowy filtr oraz warstwy żwiru czy piachu w obecności korzeni roślinnych umożliwia pozbycie się szkodliwych bakterii i zanieczyszczeń. Może ona być wtedy użyta do płukania toalet lub nawadniania, będąc swego rodzaju systemem samodzielnego tworzenia i użytkowania wody szarej przez rośliny.
- W Polsce powstał jeden dom zbudowany z odpadów – znajduje się on w Mierzeszynie i składa się głównie z opon, ale także puszek i butelek plastikowych, czyli materiałów z odzysku połączonych gliną.

## 15.2. Oceń budynek w cyklu życia

Ocena cyklu życia budynku, czyli LCA (Life Cycle Assessment), jest techniką mającą na celu ograniczenie negatywnego wpływu budynku na środowisko.





Rysunek 15.4 Fazy cyklu życia materiałów budowlanych

ska, poprzez analizę i ocenę potencjalnych zagrożeń. Istotą tej metody jest nastawienie nie tylko na ocenę wyniku końcowego, ale także oszacowanie konsekwencji całego procesu, czyli budowy, eksploatacji i rozbiórki budynku. Najczęściej spotykana definicja, sformułowana przez Program Środowiskowy Narodów Zjednoczonych (UNEP) brzmi: LCA jest procesem oceny efektów, jaki dany wyrób wywiera na środowisko podczas całego życia, poprzez wzrost efektywnego zużycia zasobów i zmniejszenie obciążeń środowiska. Ocena wpływu na środowisko może być prowadzona zarówno dla wyrobu, jak i dla jego funkcji. LCA jest traktowana jako „analiza od kołyski do grobu”. Podstawowymi elementami LCA są:

- Zidentyfikowanie i ocena ilościowa obciążeń wprowadzanych do środowiska, tj. zużytych materiałów i energii, oraz emisji i odpadów wprowadzanych do środowiska.
- Ocena potencjalnych wpływów tych obciążeń.
- Oszacowanie dostępnych opcji w celu zmniejszenia obciążeń.

Cykl życia każdego budynku lub materiałów budowlanych obejmuje cztery fazy:

- Pozyskanie surowców: wydobywanie i przetwarzanie;
- Produkcja: wytworzenie prefabrykatów, półproduktów, montaż obiektu;
- Użytkowanie: eksploatacja, utrzymanie, naprawy;
- Końcowe zagospodarowanie: rozbiórka, recykling, utylizacja odpadów.

We wszystkich fazach występuje także dostawa i zużycie energii, natomiast w niektórych fazach i pomiędzy nimi występuje transport. W każdej fazie poszczególne, charakterystyczne dla niej procesy generują określone koszty i są przyczyną różnego rodzaju emisji, a każdy rodzaj emisji w specyficzny sposób oddziałuje na środowisko. Budynek ekologiczny lub zrównoważony to taki, który można opisywać czterema R:

- Reduce – zmniejszenie zużycia materiałów bu-

dowlanych, zasobów naturalnych i energii do wzniesienia budynku,

- Reuse – ponowne użycie tam, gdzie jest to możliwe materiałów konstrukcyjnych,
- Recycle – odzysk materiałów, których używamy do budowy i używanie ich w trakcie wzniesienia budynku,
- Renewable – odnawialność energii, z której korzystamy (zasoby i nośniki odnawialne) oraz używanie komponentów z odnawialnych surowców.

Należy także pamiętać o wielu aspektach energii, którą będziemy wykorzystywać. Dzieli się ona bowiem na 3 gałęzie:

- Energię wbudowaną – skumulowaną w budynku w czasie jego wznoszenia, w postaci energii zużytej do produkcji materiałów, transportu, procesów wbudowywania oraz energia niezbędna do przeprowadzenia remontów i konserwacji.
- Energię eksploatacyjną – energię zużywaną w czasie użytkowania na ogrzewanie, wentylację, klimatyzację, oświetlenie.
- Energię przetworzenia – niezbędną w procesie rozbiórki obiektu i zagospodarowania odpadów.

### 15.3. Ekologiczne materiały budowlane

Produkcja większości materiałów budowlanych, a szczególnie tych wysoko przetworzonych pochłania duże ilości energii nieodnawialnej, a co za tym idzie prowadzi do zwiększonej emisji dwutlenku węgla. Używanie i przetwarzanie ich po raz kolejny, gdy jest to energetycznie uzasadnione, pozwala oszczędzić zarówno surowce jak i energię, wykorzystane do produkcji materiałów. Dzięki temu zmniejsza się też ilość odpadów, powstających w trakcie procesu budowlanego. Starając się minimalizować ilość energii, jaką zużywamy podczas cyklu życia budynku, warto zastanowić się nad wykorzystaniem materiałów o jak najmniejszej ilości energii wbudowanej.

**Możemy zmniejszyć ilość zużytej energii stosując się do kilku zasad:**

- Używać materiałów występujących lokalnie.
- Używać materiałów o wysokim stopniu ponownego przetworzenia.
- Używać materiałów, do których produkcji wykorzystuje się energię odnawialną.
- Projektować budynek z materiałów trwałych, które nie wymagają częstych napraw i remontów.

Materiał	Energia wbudowana w MJ/kg, wg źródeł	
	europejskich	USA
Drewno suszone naturalnie	0,5	0,3-1,1
Drewno suszone z dostarczeniem ciepła	2-3,4	1,6-2,5
Drewno przetworzone	8-24	8-24
Tworzywa sztuczne	80-110	55-120
Kamień miejscowy	5-6	0,8
Kruszywo	-	0,1
Beton bloczki	1,5	0,9-1,2
Beton prefabrykowany	2	2
Beton towarowy	1,9	1-1,6
Ceramika	2,5-8	2,5-7
Szkło	12-26	14-30

Tabela 15.1 Porównanie energii wbudowanej dla różnych materiałów budowlanych



- W przypadku remontu czy rozbiórki zapewnić łatwość oddzielania od siebie różnych materiałów.

Decydując się na budowę domu można pomyśleć o zastosowaniu następujących ekologicznych materiałów budowlanych.

Drewno to jeden z najbardziej popularnych materiałów ekologicznych, stosowany nie tylko do konstrukcji szkieletowych, ale także jako element elewacji. Ma ono wiele zalet, jak na przykład to, że nadaje się do powtórnego wykorzystania, jest łatwe do demontażu i przeróbki, a jego skrawki są łatwe do utylizacji. Najłatwiejsze do odzysku są bale, które nawet podniszczone – można redukować do mniejszych elementów. Wybierając produkty drewnopochodne należy pamiętać, aby używać takich, do których użyte drewno miało odpowiedni certyfikat, potwierdzający, że drzewo rosło w specjalnych miejscach, jak na przykład pod przewodami wysokiego napięcia. Jest to bardzo ważny czynnik z punktu widzenia ekologii.

Kolejnym ekologicznym materiałem mogą być cegły ceramiczne z odzysku. Wyprodukowanie cegły wymaga zużycia bardzo dużej ilości energii, co sprawia, że nawet jej powtórne wykorzystanie nie jest tak efektywne, jakby się wydawało, nawet pomimo faktu, że jest pochodzenia naturalnego. W przypadku cegieł z odzysku najbardziej pracochłonne jest oczyszczanie z zaprawy, chyba że jest to cegła z przedwojennych domów na zaprawie wapiennej – ją usunąć łatwiej. Cegła z odzysku jest z reguły dwa razy tańsza od nowego materiału.

Szkło z recyklingu to jeden z niewielu materiałów budowlanych, którego produkcja nie wymaga dużej ilości energii. Oprócz podstawowych funkcji, może być wykorzystywane jako ocieplenie (izolacja) prze-

gród, czy też jako warstwa podbudowy płyt fundamentowych dzięki swym właściwościom, takim jak odporność na korozję oraz to, że nie podciąga, nie wchłania wody, a także nie pali się. Dodatkowo szkło może być przetwarzane niezliczoną ilość razy. Przez przetapianie i uszlachetnianie możemy uzyskać na przykład szkło piankowe, mające wspomniane cechy.

Do izolacji w domu ekologicznym świetnym rozwiązaniem jest materiał, którego 80% surowca pochodzi z recyklingu, a jego produkcja nie jest energochłonna – włókna celulozowe lub bawełniane (te są trudniej dostępne). Poza świetnym izolowaniem termicznym wszelkich przegród, doskonale chronią przed dźwiękami powietrznymi i hałasem. Wykorzystując włókna celulozowe, powstałe z udziałem wysokogatunkowego papieru gazetowego i soli borowych, nie musimy martwić się o pleśń, grzyby ani biodegradację. Te materiały izolacyjne chronią przed zawilgoceniem, a jednocześnie rezygnujemy z folii paroizolacyjnej.

Tworzywa sztuczne z recyklingu obecne na rynku budowlanym to przede wszystkim PCW stosowane w profilach okiennych, rynny, rury czy różnego rodzaju kratki. Powszechnie znana z recyklingu butelka PET powstaje ze zmielonych opakowań sklejanym specjalnym lepiszczem, następnie prasowanych w płyty. Ma ona porównywalne do styropianu właściwości, będąc jednocześnie materiałem bardziej od niego wytrzymałym. Z racji tego jest stosowana do produkcji płyt drenażowych, deskowania traconego, jak i termoizolacji oraz warstwy dachów odwróconych. Do wykończeń stosuje się zaś wykładziny z włókien pochodzących w całości z recyklingu starej wykładziny oraz nawierzchnie z granulatu gumowego odzyskiwanego z opon, który używany jest najczęściej w halach i na placach zabaw.



## 16. CZY BUDYNKI NF40 I NF15 SĄ OPŁACALNE EKONOMICZNIE?

Bardzo często zadawane jest pytanie, czy budynki energooszczędne są opłacalne ekonomicznie, kiedy się zwróci i ile kosztuje ich budowa. Zaprezentowane analizy ekonomiczne oraz przykłady istniejących budynków pozwolą odpowiedzieć na to pytanie. Jednocześnie przeanalizowany zostanie wpływ dotacji udzielanych przez NFOŚiGW. Omówiony zostanie również sposób ubiegania się o dotację.

### 16.1. Przykładowe analizy ekonomiczne budynków i mieszkań

Bez wątpienia koszt budowy domu w standardzie

NF15 i NF40 jest wyższy niż domu tradycyjnego. Przy dzisiejszej dostępności odpowiednich materiałów i urządzeń, a także wiedzy i umiejętności ekip budowlanych szacuje się, że dodatkowe koszty budowy wynoszą 10% dla standardu NF40 i 25% dla standardu NF15.

Poniżej zaprezentowano 3 analizy kosztów budowy i eksploatacji domów, z różnymi źródłami ciepła, w standardzie NF15, NF40 oraz domu referencyjnego – spełniającego wymagania obowiązujące w Polsce (zgodnie z WT 2008). Do analizy przyjęto następujące założenia:

- Lokalizacja budynku: Warszawa, liczba mieszkańców: 4 osoby,
- Łączny koszt użytkowania obejmuje ogrze-



wanie, przygotowanie c.w.u. i pracę urządzeń pomocniczych (pompy, wentylatory, układy regulacji),

- Roczny wzrost cen paliw – 3,5%,
- Inwestycja finansowana z wykorzystaniem kredytu, a kwota środków własnych to 200 tys. zł,
- Od dopłaty odjęto podatek 18% i koszty weryfikacji oraz testu szczelności 3000 zł,

- Oprocentowanie kredytu – 7%,
- Okres spłaty kredytu – 30 lat,
- Powierzchnia ogrzewana domu – 150 m<sup>2</sup>:

Do każdej analizy, oprócz tabeli obrazującej koszty i oszczędności z inwestycji, dołączono wykresy obrazujące całkowite roczne koszty (kredytu i użytkownika) w kolejnych latach.

	WT 2008	NF40	NF15
Wzrost kosztów budowy		10%	25%
Koszt budowy m <sup>2</sup> domu	3 000 zł	3 300 zł	3 750 zł
Całkowity koszt budowy domu	450 000 zł	495 000 zł	562 500 zł
Dofinansowanie NFOŚiGW brutto	0 zł	30 000 zł	50 000 zł
Wielkość środków własnych	200 000 zł	200 000 zł	200 000 zł

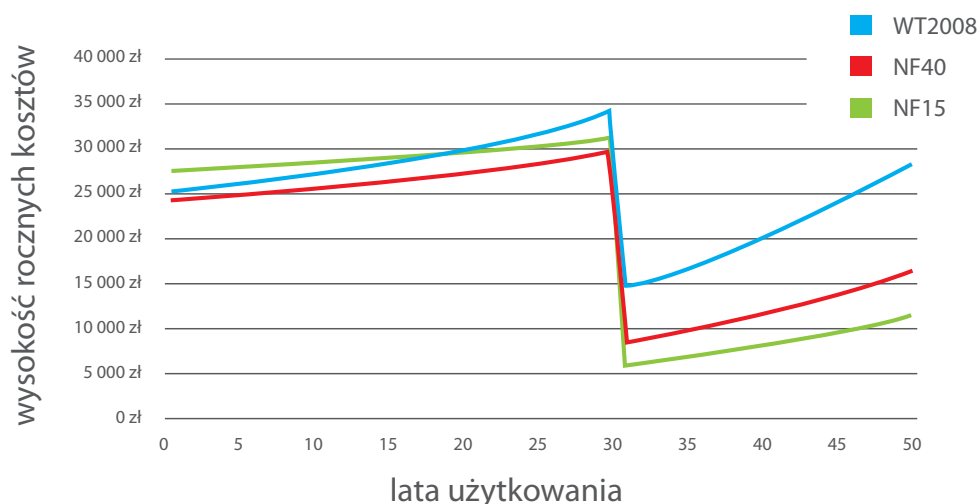
Tabela 16.1 Porównanie kosztów dla poszczególnych wariantów

### 16.1.1. Ogrzewanie gazem ziemnym

		WT2008	NF40	NF15
Łączny koszt użytkownika budynku w pierwszym roku		5 244 zł	3 033 zł	2 148 zł
Rata miesięczna kredytu		1 663 zł	1 779 zł	2 119 zł
Łączny koszt kredytu i użytkownika w pierwszym roku		25 203 zł	24 381 zł	27 576 zł
Suma kosztów	po 30 latach	1 069 488 zł	997 023 zł	1 073 718 zł
	po 50 latach	1 485 741 zł	1 237 776 zł	1 244 211 zł
Oszczędność	po 30 latach	-	72 464 zł	-4 230 zł
	po 50 latach	-	247 965 zł	241 530 zł

Tabela 16.2 Koszty ogrzewania gazem ziemnym

#### Roczne koszty w okresie 50 lat użytkowania



Rysunek 16.1 Ogrzewanie gazem ziemnym - zmiana łącznych rocznych kosztów użytkownika i kredytu w kolejnych latach

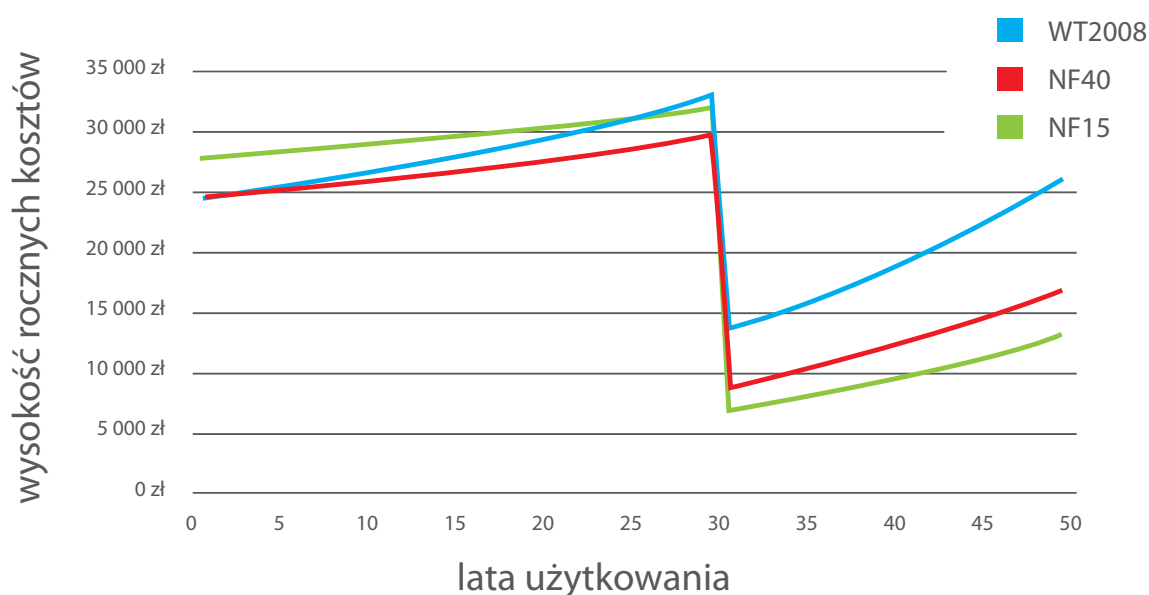


### 16.1.2. Ogrzewanie pompą ciepła

		WT 2008	NF40	NF15
Łączny koszt użytkowania budynku w pierwszym roku		4 878 zł	3 134 zł	2 443 zł
Rata miesięczna kredytu		1 663 zł	1 779 zł	2 119 zł
Łączny koszt kredytu i użytkowania w pierwszym roku		24 837 zł	24 482 zł	27 871 zł
Suma kosztów	po 30 latach	1 050 571 zł	1 002 227 zł	1 088 937 zł
	po 50 latach	1 437 739 zł	1 250 981 zł	1 282 829 zł
Oszczędność	po 30 latach	-	48 344 zł	-38 365 zł
	po 50 latach	-	186 758 zł	154 910 zł

Tabela 16.3 Koszty ogrzewania pompą ciepła

### Roczne koszty w okresie 50 lat użytkowania



Rysunek 16.2 Ogrzewanie pompą ciepła - zmiana łącznych rocznych kosztów użytkowania i kredytu w kolejnych latach

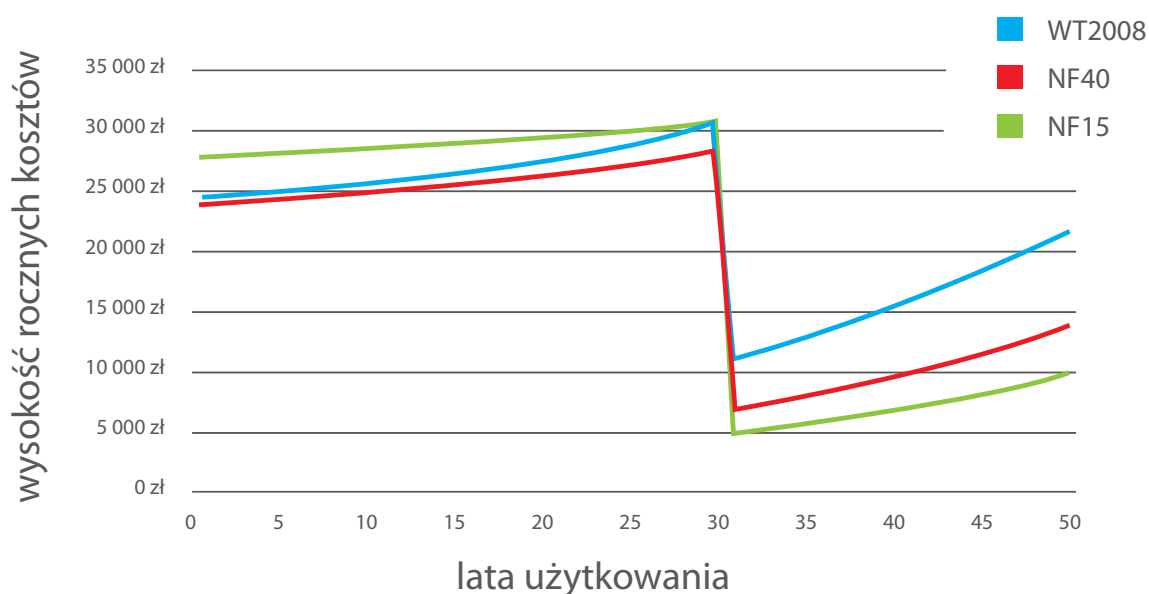


### 16.1.3. Ogrzewanie biomasą

		WT 2008	NF40	NF15
Łączny koszt użytkowania budynku w pierwszym roku		4 014 zł	2 606 zł	1 879 zł
Rata miesięczna kredytu		1 663 zł	1 779 zł	2 119 zł
Łączny koszt kredytu i użytkowania w pierwszym roku		23 973 zł	23 954 zł	27 307 zł
Suma kosztów	po 30 latach	1 005 981 zł	974 950 zł	1 059 825 zł
	po 50 latach	1 324 585 zł	1 181 763 zł	1 208 956 zł
Oszczędność	po 30 latach	-	31 031 zł	-53 844 zł
	po 50 latach	-	142 822 zł	115 629 zł

Tabela 16.4 Koszty ogrzewania biomasą

### Roczne koszty w okresie 50 lat użytkowania



Rysunek 16.3 Ogrzewanie biomasą - zmiana łącznych rocznych kosztów użytkowania i kredytu w kolejnych latach

Przedstawione analizy pokazują, że najbardziej opłacalna jest budowa domu w standardzie NF40. Niezależnie od źródła ciepła, już po 30 latach inwestycja przynosi wymierne korzyści. W przypadku budynków NF15, koszty inwestycji nie zwrócą się po 30 latach – dopiero po 50 latach będą zbliżone do uzyskanych z inwestycji w standardzie NF40. Dodatkowo można stwierdzić, że im tańszego źródła energii używamy, tym mniej opłacalna jest inwestycja (biomasa jest najtańsza, a ogrzewanie pompą ciepła najdroższe). Skokowa zmiana łącznych kosztów na przedstawionych wykresach wynika faktu, że po spłacie kredytu, tj. po 30 latach, ulegają one znacznemu obniżeniu.

Zakładając, że na budowę tradycyjnego domu o powierzchni 150 m<sup>2</sup> należy przeznaczyć 450 000 zł, a roczne koszty ogrzewania gazem ziemnym i przygotowania c.w.u. w pierwszym roku użytkowania wyniosą 5 200 zł (w kolejnych latach zakładamy roczny wzrost cen paliwa o 3,5%), to w przypadku budowy domu „za gotówkę” (bez kredytu) możemy przewidzieć, że:

- Koszt budowy domu w standardzie NF40 wzrośnie do 495 000 zł.
- Koszt użytkowania w pierwszym roku spadnie do 3 000 zł.
- Prosty czas zwrotu inwestycji wyniesie ok. 16 lat.
- Koszt budowy domu w standardzie NF15 wzrośnie do 562 500 zł.
- Koszt użytkowania w pierwszym roku spadnie do 2 150 zł.
- Prosty czas zwrotu inwestycji wyniesie ok. 24 lata.

Prężny rozwój budownictwa energooszczędnego w Polsce w ostatnich latach, coraz większa dostępność wysokiej jakości materiałów oraz stale zwiększające się doświadczenie i świadomość ekip budowlanych sprawia, że budowa domów w standardzie NF15 i NF40 będzie coraz łatwiejsza, a co ważniejsze – jeszcze bardziej opłacalna. Pozwala nam to prognozować, że w perspektywie najbliższych lat, dodatkowe koszty budowy domów energooszczędnych nie będą przekraczały kilkunastu procent.

Dobrym przykładem jest budowa domu pasywnego w Smolcu w 2006 roku, (zblizonego do standardu NF15, opisanego w rozdziale 17), gdzie dodatkowe koszty wyniosły aż 38%. W głównej mierze spowodowane były małą dostępnością materiałów i urządzeń na rynku polskim w tamtym okresie. Niemniej jednak nawet tak duży nakład kosztów początkowych, w przypadku obserwowanego wzrostu cen paliw w ostatnich latach, okazał się opłacalną inwestycją. W chwili obecnej dodatkowe nakłady inwestycyjne

na budowę domu w Smolcu w standardzie pasywnym wyniosłyby około 23%.

## 16.2. Określenie szacunkowych dodatkowych nakładów inwestycyjnych

Większy koszt budowy domu energooszczędnego w porównaniu do domu tradycyjnego jest wynikiem zmian, jakie wprowadzamy w celu zapewnienia lepszych parametrów cieplnych budynku. Po pierwsze, przegrody zewnętrzne muszą spełniać założone wymagania izolacyjności cieplnej, co wiąże się nie tylko ze zwiększeniem grubości izolacji cieplnej przegród, ale również z zastosowaniem najlepszych materiałów i odpowiednich rozwiązań detali konstrukcyjnych w celu likwidacji występowania mostków cieplnych. Kosztowną, lecz niezbędną inwestycją jest zakup i montaż wysokiej jakości stolarki okiennej i drzwiowej, zamiana wentylacji grawitacyjnej na mechaniczną z odzyskiem ciepła, a także zakup bardziej wydajnych systemów ogrzewania i przygotowania c.w.u.

### Czy wiesz, że?

Możliwość rezygnacji z tradycyjnego ogrzewania w standardzie NF15 przynosi nam oszczędności wynikające z braku grzejników w budynku, czyli nawet kilkanaście tysięcy złotych.

W przypadku korzystania z dopłaty NFOŚiGW do kredytu na budowę budynków energooszczędnych, musimy być świadomi, że oprócz wymaganych formalności poniesiemy również dodatkowe koszty inwestycyjne, związane z uzyskaniem dopłaty. Zaliczamy do nich:

- Podatek od uzyskanej dotacji. Dotację należy wykazać w zeznaniu rocznym, jako przychód z innych źródeł. Zależnie od progu podatkowego, oddajemy państwu od 18% do 32% (czyli 5 400 zł – 16 000 zł).
- Wynagrodzenie weryfikatorów. Musimy pokryć koszty dwóch weryfikatorów projektu, czyli ok. 2 × 2 000 zł = 4 000 zł.
- Próba szczelności. Musimy pokryć koszt wykonania próby szczelności, czyli ok. 2 000 zł.
- Wyższa cena projektu. Cena projektu domu energooszczędnego będzie wyższa niż tradycyjnego, musimy pamiętać o każdorazowym przystosowaniu projektu do indywidualnej



lokalizacji inwestycji (usytuowanie, otoczenie, rozmieszczenie pomieszczeń, itd.).

- Wyższa marża banku. Dla banku kredyt z dotacją to również dodatkowe procedury, stąd marża może być nieco wyższa w porównaniu do standardowego kredytu.

Może okazać się, że po uwzględnieniu wszystkich kosztów, dopłata, którą będziemy mogli faktycznie przeznaczyć na koszty budowy, wyniesie zaledwie połowę początkowej kwoty. Jednak nadal będzie to kwota rzędu kilkunastu tysięcy złotych. Poza tym będziemy mieli pewność, że nasz budynek rzeczywiście spełnia wszystkie założenia i wymagania stawiane budynkom w standardzie NF15 i NF40, co przekłada się na niższe koszty eksploatacji, czyli realne oszczędności.

### 16.3. System wsparcia NFOŚiGW

Wspomniany w rozdziale 1. system wsparcia budownictwa energooszczędnego Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej ma na celu ułatwić budowę budynków mieszkalnych o niskim zużyciu energii.

W ramach programu beneficjent może uzyskać dopłatę do:

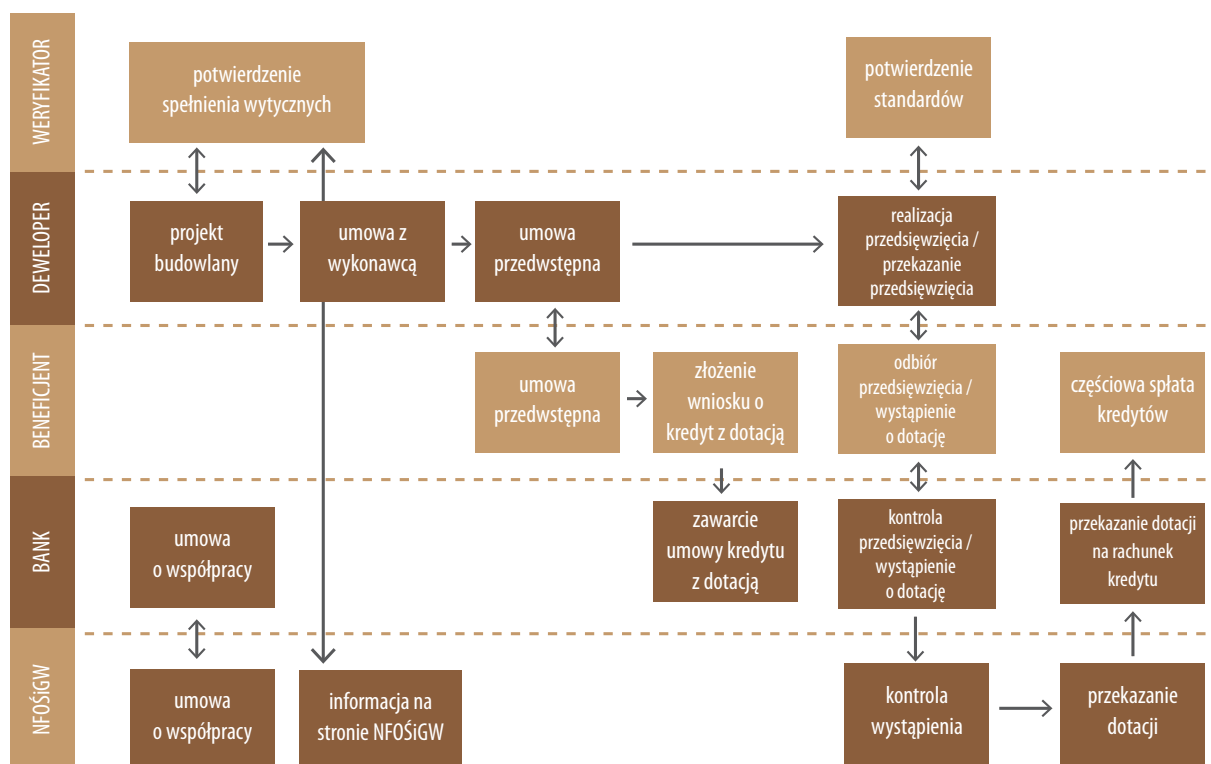
- budowy domu jednorodzinnego,
- zakupu nowego domu jednorodzinnego,

- zakupu lokalu mieszkalnego w nowym budynku mieszkalnym jednorodzinnym.

W tym rozdziale skupimy się na formalnościach, jakie musimy spełnić, chcąc uzyskać dopłatę do kredytu.

#### Jak uzyskać dopłatę?

- Kupujemy projekt budowlany z projektami wykonawczymi branżowymi. Projektant oblicza zapotrzebowanie na energię użytkową i oświadcza, że projekt jest zgodny z przepisami i wytycznymi programu dopłat.
- Zlecamy weryfikację projektu przez osobę z listy prowadzonej przez Związek Banków Polskich.
- Występujemy o pozwolenie na budowę do lokalnego starostwa powiatowego.
- Składamy wniosek w banku współpracującym z NFOŚiGW o kredyt z dopłatą (niezbędne załączniki to m.in. projekt, dokumentacja od weryfikatora, pozwolenie na budowę).
- Podpisujemy z generalnym wykonawcą robót budowlanych lub kierownikiem budowy umowę, obligującą do realizacji inwestycji zgodnie z wymaganiami programu. Składamy ją w banku.
- Dokumenty są sprawdzane przez bank, który wydaje decyzję o przyznaniu kredytu z dopłatą.



Rysunek 16.4 Schemat postępowania przy dopłatach na budowę domów energooszczędnych. Zakup domu/mieszkania od dewelopera

- Rozpoczynamy budowę i dokumentujemy jej przebieg (zdjęcia, aprobaty techniczne materiałów, protokoły regulacji systemu wentylacyjnego i grzewczego). Faktury za wydatki okazujemy w banku.
  - Zlecamy wykonanie testu szczelności budynku i potwierdzenie osiągniętego standardu weryfikatorowi. Musi to być inna osoba niż sprawdzająca projekt.
  - Zgłaszamy zakończenie budowy.
  - Składamy w banku wnioski o wypłatę dotacji (dołączamy m.in. protokół odbioru końcowego, świadectwo charakterystyki energetycznej zgodne z wytycznymi programu, listę sprawdzającą).
  - Bank kontroluje dokumenty i inwestycje, po otrzymaniu dotacji od NFOŚiGW przeznacza ją na spłatę kredytu.
  - Rozliczamy otrzymaną dopłatę w rocznym zeznaniu podatkowym (otrzymujemy od NFOŚiGW PIT 8c).
  - Rok po zakończeniu budowy (do 31 marca) – składamy arkusz ewaluacyjny.
  - Trzy lata po zakończeniu budowy – składamy oświadczenie o trwałości przedsięwzięcia.
- Oświadczenie inspektora nadzoru lub kierownika budowy o:
    - ✓ wykonaniu elementów mających wpływ na charakterystykę energetyczną budynku zgodnie z projektem i wymaganiami programu,
    - ✓ zastosowanych materiałach izolacyjnych (systemach ocieplenia), oknach, drzwiach zewnętrznych, centrali wentylacyjnej, urządzeniach grzewczych, elementach automatyki, napędach elektrycznych i pompach.
  - Aprobaty techniczne, deklaracje zgodności i dokumenty techniczne ww. materiałów i urządzeń, które potwierdzają ich parametry jakościowe i użytkowe.
  - Dokumenty potwierdzające zakup ww. materiałów i urządzeń.
  - Świadectwo charakterystyki energetycznej budynku.
  - Protokoły dotyczące:
    - ✓ regulacji systemu wentylacji.
    - ✓ regulacji systemu grzewczego.
    - ✓ wykonania testu szczelności.
  - Dokumentację fotograficzną inwestycji z punktu widzenia charakterystyki energetycznej budynku.

Pierwsza weryfikacja projektu ma na celu potwierdzenie spełnienia wymagań programu przez projekt budowlany. Przedstawiamy wtedy weryfikatorowi do weryfikacji następujące dokumenty:

- Projekt budowlany (po uzyskaniu pozwolenia na budowę) i projekty wykonawcze.
- Obliczenia wielkości zapotrzebowania na energię użytkową do celów ogrzewania i wentylacji.
- Oświadczenia projektanta o:
  - ✓ zgodności z rozporządzeniem w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego,
  - ✓ zastosowaniu w projekcie wymagań obowiązkowych, opisanych w rozdziale I wytycznych do programu.

Następnie weryfikator sprawdza poprawność dostarczonych dokumentów i zgodność projektu z wytycznymi programu, wypełniając listę sprawdzającą (załącznik A i B do wytycznych).

Druga weryfikacja projektu potwierdza spełnienie wymagań programu przez budynek. Weryfikację tę musi przeprowadzić inny weryfikator niż weryfikację projektu. Należy przedstawić następujące dokumenty:

- Zweryfikowany projekt budowlany i projekty wykonawcze.

Spełnienie wymagań programu sprawdza uprawniony weryfikator. Musi on być obecny podczas badań szczelności powietrznej. Potwierdzeniem jest podpisany protokół. Następnie weryfikator sprawdza kompletność i poprawność dostarczonych dokumentów i ocenia zastosowane materiały, urządzenia, a także protokoły z regulacji i dokumentację fotograficzną projektu. Następnie wykonuje obliczenia wielkości zapotrzebowania na energię użytkową wykonanego budynku do celów ogrzewania i wentylacji oraz wypełnia listę sprawdzającą (załącznik B i D do wytycznych).

Dokumentacja fotograficzna inwestycji ma na celu udokumentowanie wszystkich etapów budowy, istotnych z punktu widzenia charakterystyki ener-

## Czy wiesz, że?

Świadectwo charakterystyki energetycznej budynku jest dokumentem sporządzanym w celu określenia ilości energii, jaką zużywa budynek. Często mylone jest z pojęciem audytu energetycznego, opracowywanego w celu wykonania termomodernizacji budynku.

tycznej budynku. Szczególną uwagę musimy zwrócić na udokumentowanie:

- Wykonania ścian fundamentowych.
- Izolacji podłogi na gruncie.
- Połączeń ścian piwnicy ze stropem i ścianami zewnętrznymi.
- Ocieplenia ścian zewnętrznych stropu nad nieogrzewaną piwnicą, ocieplenia dachu i stropu.
- Montażu stolarki okiennej i drzwiowej.
- Wykonania detali konstrukcyjnych wrażliwych na powstawanie mostków cieplnych (np. płyta balkonowa).
- Wykonania wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła.
- Izolacji instalacji centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej.
- Ułożenia gruntowego wymiennika ciepła (jeśli jest wykonywany).

## 16.4. Budowa przy wykorzystaniu kredytu jako źródła finansowania

O kredyt z dopłatą możemy ubiegać się w bankach, które współpracują z Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Aktualną listę banków można znaleźć na stronie internetowej NFOŚiGW. Na dzień dzisiejszy są to:

- Bank Ochrony Środowiska S.A.
- Bank Polskiej Spółdzielczości S.A.
- Deutsche Bank PBC S.A.
- Getin Noble Bank S.A.
- SGB-Bank S.A.
- Bank Zachodni WBK S.A.
- Nordea Bank Polski S.A.

Bez kredytu nie możemy ubiegać się o dotację z NFOŚiGW. Co prawda jego wysokość nie musi pokrywać kosztu całej inwestycji, jednak musi być wyższa od należnej dopłaty. W Polsce ponad 80% budowanych domów finansowana jest za pomocą kredytu, przez co kryterium to nie wydaje się być przeszkodą dla zainteresowanych udziałem w programie. Wnioski o kredyt z dopłatą można składać do końca 2018 r., pod warunkiem, że do tego czasu nie wyczerpią się środki przeznaczone na dopłaty.

Zasadniczo program skierowany jest do inwestycji prowadzonych od początku zgodnie z wymaganiami programu NFOŚiGW, jednak jeśli budowę domu energooszczędnego zgłosimy przed jej zakończeniem i spełniać ona będzie wszystkie wytyczne, możliwe jest uzyskanie dofinansowania. Terminem ostatecznym złożenia wniosku o kredyt z dopłatą jest

etap stanu surowego zamkniętego, z ewentualnie wykonaną częścią instalacji.

Dom energooszczędny, na którego ubiegamy się o dopłatę może być jedno- lub wielorodzinny i nie musi mieć wyłącznie charakteru mieszkalnego. Jeśli część budynku przeznaczona jest na działalność gospodarczą, to o taką część zostanie pomniejszona kwota dopłaty, np. jeśli 10% powierzchni budynku zajmuje działalność gospodarcza, to o 10% zostanie pomniejszona dopłata. Inwestycje, których powierzchnia pod działalność gospodarczą zajmuje więcej niż 50% nie mogą starać się o dopłatę.

Warunkiem otrzymania dopłaty jest także przeznaczenie kwoty nie mniejszej od dopłaty (30 lub 50 tys. zł) na koszty kwalifikacyjne, czyli koszty projektu budowlanego, jego weryfikację, budowę oraz potwierdzenie osiągnięcia standardu energetycznego. Do kosztów budowy zaliczamy zakup i montaż:

- Elementów konstrukcyjnych bryły budynku, w tym materiałów izolacyjnych ścian, stropów, dachów, posadzek, stolarki okiennej i drzwiowej.
- Układów wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła.
- Instalacji ogrzewania.
- Instalacji przygotowania ciepłej wody użytkowej.

Kolejnymi ważnymi kryteriami, których należy bezwzględnie dotrzymać, aby przyznana została dotacja jest:

- **Zakończenie budowy w ciągu 3 lat od podpisania umowy o kredyt.**

Jest to jednak kryterium stosowane już przez banki w przypadku udzielania kredytów na budowę standardowych domów.

- **Dostarczenie arkusza ewaluacyjnego do 31 marca kolejnego roku po dopuszczeniu budynku do użytku.**

Formularz otrzymujemy w banku, oceniamy w nim program dopłat, podajemy koszty ogrzewania budynku dotyczące pełnego roku kalendarzowego, itp.

- **Zakaz wprowadzania zmian konstrukcyjnych i instalacyjnych w ciągu 3 lat.**

Dotyczy zmian w zakresie przegród zewnętrznych, układu wentylacji, ogrzewania pomieszczeń i wody użytkowej. Dokonanie takich zmian może prowadzić do konieczności zwrotu otrzymanej dotacji. Dokumentem potwierdzającym brak ingerencji w konstrukcję i instalacje budynku jest składane po 3 latach oświadczenie o trwałości przedsięwzięcia.



## Czy wiesz, że?

Podstawowe warunki przyznania dopłaty do kredytu, to:

- Spełnienie wymagań programu przez budynek energooszczędny – pomyślna weryfikacja.
- Przeznaczenie kwoty większej niż dopłata na koszty kwalifikacyjne.
- Zakończenie budowy w ciągu 3 lat od podpisania umowy kredytu.
- Dostarczenie arkusza ewaluacyjnego do 31 marca kolejnego roku po uzyskaniu pozwolenia na użytkowanie.
- Brak zmian konstrukcyjnych oraz instalacyjnych przez okres 3 lat od oddania budynku do użytku.

### Wniosek o kredyt i dotację

Oba wnioski składamy jednocześnie w wybranym banku:

- Wniosek o dotację na częściową spłatę kredytu.

Podajemy m.in. wielkość ogrzewanej powierzchni domu, rodzaj paliwa do ogrzewania, projektowany standard (NF15 lub NF40), planowane koszty kwalifikacyjne, termin rozpoczęcia i zakończenia budowy. Potrzebna będzie również kopia pozwolenia na budowę oraz dokument potwierdzający prawo do nieruchomości.

- Wniosek kredytowy.

Będzie różnił się w zależności od banku, w jakim składamy wniosek. Potrzebne będą podstawowe informacje o inwestycji, takie jak: kwota kredytu, sposób wypłat i spłat kredytu, informacje o działce, wartość rynkowa nieruchomości, termin zakończenia budowy. Do wniosku dołączamy również: harmonogram prac budowlanych, kosztorys, dokumenty poświadczające sytuację finansową.

### Wypłata dotacji

Wniosek o wypłatę dotacji można złożyć po zakończeniu inwestycji. Bank w ciągu dwóch miesięcy ma obowiązek sprawdzenia dostarczonych dokumentów i ewentualną kontrolę wybudowanego domu. Następnie po wystąpieniu do NFOŚiGW z wnioskiem o przekazanie środków na dotację, Fundusz ma 30 dni roboczych na ich przelew do banku kredytującego. Może on również w tym czasie przeprowadzić kontrole z użyciem kamer termowizyjnych. Niezbędne dokumenty, które należy dostarczyć do banku:

- Protokoły końcowe odbioru przedsięwzięcia.
- Świadectwo charakterystyki energetycznej.
- Przyjęte zawiadomienie o zakończeniu budowy.
- Potwierdzenie prawa własności do domu – odpis z księgi wieczystej.
- Listę sprawdzającą wypełnioną przez weryfikatora.



## 17. PRZYKŁADOWE REALIZACJE

Ostatni rozdział prezentuje przykłady zrealizowanych w Polsce budynków pasywnych i niskoenergetycznych. Podano informacje o zastosowanych technologiach oraz zużyciu energii na przykładzie nie tylko budynków mieszkalnych.

### 17.1. Pierwszy certyfikowany budynek pasywny w Polsce

W Smolcu koło Wrocławia powstał pierwszy, nie tylko w Polsce, ale i całej Europie Środkowo-Wschodniej, budynek pasywny. Został on wzniesiony jako obiekt pokazowy, a jego głównym założeniem było przystosowanie projektu do warunków klimatycznych panujących w okolicach Wrocławia.

#### 17.1.1. Rozwiązania konstrukcyjne

Ściany zewnętrzne wykonane zostały z prefabrykowanych elementów keramzytobetonowych, które cechują się dużą masą akumulacyjną i szybkim mon-

tażem. Zastosowanie takiego rozwiązania pozwoliło jednocześnie na zmniejszenie grubości ścian dzięki niewielkiej grubości elementów – 15 cm. Zadanie izolacji spełnia 30 cm szarego styropianu z dodatkiem grafitu, usytuowanego oczywiście po zewnętrznej stronie. Dzięki takiemu rozwiązaniu uzyskano współczynnik przenikania ciepła równy  $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Podłoga ocieplona jest również 30 cm warstwą styropianu od strony gruntu. Współczynnik przenikania ciepła wyniósł dzięki temu  $0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .



Rysunek 17.1 Elewacja frontowa i ogrodowa, źródło: Lipińscy Domy

Rysunek 17.2 Montaż prefabrykatów z keramzytobetonu i ocieplanie ścian zewnętrznych, źródło: Lipińscy Domy



Rysunek 17.3 Wykonanie podłogi na gruncie z widocznymi pustakami cokołowymi i izolacją, źródło: Lipińscy Domy

Szczególną uwagę zwrócono na wykonanie detali konstrukcyjnych w sposób szczelny powietrznie i wolny od mostków cieplnych. Budynek nie jest podpiwniczony, co upraszcza konstrukcję i zmniejsza liczbę kłopotliwych detali. Do budynku dostawiony jest nieogrzewany garaż o niezależnej konstrukcji, co pozwala na zachowanie ciągłości izolacji i uniknięcie problemu mostków cieplnych. Jedyнным miejscem, gdzie nie udało się zachować ciągłości izolacji są ściany fundamentowe, jednak negatywne skutki przerwania ciągłości izolacji zostały zminimalizowane dzięki zastosowaniu przekładki termicznej z cokołowych pustaków izolacyjnych.

Dach ocieplony został trzema warstwami izolacji o łącznej grubości 43 cm, dającej współczynnik przenikania ciepła wynoszący  $0,08 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Konstrukcja jest o tyle nietypowa, iż pierwszą warstwę stanowiły styropianowe panele dachowe. Kolejne zaś, to szary styropian między i pod krokiewiami.

Okna wykorzystane w budynku mają potrójne szklenie oraz ramy z tworzyw sztucznych o 5 komorach z dodatkowymi wkładkami z izolacji termicznej. Sprawilo to, że współczynnik przenikania ciepła dla całych okien jest mniejszy od  $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Montaż stolarki okiennej i drzwiowej odbył się z zastosowaniem trójwarstwowego systemu uszczelnienia,



Rysunek 17.4 Konstrukcja dachu, źródło: Lipińscy Domy





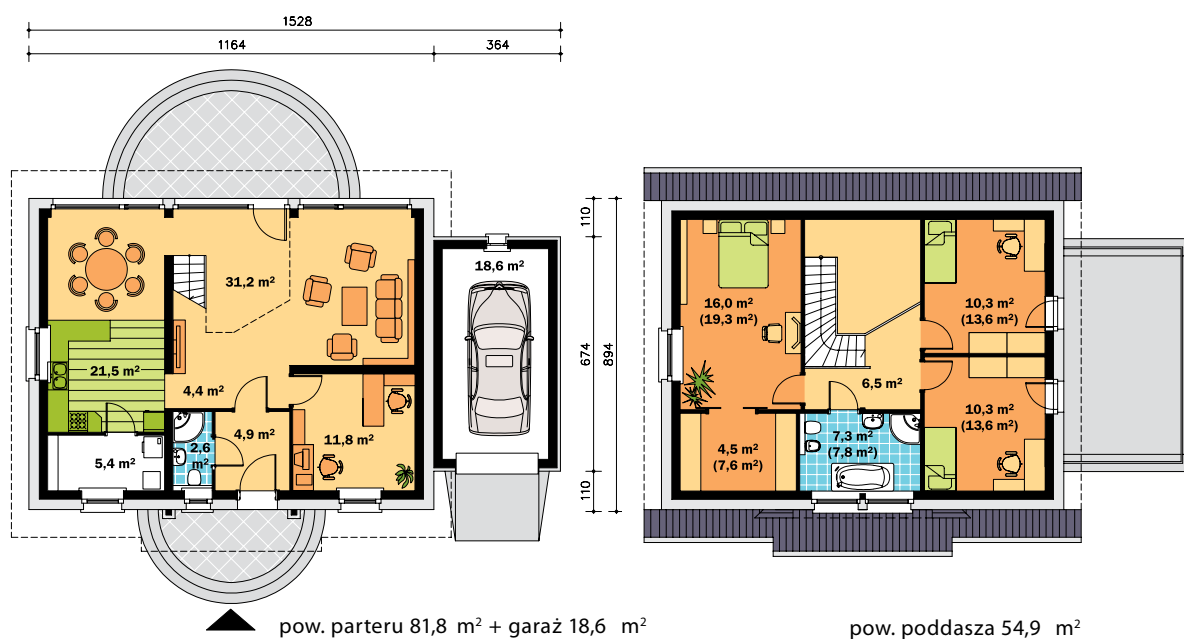
Rysunek 17.5 Montaż okien, źródło: Lipińscy Domy

w skład którego wchodzi (od zewnątrz) – elastyczna folia paroprzepuszczalna, pianka poliuretanowa i folia paroszczelna (od wewnątrz).

Zwarta bryła budynku została zaprojektowana tak, że współczynnik kształtu  $A/V$  wynosi 0,75, a dostawiony od strony zachodniej nieogrzewany garaż stanowi dodatkowy bufor ciepła. Dzięki odpowiedniemu rozmieszczeniu okien na fasadach domu – odpowiednio więcej na stronie południowej, bez jednoczesnego całkowitego zamknięcia fasady północnej (ze względu na walory estetyczne) – uzyskano mak-

symulację zysków ciepła od słońca. Jednocześnie w ramach zapobiegania przegrzewania się budynku w lecie uwzględniono odpowiednie elementy zacięniające, jak wysunięte okapy oraz roślinność liściastą po stronie południowej.

System wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła współpracuje z gruntowym wymiennikiem ciepła. Za wentylację, ogrzewanie i przygotowanie c.w.u. odpowiada kompaktowe urządzenie grzewcze z pompą ciepła.



Rysunek 17.6 Rzut parteru i poddasza domu w Smolcu, źródło: Lipińscy Domy



Rysunek 17.7 Wykonanie gruntowego wymiennika ciepła, źródło: Lipińscy Domy

Pompa o niewielkiej mocy 1,5 kW wykorzystuje ciepłe powietrze usuwane z budynku i powietrze zewnętrzne za GWC, jako dolne źródło ciepła. Podgrzewanie c.w.u. wspomaga kolektor próżniowy zlokalizowany na dachu. Szczelność powietrzna budynku została sprawdzona za pomocą testu szczelności, a wykryte dzięki niemu niedociągnięcia szybko usunięte. Wszystkie parametry izolacyjności cieplnej budynku w Smolcu spełniają jednocześnie wymagania dla standardu NF15.

### 17.1.2. Charakterystyka energetyczna

Obliczone zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji dzięki zastosowanym rozwiązaniom wyniosło 15 kWh/m<sup>2</sup> rocznie, czyli tyle, ile powinien zużywać budynek pasywny i w standardzie NF15. Dzięki małemu zapotrzebowaniu na ener-

gię możliwa była rezygnacja z instalacji grzewczej, której zadania przejmuje system wentylacji. Zapotrzebowanie na energię do podgrzewania c.w.u. jest większe od zapotrzebowania na ogrzewanie, dlatego też powinno być rekompensowane wykorzystaniem energii odnawialnej, produkowanej przez, np. kolektory słoneczne. Zapotrzebowanie na energię pierwotną do ogrzewania, przygotowania c.w.u., pracy urządzeń pomocniczych, oświetlenia, wyposażenia AGD i RTV wyniosło zaś 105 kWh/m<sup>2</sup> rocznie, czyli znacznie mniej niż dla powstających obecnie budynków.

### 17.1.3. Koszty budowy i eksploatacji

Zwiększone koszty początkowe budowy domu w 2006 roku wyniosły 38%, co było spowodowane małą dostępnością odpowiednich materiałów i urzą-



dzeń. W chwili obecnej budowa domu pasywnego (lub NF15) będzie droższa o około 20 – 30% od budowy domu standardowego. Różnice te z roku na rok zmniejszają się, należy się spodziewać, że podobnie jak w krajach Zachodniej Europy, gdzie budownictwo energooszczędne rozwija się dłużej, różnica w cenie wybudowania budynku standardowego i pasywnego będzie wynosiła około 10%.

Zanim to się stanie, rosnące ceny energii wciąż stanowią podstawowy powód przemawiający za budową domów i mieszkań w standardach NF15 czy NF40. Koszt użytkowania (ogrzewania i przygotowania c.w.u.) budynku w standardzie NF15 może wynosić, tak jak w domu w Smolcu, zaledwie 770 zł rocznie.

#### 17.1.4. Błędy projektowe i wykonawcze

Problemem, który ujawnił się w trakcie eksploatacji budynku jest jego przegrzewanie się w okresie letnim. Główną przyczyną przegrzewania jest bardzo duża powierzchnia okien skierowanych na południe, które nie są zacienione. Wysunięty poza obrys budynku okap oraz zastosowane wewnątrz wertikale okazały się nieskuteczne. Dobrym rozwiązaniem mogą być zewnętrzne żaluzje lub markizy tarasowe. Ograniczą one dostęp promieniowania słonecznego tylko latem.

### 17.2. Dom pasywny w Słomczynie

W Słomczynie, na południe od Warszawy, powstał dom pasywny o konstrukcji szkieletowej.



Rysunek 17.8 Elewacja frontowa

#### 17.2.1. Rozwiązania konstrukcyjne

Dzięki wykorzystaniu konstrukcji szkieletowej, budowa domu trwała zaledwie 10 miesięcy. Zastosowane ściany bardzo dobrze chronią nie tylko przed zimnem, ale również przed hałasem. Budynek usytuowany jest w sposób pozwalający na wykorzystanie zysków ciepła od słońca – większe przeszklenia od strony południowej, mniejsze od północnej. Stolarka drzwiowa i okienna ze względu na wymaganą szczelność i izolacyjność cieplną jest bardzo ciężka – drzwi ważą nawet 150 kg. Szyby są potrójne, a przestrzeń międzyszybowa wypełniona gazem szlachetnym.

Taras od strony zachodniej ma konstrukcję niezależną i samonośną posadowioną na słupach. Pozwoliło to na zachowanie ciągłości warstwy izolacji na ścianach zewnętrznych. „Serce” budynku stanowi gruntowy wymiennik ciepła, wspomagający ogrzewanie i chłodzenie. Współpracuje on z pompą ciepła, ogrzewającą wodę i powietrze nawiewane oraz umożliwiającą odzysk ciepła z powietrza wywiewanego. Zastosowana pompa charakteryzuje się poborem mocy elektrycznej 1500 W, czyli tyle, ile potrzebuje 15 mocniejszych żarówek. Jest to moc wystarczająca do ogrzania całego budynku wraz z podgrzaniem wody. Przy temperaturze zewnętrznej 2-5°C system ogrzewczy nie wykorzystuje żadnych dodatkowych źródeł ciepła, co pozwala na minimalizację zużycia energii. Dzieje się tak w dużej mierze dzięki wysokiej izolacyjności ścian i szczelności powietrznej. W domu tradycyjnym do dostarczenia odpowiedniej ilości ciepła potrzebne byłoby znacznie więcej powietrza, co nie byłoby opłacalne ani komfortowe. System wentylacji nawiewno-wywiewnej wykorzystuje nawiew-



Rysunek 17.9 Elewacja ogrodowa

niki w pokojach i wywiewniki w kuchni i łazienkach, co zapewnia odpowiednią cyrkulację powietrza. Nie emituje on praktycznie żadnych hałasów i jest słyszalny jedynie przy największej wydajności, która jest rzadko wykorzystywana.

### 17.2.2. Szczelność powietrzna

Niewystarczająca szczelność budynku (trudna do zachowania w systemie konstrukcji szkieletowej) uniemożliwiła uzyskanie certyfikatu pasywności, jednak właściciele są w trakcie usuwania nieprawidłowości i zamierzają starać się o niego w przyszłości. Jest to bowiem jedyny problem na drodze do spełnienia wymagań standardu pasywnego odpowiadającemu standardowi NF15. Jedną z przyczyn powstania nieuszczelnienia okazały się na przykład nieuszczelnione gniazdka, puszkę instalacji elektrycznej, przez które w niekontrolowany sposób przedostaje się powietrze z zewnątrz.

### 17.2.3. Koszty budowy i eksploatacji

Budowa wykończonego, ale niewyposażonego w instalacje domu kosztowała 340 tys. zł w 2010 roku. Na instalacji c.o. zaoszczędzono 30 tys. zł, gdyż większość grzejników i ogrzewanie podłogowe okazały się niepotrzebne. Co więcej, różnica między budową domu energooszczędnego (odpowiadającego standardowi NF40) i pasywnego (odpowiadającego standardowi NF15) wyniosła jedynie 50 tys. zł. Przy założeniu maksymalnego zużycia 15 kWh/m<sup>2</sup> w ciągu roku, koszt ogrzewania to zaledwie 720 zł, czyli około ośmiokrotnie mniejszy niż dla budynku standardowego.



## 17.3. Osiedle energooszczędne Gdańsk-Osowa

Osiedle jest inwestycją atrakcyjną dla potencjalnych mieszkańców głównie ze względu na bardzo niskie, lub nawet zerowe rachunki za ogrzewanie i przygotowanie c.w.u., co wyróżnia je spośród innych nowoczesnych osiedli.

### 17.3.1. Rozwiązania konstrukcyjne

Ściany konstrukcyjne wykonane zostały w systemie odlewu betonowego w deskowaniu z płyt pozostających częścią konstrukcji. Zwiększają one odporność na pęknięcia spowodowane osiadaniem oraz bardzo wytłumiają hałas. Do ocieplenia ścian wykorzystano styropian grafitowy, o bardzo dobrych właściwościach termoizolacyjnych, zaś dachu – izolację nakrokwiovą. Balkony zostały wsparte na osobnej konstrukcji nośnej, co zabezpiecza przed powstaniem mostków cieplnych.

Zastosowana w budynku pompa ciepła współpracuje z gruntowym wymiennikiem ciepła służącym ogrzewaniu i ochładzaniu powietrza trafiającego do rekuperatora. System wentylacji mechanicznej współpracuje jednocześnie z instalacją centralnego ogrzewania. Dachy obu budynków wielorodzinnych, po raz pierwszy w Polsce, pokryte zostały modułami fotowoltaicznymi. Na dachu zainstalowano również kolektory słoneczne do podgrzewania c.w.u. Nadwyżka energii z kolektorów będzie wykorzystywana do podgrzewania gruntu pod budynkiem. Zakumulowane w nim ciepło wykorzysta później pompa ciepła. Zastosowano trójszybowe okna, ogrzewanie niskotemperaturowe oraz indywidualne systemy wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła.



Rysunek 17.10 Hala pasywna w Słomnikach, widok z zewnątrz, źródło: [www.slomniki.pl](http://www.slomniki.pl)



Rysunek 17.11 Hala pasywna w Słomnikach, widoczny system wentylacji mechanicznej, źródło: [www.slomniki.pl](http://www.slomniki.pl)

### 17.3.2. Koszty budowy i eksploatacji

Oszczędności wynikające z użytkowania energooszczędnego mieszkania w ciągu 30 lat mogą stanowić nawet 50% obecnej ceny jego zakupu. Jest to słuszne dla mieszkania o powierzchni 50 m<sup>2</sup>, które byłoby użytkowane przez 3 osoby. Oszczędności określono w odniesieniu do mieszkania w budynku spełniającym obecne wymagania dotyczące ochrony cieplnej.

## 17.4. Pasywna hala sportowa w Słomnikach

Hala w Słomnikach, w województwie małopolskim, jest pierwszą w Polsce halą sportową zbudowaną w standardzie pasywnym.

### 17.4.1. Rozwiązania konstrukcyjne

Uzyskanie standardu pasywnego umożliwiło m.in. odpowiednie usytuowanie budynku, wykorzystanie okien energooszczędnych z systemem rolet wewnętrznych i zewnętrznych oraz zastosowanie systemu wentylacji z odzyskiem ciepła o sprawności ponad 85%, który wspomaga niskotemperaturowe ogrzewanie podłogowe. Ściany zewnętrzne zbudowane są z bloczków silikatowych, pozwalających na akumulację ciepła, a ocieplenie zrealizowane zostało z użyciem szarego styropianu o grubości 30 cm. Dach został zaizolowany (na blasze trapezowej) 40 cm warstwą płyt z twardej wełny mineralnej, pokrytą od góry papą termozgrzewalną.

### 17.4.2. Charakterystyka energetyczna

Zastosowanie omówionych tu rozwiązań umożliwiło uzyskanie zapotrzebowania na energię użytkową na cele ogrzewania i wentylacji na poziomie 15 kWh/(m<sup>2</sup>rok), czyli jak dla standardu NF15. Dzięki temu zużycie energii zmniejszyło się o 87%, a roczna emisja CO<sub>2</sub> o ponad 90% w stosunku do budynku spełniającego obecne wymagania.

### 17.4.3. Koszty budowy i eksploatacji

Koszt budowy hali wyniósł 6,7 mln zł, co w porównaniu do budowy tradycyjnego obiektu było kosztem o 12% większym. Jednak na ogrzewaniu hali można zaoszczędzić aż 40 tys. zł w ciągu roku, co sprawia, że inwestycja powinna się zwrócić już po około 15 latach.

## 17.5. Pierwszy pasywny kościół w Nowym Targu

Kościół w Nowym Targu jest pierwszym tego typu obiektem w Europie, wykonanym w technologii budownictwa pasywnego. Przez swoją formę stanowi odniesienie do poszanowania naturalnych zasobów Ziemi i mimo nowoczesnych technologii idealnie komponuje się z otoczeniem. Ma on powierzchnię 1740 m<sup>2</sup> i mieści około 500 wiernych.





Rysunek 17.12 Kościół pasywny w Nowym Targu, widok od frontu i strony południowej, źródło: [www.architekturapasywna.pl](http://www.architekturapasywna.pl)

### 17.5.1. Rozwiązania konstrukcyjne

Podczas budowy kościoła zastosowano nowoczesne rozwiązania technologiczne stosowane w budownictwie energooszczędnym i pasywnym oraz najwyższej jakości materiały budowlane. Kształtując bryłę budynku skupiono się na tym, aby ograniczyć straty ciepła oraz zapewnić jednocześnie zyski od słońca, pamiętając o możliwości przegrzewania się w lecie. Wszystkie przegrody zaprojektowane zostały na poziomie współczynnika przenikania ciepła  $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , a okna  $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , czyli na poziomie standardu NF15. Ogrzewanie opiera się na niskotemperaturowym ogrzewaniu podłogowym z pompą ciepła zasilaną ze studni głębinowych. Sprawność odzysku ciepła w wentylacji nawiewno-wywiewnej jest na poziomie 86%.

### 17.5.2. Charakterystyka energetyczna

Zużycie energii użytkowej na cele ogrzewania i wentylacji wynoszące  $15 \text{ kWh}/\text{m}^2$  na rok oznacza oszczędność prawie o 90%. Kościół jest z tego względu wizytówką regionu i bardzo dobrym przykładem energooszczędnego budownictwa sakralnego.

### 17.5.3. Koszty budowy i eksploatacji

Koszty eksploatacji w przypadku tradycyjnych kościołów stanowią największy problem, gdyż za ogrzewanie trzeba zapłacić ok. 7,5 tys. zł miesięcznie. Koszt ogrzewania kościoła pasywnego wraz z energią elektryczną za okres półroczny od października do marca, w trakcie zimowych mrozów, wyniósł zaledwie 4,5 tys. zł. Oszczędność w całym półrocznym okresie wynosiła ponad 40 tys. zł.





Rysunek 17.13 Szkoła pasywna w Budzowie, widok z zewnątrz, źródło: Urząd Gminy Stoszowice

## 17.6. Pierwsza pasywna szkoła w Budzowie

Szkoła w Budzowie to pierwsza placówka edukacyjna w Polsce wykonana w standardzie pasywnym. Przez ponad rok udało się zbudować jednopiętrowy budynek o powierzchni około 800m<sup>2</sup>.

### 17.6.1. Rozwiązania konstrukcyjne

Uzyskanie standardu pasywnego było możliwe dzięki m.in. prawidłowemu usytuowaniu budynku oraz prostej i zwartej bryle. Ocieplenie ścian srebroszarym styropianem z dodatkiem grafitu, wysokiej klasy okna oraz system wentylacji z odzyskiem ciepła to kolejne czynniki wpływające na zmniejszenie zapotrzebowania na energię. Panele fotowoltaiczne produkują energię elektryczną wykorzystywaną na

potrzeby budynku. Łamacze światła mają za zadanie zacienienie okien w okresie lata (choć w przypadku tej inwestycji nie do końca się sprawdziły, ze względu na zamontowanie ich na elewacji innej niż południowa).

### 17.6.2. Charakterystyka energetyczna

Szkoła dzięki wysokiemu standardowi potrzebuje nawet mniej energii do ogrzewania niż budynek pasywny, posiada również 3-krotnie lepszą szczelność od budynku pasywnego. Tak wysoki standard energetyczny sprawia, że zaledwie 71 kWh/(m<sup>2</sup>rok) (maksymalna wartość dla budynku pasywnego to 120 kWh/(m<sup>2</sup>rok)) energii pierwotnej w ciągu roku wystarcza na ogrzanie budynku, przygotowanie c.w.u., pracę wszystkich urządzeń elektrycznych i oświetlenie.



Rysunek 17.14 Szkoła pasywna w Budzowie, widok wewnątrz, źródło: Urząd Gminy Stoszowice

### 17.6.3. Koszty budowy i eksploatacji

Koszty inwestycji wyniósł prawie 3,4 mln zł i przewyższył koszt budowy szkoły w tradycyjnym standardzie o około 26%. Przy założeniu 1000 zł rocznych

kosztów ogrzewania budynku, podczas gdy ogrzanie wersji tradycyjnej pochłonęłoby około 40 tys. zł, zwrot dodatkowych nakładów powinien nastąpić po 17 – 18 latach. W przypadku wzrostu cen energii czas zwrotu nakładów powinien się skrócić.

	Szkoła w Budzowie	Budynek tradycyjny
Ściany zewnętrzne	$U=0,092 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U=0,34 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Podłoga na gruncie	$U=0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U=0,60 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Dach	$U=0,092 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U=0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Stolarka okienna	$U=0,79 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U=1,42 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Koszt budowy	3,4 mln zł	2,7 mln zł
Roczne koszty eksploatacji	10 tys. zł	50 tys. zł
Roczne koszty ogrzewania	1,2 tys. zł	40 tys. zł

Tabela 17.1 Podstawowe parametry szkoły w Budzowie w wariacie pasywnym i tradycyjnym

### 17.6.4. Błędy wykonawcze i projektowe

Szkoła w Budzowie jest jednocześnie przykładem na to, jak źle zaprojektowany budynek pasywny może zamiast zalet posiadać wiele wad. Podstawowymi błędami, które popełniono, było zastosowanie złych elementów zacinających oraz złej regulacji systemu wentylacji. Doprowadziło to do przegrzewania się budynku w okresie lata i pogorszenia się jakości powietrza wewnętrznego. Zastosowany system wentylacji mechanicznej ma za małą wydajność i jest źle regulowany, co prowadzi do wzrostu wilgotności względnej oraz stężenia zanieczyszczeń w klasach. Brak otwieranych okien i możliwości przewietrzania w okresie letnim jest kolejną przyczyną przegrzewania się budynku. Projektując budynki energooszczędne trzeba zwrócić szczególną uwagę na aspekt zapewnienia komfortu cieplnego w okresie lata i dostosowanie wydajności wentylacji do potrzeb użytkowników.



# Słownik pojęć

## Podstawowe jednostki:

- W – jednostka mocy lub strumienia energii, 1 Wat w mechanice najkrócej definiuje się jako jeden dżul na jedną sekundę.
- K – jednostka temperatury. 1 Kelwin jest to jednostka temperatury termodynamicznej równa 1/273,16 temperatury termodynamicznej punktu potrójnego wody. Kelwinów używamy przy podawaniu różnic temperatur.
- m – jednostka długości. 1 metr jest równy drodze, jaką przebywa w próżni światło w ciągu 1/299792458 sekundy.

## Energia użytkowa

to energia, której zużywamy bezpośrednio. W przypadku ogrzewania domu jest to ciepło dostarczane przez system grzewczy do pomieszczeń ogrzewanych. Ciepło jest niezbędne do pokrycia strat ciepła przez przegrody oraz do podgrzania powietrza wentylacyjnego. Energia użytkowa do ogrzewania (EUco) nie zależy od sprawności systemu grzewczego. Im mniejsza wartość energii użytkowej, tym mniej ciepła tracimy przez przegrody zewnętrzne budynku i na wentylację. Wskaźnik ten jest wykorzystywany do oceny rozwiązań architektoniczno-budowlanych i zależy od lokalizacji budynku. Projektowanie energooszczędne polega na osiągnięciu jak najniższego współczynnika EU.

## Energia końcowa

to energia dostarczana do budynku. Zapotrzebowanie na energię końcową uwzględnia straty wynikające ze sprawności systemów instalacyjnych. Dla

użytkownika budynku jest to wielkość niezwykle istotna, ponieważ jest to energia, za którą musi on zapłacić.

## Energia pierwotna

to energia zawarta w pierwotnych nośnikach energii, takich jak węgiel kamienny, gaz ziemny, ropa naftowa lub w źródłach odnawialnych. W zapotrzebowaniu na energię pierwotną uwzględnione są straty przy wytwarzaniu i przesyłaniu energii, a także rodzaj nośnika energii. Energia pierwotna może być większa od końcowej od 10% w przypadku gazu lub o 300% dla prądu.

## Moc a energia

Moc opisuje, jak szybko praca może być wykonana, a jej jednostką jest wat [W]. Ciało posiada energię mechaniczną, gdy ma zdolność wykonywania pracy i jest ona jej miernikiem. Jednostką energii jest dżul [J].

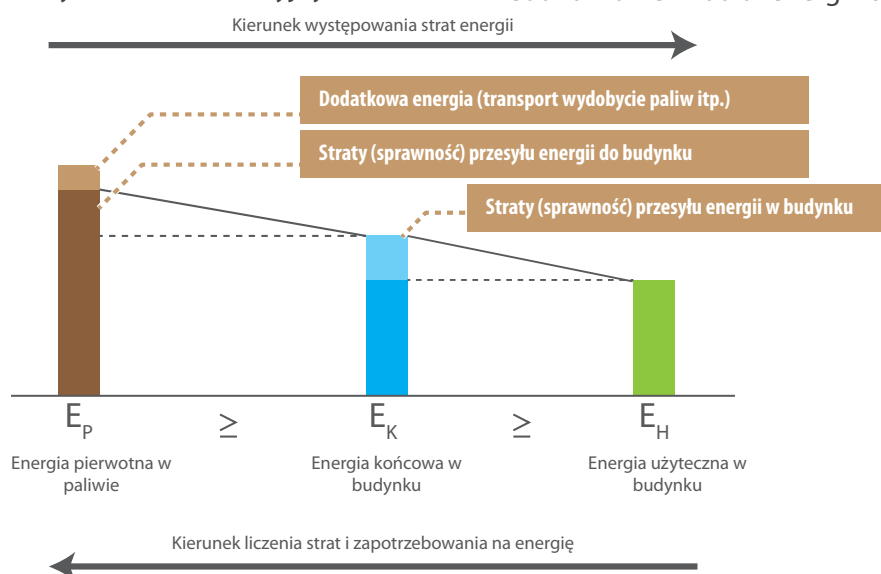
Przykładowo: do zagotowania szklanki wody grzałką o mocy 2 kW potrzebujemy niecałą minutę (przy założeniu braku strat ciepła na zewnątrz). Na zagotowanie szklanki wody użyjemy ok. 0,025 kWh energii elektrycznej. Jeżeli użyjemy grzałki o mocy 1 kW to czas gotowania wody zwiększy się dwukrotnie, ale ilość potrzebnej energii się nie zmieni.

## Jednostki energii

Najczęściej używanymi jednostkami energii są w zależności od jej nośnika są kWh i MJ (megadżule) lub GJ (gigadżul). Porównując te dane, musimy pamiętać, że 1 kWh = 3,6 MJ = 0,0036 GJ.

## Odnawialne i nieodnawialne źródła energii

Nieodnawialne źródła energii to źródła energii,



Rysunek 1 Różnica pomiędzy energią pierwotną  $E_p$ , końcową  $E_k$  i użytkową  $E_U$

których okres powstawania jest długi. Wykorzystanie ich przebiega szybciej niż uzupełnianie zasobów. Należą do nich paliwa kopalne: węgiel kamienny, węgiel brunatny, torf, ropa naftowa i gaz ziemny. Odnawialne źródła energii to te, których zasoby odnawiają się w krótkim czasie lub też ich zasoby są praktycznie niewyczerpywalne.

Są to:

- Promieniowanie słoneczne (energia słoneczna),
- Energia wiatru (energia wiatrowa),
- Energia spadku wód (energia wodna),
- Biomasa (energia spalania roślin),
- Energia geotermalna (energia gorących wód głębinowych),
- Energia przyływów i odpływów mórz oraz różnicy temperatury wody powierzchniowej i głębinowej.

## Czy wiesz, że?

Energia ze źródeł odnawialnych to nie to samo, co energia ze źródeł przyjaznych dla środowiska naturalnego. Instalacje do produkcji energii odnawialnej mogą powodować szkody ekologiczne, takie jak zanieczyszczenie środowiska powstające podczas wytwarzania instalacji lub na przykład zmiana temperatury warstw gruntu przy stosowaniu pomp ciepła.

## Gazy cieplarniane

to składniki atmosfery ziemskiej, które mają właściwości umożliwiające zatrzymywanie energii słonecznej w obrębie atmosfery ziemskiej. Należą do nich przede wszystkim para wodna, dwutlenek węgla, podtlenek azotu, metan, ozon i freony.

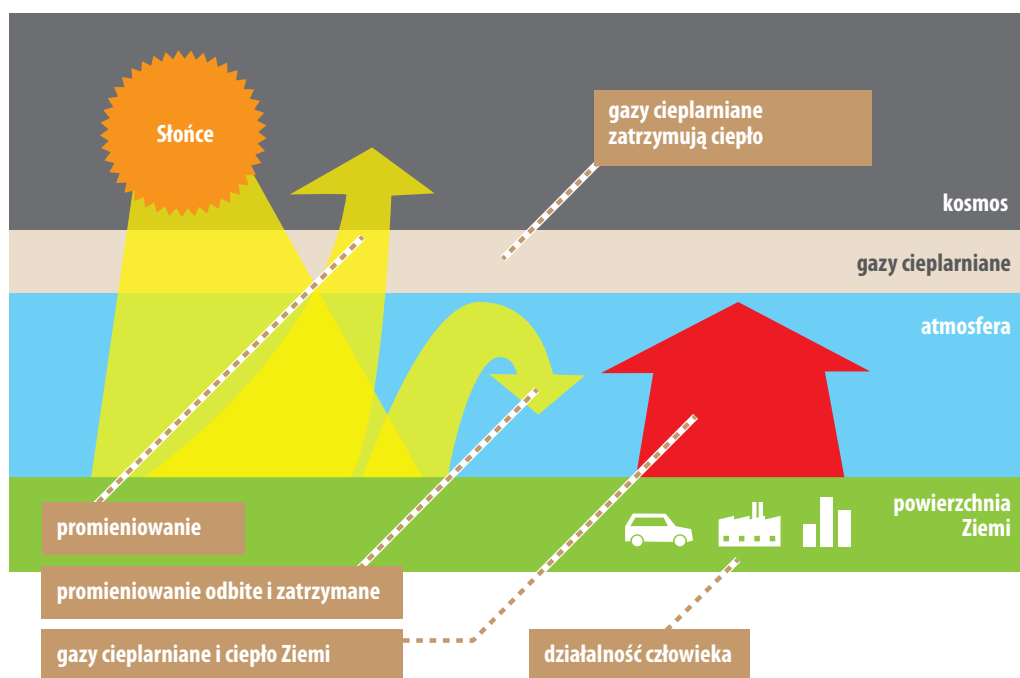
## Efekt cieplarniany

jest powodowany spalaniem paliw kopalnych. Jest to zjawisko podwyższania temperatury spowodowane zdolnością atmosfery do przepuszczania dużej części promieniowania słonecznego i zatrzymywania promieniowania Ziemi przez obecność gazów cieplarnianych w atmosferze. Zmiany spowodowane efektem cieplarnianym mogą być jedną z przyczyn globalnego ocieplenia.

## Ocena w cyklu życia

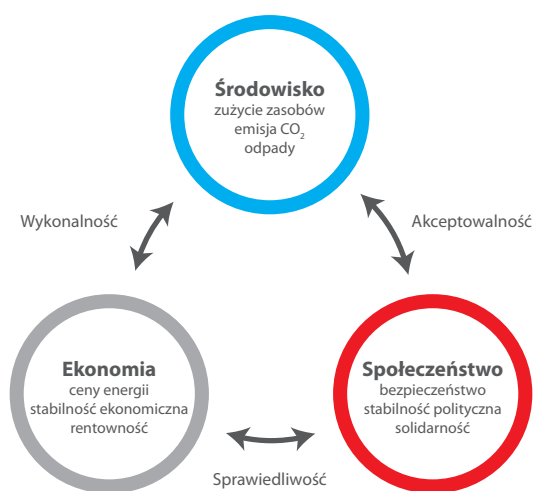
Cykl życia obiektu budowlanego składa się z poszczególnych faz obejmujących czas od fazy planowania i budowy obiektu, poprzez fazę eksploatacji, prowadzenia i nadzorowania obsługi, przebudowy aż do wyburzenia lub zmiany sposobu zagospodarowania. Ocena może opierać się na wielu wskaźnikach, takich jak całkowite zużycie energii czy wykorzystanie źródeł odnawialnych, może uwzględniać część lub cały cykl życia. Najbardziej użyteczne informacje zapewnia ocena opierająca się na kilku wskaźnikach wykonana dla całego cyklu życia.

Budynki energooszczędne charakteryzują się niższymi kosztami w cyklu życia od budynków standardowych przy założeniu szybkiego tempa wzrostu cen energii.



Rysunek 2 Przyczyny powstawania efektu cieplarnianego





Rysunek 3 Idea zrównoważonego rozwoju

### Rozwój zrównoważony

umożliwia zaspokojenie potrzeb współczesnych społeczeństw, bez pomniejszania możliwości zaspokojenia potrzeb oraz rozwoju przyszłych pokoleń. Na jego poziom mają wpływ trzy główne obszary: środowisko, ekonomia i społeczeństwo.

### Współczynnik przenikania ciepła U

Powszechnie stosowany przy określaniu izolacyjności termicznej przegród wyrażany w  $W/(m^2K)$ . Z definicji jest to odwrotność oporu cieplnego przegrody, czyli  $1/R$ . Oznacza to, że im mniejsza wartość współczynnika U przegrody, tym lepsza jest ona pod względem izolacyjności cieplnej (mniej ciepła będzie przez nią uciekać).

Używamy również pojęć:

- Skorygowany współczynnik przenikania ciepła  $U_c$ . Uwzględnia poprawki na nieszczelność warstwy izolacji, czy łączniki mechaniczne przebijające izolację (np. w przypadku mocowania izolacji cieplnej łącznikami mechanicznymi).
- Końcowy współczynnik przenikania ciepła  $U_{kr}$ , który dodatkowo (oprócz poprawek rozpatrywanych w  $U_c$ ) uwzględnia również wpływ mostków cieplnych na właściwości przegrody.

Najbardziej miarodajną wartością jest zatem współczynnik końcowy  $U_{kr}$ , określający parametr przegrody jako całości, z uwzględnieniem występujących negatywnych zjawisk.

### Liniowy współczynnik przenikania ciepła $\psi$ (psi)

Wielkość charakteryzująca liniowe mostki cieplne, wyrażana w  $W/(mK)$ , zależna od sposobu montażu elementu (okna, drzwi), a także wykonania połączeń konstrukcji (sposobu izolacji między płytą balkono-

wą a ścianą, czy stropem i ścianą. Znając jego wartość (a także długość mostka cieplnego), jesteśmy w stanie określić dodatkowe straty ciepła przez przenikanie, wywołane występowaniem mostka cieplnego w przegrodzie. Przy projektowaniu i budowie domów energooszczędnych staramy się minimalizować ich występowanie, dążąc do uzyskania jak najmniejszego współczynnika  $\psi$ .

### Współczynnik przewodzenia ciepła materiału $\lambda$ (lambda)

Opisuje zdolność materiału do przewodzenia ciepła wyrażana w  $W/(mK)$ . Im mniejszy współczynnik  $\lambda$  (mniejsza przewodność cieplna materiału), tym lepszym jest izolatorem termicznym. Dla każdego materiału wyznacza się go laboratoryjnie, a jego wartość zależy od:

- Gęstości materiału. Bardziej porowate materiały są lepszymi izolatorami.
- Wilgotności materiału. Wraz ze wzrostem wilgotności pogarszają się właściwości izolacyjne materiału, dlatego powinniśmy chronić warstwy izolacji cieplnej (np. wełnę mineralną) przed wilgocią.
- Struktury. Niektóre materiały mają inne właściwości cieplne w zależności od kierunku przepływu ciepła, np. drewno jest lepszym izolatorem, gdy rozpatrujemy przepływ ciepła w poprzek włókien.
- Temperatury materiału.

### Czy wiesz, że?

Aby uzyskać opór cieplny warstwy materiału na poziomie  $R = 0,25 m^2K/W$  (odpowiadający 1 cm warstwie styropianu o  $\lambda = 0,04$ ), musielibyśmy zastosować:

- Drewno ( $\lambda = 0,16$ ) o grubości 4 cm,
- Mur z cegły pełnej wapienno-piaskowej ( $\lambda = 1$ ) o grubości 25 cm,
- Żelbet ( $\lambda = 1,7$ ) o grubości 42 cm,
- Mur kamienny ( $\lambda = 2,52$ ) o grubości 63 cm.

### Opór cieplny przegrody R

Jest to opór, jaki stawia warstwa materiału (albo cała przegroda) ciepłu przemieszczającemu się przez nią, wyrażany w  $(m^2K)/W$ . Im wyższą wartość oporu cieplnego R przegrody osiągniemy, tym skuteczniejsza będzie ona pod względem izolacyjności, a budynek bardziej energooszczędny. Wartość tę oblicza się

## Czy wiesz, że?

Często zdarza się, że źródłem świeżego powietrza w budynku jest właśnie jego niekontrolowany napływ, głównie przez nieuszczelnienie w oknach. W takim przypadku zwiększenie szczelności powietrznej budynku, np. poprzez wymianę stolarki okiennej, przy braku odpowiednio wydajnego systemu wentylacji i urządzeń nawiewnych, pogorszy tylko komfort wewnętrzny budynku.

z uwzględnieniem poszczególnych warstw przegrody, których opór cieplny zależy bezpośrednio od grubości użytego materiału  $d$  (im większa grubość, tym większy stawia opór) oraz od współczynnika przenikania materiału  $\lambda$  (im mniejszy, tym materiał jest lepszym izolatorem). Uproszczony wzór ma postać  $R = d/\lambda$ .

### Współczynnik temperaturowy $f_{Rsi}$

Niezbędny do oceny prawdopodobieństwa wystąpienia negatywnego zjawiska – kondensacji (skraplania) pary wodnej na wewnętrznej powierzchni przegrody budowlanej. Wartość współczynnika temperaturowego  $f_{Rsi}$  wylicza się dla przegrody w każdym miesiącu, jest ona bezwymiarowa i zawiera się w przedziale od 0 do 1. Aby nie zachodziło zjawisko kondensacji pary wodnej, wartość ta powinna być nie mniejsza niż wymagana wartość krytyczna, np. 0,80.

**Krotność wymian powietrza przez infiltrację  $n_{50}$**   
Określa szczelność powietrzną budynku, a dokład-

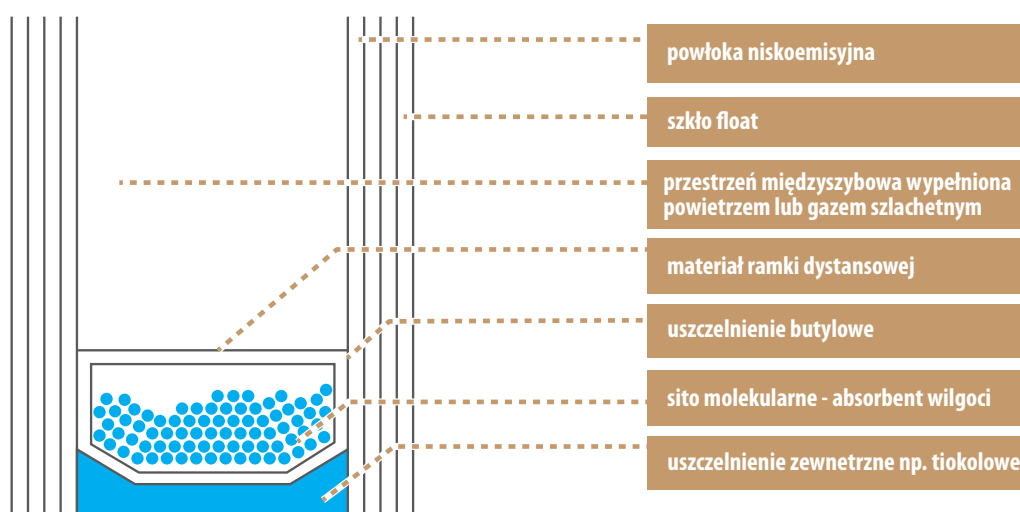
niej krotność wymiany powietrza przez nieuszczelnienie w stosunku do kubatury budynku, przy różnicy ciśnienia 50 Pa podczas 1 godziny. Oznacza to, że np. dla  $n_{50} = 1,0$  1/h, w ciągu godziny nastąpi całkowita (1-krotna) wymiana powietrza wewnątrz budynku. Badanie szczelności jest jednym z elementów certyfikacji budynku energooszczędnego i powinno być wykonane dla każdego z nich. Wartość  $n_{50}$  określa się wykonując test szczelności przy użyciu drzwi nawiewnych – Blower Door. Budynki energooszczędne powinny charakteryzować się wysoką szczelnością powietrzną. Dla budynków NF15 i NF40 wymagana minimalna wartość  $n_{50}$  to odpowiednio: 0,6 1/h oraz 1,0 1/h. Mała szczelność powietrzna budynku skutkuje powstaniem wielu niekorzystnych zjawisk prowadzących do pogorszenia jakości środowiska wewnętrznego, zmniejszenia trwałości konstrukcji, a także znacznego zwiększenia strat ciepła na wentylację.

### Współczynnik przenikania ciepła okna ( $U_w$ )

to parametr, który informuje o ilości ciepła, wyrażonej w watach, traconej przez powierzchnię całego okna w metrach kwadratowych przy różnicy temperatur wynoszącej 1K, czyli tyle samo, co 1°C (W/(m²K)). Uwzględnia on zarówno szklenie i ramę okienną jak i ramki dystansowe wraz z relacją pomiędzy stosunkiem powierzchni przeszklenia do powierzchni ramy. Stanowi podstawę do oceny i porównywania właściwości izolacyjnych okna. Im niższa jest jego wartość – tym lepiej.

### Współczynnik przenikania ciepła drzwi ( $U_d$ )

to parametr wyrażany w W/(m²K), który informuje o ilości ciepła uciekającej przez całe drzwi. Obliczając go musimy uwzględnić także ramę. Stanowi on



Rysunek 4 Budowa szyby zespolonej (szkło float – szkło płaskie)

podstawę do oceny i porównywania właściwości izolacyjnych drzwi. Im niższa jest jego wartość – tym lepiej.

### Współczynnik przenikania ciepła szyby ( $U_g$ )

Wyrażany w  $W/(m^2K)$  ma z reguły niższą (korzystniejszą) wartość niż okno, ale nie może być parametrem, z którego korzystamy do oceny jakości izolacyjnej całego okna.

Pamiętaj!

Zwróć uwagę na to, jaki parametr podaje sprzedawca w opisie okna. Jeśli to współczynnik tylko oszklenia, postaraj się dowiedzieć, jak wygląda on dla całego okna wraz z ramą, gdyż tylko całościowo odzwierciedla on rzeczywiste właściwości okna.

### Współczynnik przenikania ciepła ramy ( $U_f$ )

Wyrażany w  $W/(m^2K)$  ma z reguły wyższą wartość niż okno. W zależności od udziału powierzchniowego ramy wpływa w mniejszym lub większym stopniu na właściwości izolacyjne całego okna.

Liniowy współczynnik przenikania ciepła  $\Psi_g$  ramki dystansowej wyrażany w  $W/(mK)$  charakteryzuje

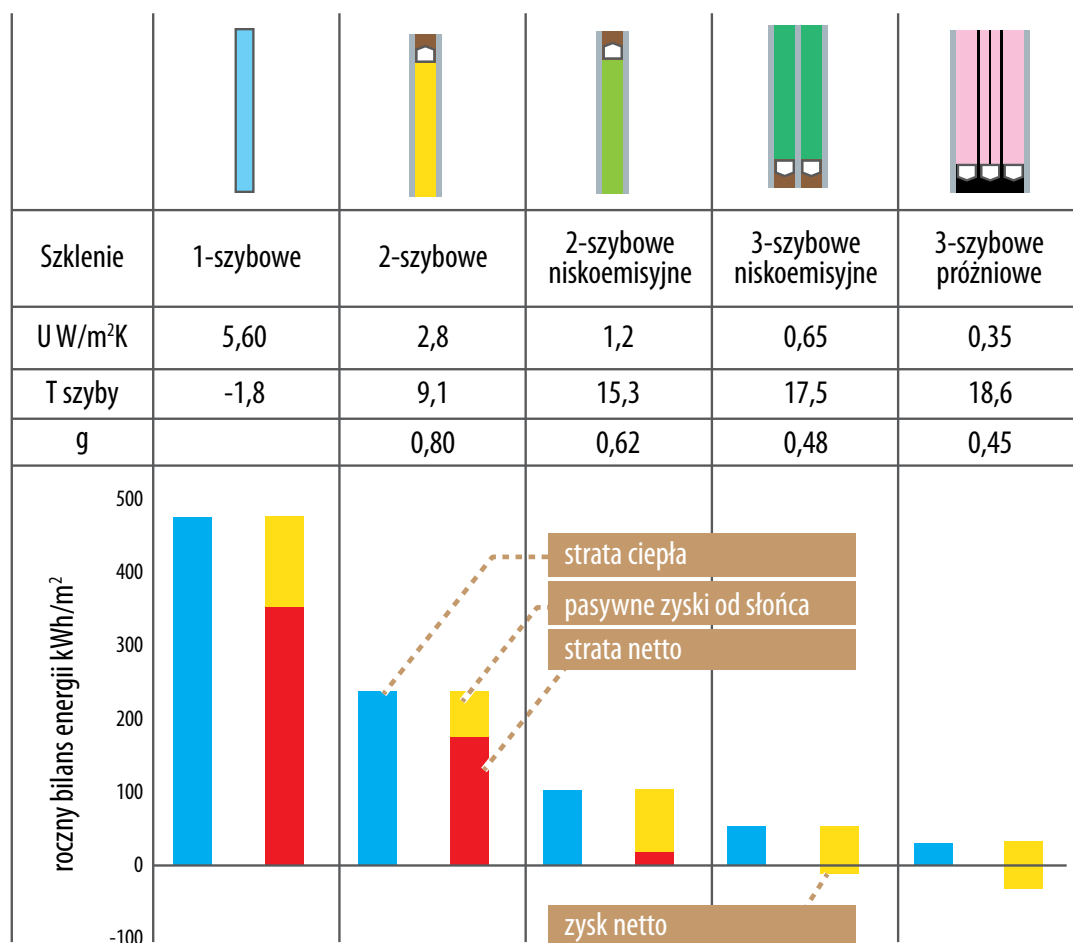
wartość mostka cieplnego powstającego na styku rama-oszklenie, zależy od materiału, z którego wykonano ramkę dystansową. Im mniejsza jego wartość, tym lepiej.

### Współczynnik przepuszczalności energii promieniowania słonecznego (g)

Oznacza, jaka część energii słonecznej padającej na szybę została przepuszczona do wnętrza pomieszczenia. Im wyższa jego wartość, tym wyższe pasywne zyski energii, ale jednocześnie tym większe, niechciane w okresie letnim, nagrzewanie się powietrza w pomieszczeniu pod wpływem słońca.

### Współczynnik przepuszczalności światła dziennego (TR)

Oznacza, jaka część światła przenika przez szybę docierając do wnętrza pomieszczenia. Zależy on od powłok przeciwsłonecznych, liczby komór, szyb i współczynnika  $U_g$  – z reguły wraz ze zmniejszaniem (polepszaniem) się wartości współczynnika  $U_g$  zmniejsza (pogarsza) się procentowa przepuszczalność światła dziennego.



Rysunek 5 Porównanie parametrów podstawowych pakietów szklenia, źródło: Passivhaus Institut

# Bibliografia

## Artykuły

1. Szymon Firląg, Piotr Król, Arkadiusz Węglarz „Zintegrowana ocena wpływu budynku jednorodzinnego na środowisko”, Rynek Instalacyjny, 9/2013
2. Marta Balcerowska, „Chłodzenie pompą ciepła”, 2011
3. Halina Wiśniewska, „Zastosowanie termowizji w budownictwie”
4. Marcin Idczak, Szymon Firląg, artykuł „Okna w budynkach pasywnych – funkcja, wymagania, bilans energetyczny, komfort cieplny”, Instytut Budynków Pasywnych przy Narodowej Agencji Poszanowania Energii S.A.
5. Robert Stefaniak, „Pozyskiwanie energii z gruntu”, Rzeszów, Dobry Dom, NR 1 (5) 2012,
6. Leszek Wolanin, „Ciepła podłoga”, Rzeszów, DOBRY DOM, NR 1 (5) 2012,
7. Wolfgang Feist, Uwe Munzenberg, Jorg Thumulla, Schulze Darup Burkhard, „Podstawy budownictwa pasywnego”, Gdańsk, Polski Instytut Budownictwa Pasywnego,
8. Ryszard Wnuk, „Budowa domu pasywnego w praktyce”, Warszawa, Przewodnik Budowlany, 2006,
9. Aleksander Panek, Szymon Firląg, Maciej Mijakowski, „Ocena jakości środowiska wewnętrznego i szczelności budynków”, Warszawa, Fundacja Poszanowania Energii, 2009
10. Andrzej Wiszniewski, Adrian Trząski, Marcin Idczak, Jerzy Kwiatkowski, „Wykorzystanie energii odnawialnej w budynkach”, Warszawa, Fundacja Poszanowania Energii, 2009
11. Aleksander Panek, Szymon Firląg, „Projektowanie budynków niskoenergetycznych i pasywnych”, Warszawa, Fundacja Poszanowania Energii, 2011
12. Aleksander Panek, Liliana Bonder, Jerzy Kwiatkowski, Michał Piasecki, „Metody oceny wpływu użytkowania budynków na środowisko”, Warszawa, Fundacja Poszanowania Energii, 2009
13. Marta Mazurkiewicz, Antonina Kaniszewska, „Urządzenia konsumujące energię”, Warszawa, Fundacja na rzecz Ekorozwoju, 2011
14. Arkadiusz Węglarz, Paweł Pietraczyk, Renata Stępień, „Energoszczędny dom i mieszkanie”, Warszawa, Fundacja na rzecz Ekorozwoju, 2011
15. Arkadiusz Węglarz, Renata Stępień, „Dom pasywny”, Warszawa, Fundacja na rzecz Ekorozwoju, 2011
16. Andrzej Curkowski, Piotr Dziamski, Maria Kamińska, Michał Kwasiborski, Katarzyna Michałowska-Knap, Grzegorz Wiśniewski, „Zielona Energia”, Warszawa, Fundacja na rzecz Ekorozwoju, 2011
3. „Chłodzenie pasywne pompą ciepła”, Vikersonn, (<http://vikersonn.pl/chlodzenie-pasywne-pompa-ciepła>)
4. Iwona Bortniczuk, artykuł „Lekcja pasywności – pierwsza szkoła pasywna w Polsce”, Aluplast, 2012, ([http://www.aluplast.com.pl/profiokno/artykuly/3.12/Lekcja\\_pasywnosci\\_pierwsza\\_pasywna\\_szkola\\_w\\_Polsce.pdf](http://www.aluplast.com.pl/profiokno/artykuly/3.12/Lekcja_pasywnosci_pierwsza_pasywna_szkola_w_Polsce.pdf))
5. „Pasywna szkoła w Budzowie”, Chronomyklimat, 2013, (<http://www.chronomyklimat.pl/4katy-katalog-dobrych-przykladow/15783-pasywna-szkola-w-budzowie>)
6. „Pierwsza pasywna szkoła w Polsce już gotowa”, Ząbkowice – expressmiejski, 2012, (<http://zabkowice.express-miejski.pl/wiadomosc/11564,pierwsza-szkola-pasywna-w-polsce-juz-gotowa>)
7. „Pasywny kościół i hala – jakie przyniosły oszczędności?”, ENERGIADOM, 2012, (<http://www.energiadom.pl/pasywny-kosciol-i-hala-jakie-przyniosly-oszczednosci>)
8. „Kościół pasywny w Nowym Targu”, TERMODOM, ([http://termodom.pl/inne/dom\\_pasywny/kosciol\\_pasywny\\_w\\_nowym\\_targu](http://termodom.pl/inne/dom_pasywny/kosciol_pasywny_w_nowym_targu))
9. „Kościół pasywny na równi szafarskiej – Nowy Targ”, Architektura pasywna, (<http://www.architekturapasywna.pl/page3.php?view=thumbnailList&category=1>)
10. Pierwsza w Polsce hala sportowa w energooszczędnym standardzie budynku pasywnego”, MURATORPLUS, ([http://www.muratorplus.pl/technika/izolacje/pierwsza-w-polsce-hala-sportowa-w-energooszczednym-standardzie-budynku-pasywnego\\_69585.html](http://www.muratorplus.pl/technika/izolacje/pierwsza-w-polsce-hala-sportowa-w-energooszczednym-standardzie-budynku-pasywnego_69585.html))
11. Towarzystwo Ziemskie, Prezentacja „Osiedle Gdańsk Osowa”, (<http://www.towarzystwo.pl/index1.php#>)
12. Katarzyna Teodorczuk, artykuł „Dom pasywny w Słomczynie”, 2011, (<http://www.chronomyklimat.pl/energetyka/efektywnosc-energetyczna/13231-dom-pasywny-w-slomczynie3>)
13. „Bakterie Legionella w instalacjach”, (<http://www.e-instalacje.pl/a/3244,bakterie-legionella-w-instalacjach>)
14. Prezentacja Schneider-Electrics „Oświetlenie podstawy”, ([http://www.schneider-electric.pl/documents/electricians/e-learnings/1\\_ocwietlenie-podstawy-RS02.pdf](http://www.schneider-electric.pl/documents/electricians/e-learnings/1_ocwietlenie-podstawy-RS02.pdf))
15. „Ile można zaoszczędzić na oświetleniu LED”, (<http://www.swiatloled.eu/2011/09/ile-mozna-zaoszczedzic-na-oswietleniu-led/#more-111>)
16. „Oszczędności w inteligentnym domu”, (<http://www.dom.pl/oszczednosc-w-inteligentnym-domu.html>)
17. „Budownictwo ekologiczne - materiały budowlane z surowców wtórnych”, ([http://murator.com.pl/budowa/przed-budowa/budownictwo-ekologiczne-materialy-budowlane-z-surowcow-wtornych,13\\_9670.html?&page=1](http://murator.com.pl/budowa/przed-budowa/budownictwo-ekologiczne-materialy-budowlane-z-surowcow-wtornych,13_9670.html?&page=1))
18. „Budownictwo zrównoważone”, ([http://www.argox.com.pl/budownictwo\\_zrownowazone.php](http://www.argox.com.pl/budownictwo_zrownowazone.php))
19. Tomasz Siwowski, „Środowiskowa ocena cyklu życia (LCA) jako kryterium wyboru w mostownictwie”, Politechnika Rzeszowska, 2012 (<http://edroga.pl/nauka/badania/5608-srodowiskowa-ocena-cyklu-zycia-lca>)

## Źródła internetowe

1. Krzysztof Lis „Energia wbudowana w budynek”, 2013 (<http://ekobudownictwo.blogspot.com/2013/07/energia-wbudowana-w-budynek.html>)
2. „Pompa ciepła – chłodzenie pasywne i aktywne”, Pompociepla-24.pl (<http://www.pompociepla-24.pl/pompy-45-101.html>)



- jako-kryterium-wyboru-w-mostownictwie-cz-i)
20. „Murowanie ścian warstwowych: beton komórkowy, silikaty czy ceramika budowlana?” ([http://murator-dom.pl/budowa/sciany-murowane/murowanie-scian-warstwowych-beton-komorkowy-silikaty-ceramika-budowlana,108\\_4218.html](http://murator-dom.pl/budowa/sciany-murowane/murowanie-scian-warstwowych-beton-komorkowy-silikaty-ceramika-budowlana,108_4218.html))
  21. „Technologia budowy szkieletowych domów z drewna”, DREWDOM Mętel, (<http://www.drewdom.com/?page=10034>)
  22. „Szyby zespolone”, Simteq, ([http://simteq.pl/do/page/poradnik\\_komponenty1](http://simteq.pl/do/page/poradnik_komponenty1))
  23. „Co Polacy wiedzą o energooszczędności”, (<http://www.chronmyklimat.pl/energetyka/efektywnosc-energetyczna/15482>)
  24. „Dom murowany - z ceramiki, silikatu czy betonu komórkowego”, (<http://solidnabudowa.pl/artikul/dom-murowany-z-ceramiki-silikatu-czy-betonu-komorkowego>)
  25. Jarosław Czapliński, „Oszczędność wody w instalacjach mieszkaniowych. Bateria jak skarbonka”, ([www.instalator.pl](http://www.instalator.pl))
  26. „Pierwszy certyfikowany dom pasywny w Polsce”, Lipińscy Domy, <http://www.domy-pasywne.pl/data/819.pdf>

### Normy, rozporządzenia

1. PN-EN 13187-2001, „Właściwości cieplne budynków – Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku – Metoda podczerwieni”
2. PN-EN 12831: 2006. „Instalacje ogrzewcze w budynkach - Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego”
3. PN-EN ISO 14683:2008 „Mostki cieplne w budynkach. Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne”
4. PN-EN 13187 – „Właściwości cieplne budynków- Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku – Metoda podczerwieni”
5. PN-EN ISO 10211:2008 „Mostki cieplne w budynkach – Strumienie ciepła i temperatury powierzchni – Obliczenia szczegółowe”
6. PN-92/B-01706 „Instalacje wodociągowe – Wymagania w projektowaniu”
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie
8. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

### Broszury

1. Wytyczne do Programu Priorytetowego Dopłat do kredytów na budowę domów energooszczędnych, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
2. „Definicje budynków niskoenergetycznych w krajach Północnoeuropejskich”, NorthPass, Projekt Promotion

of the Very Low-Energy House Concept to the North European Building Market, IEE: 08/480/SI2.528386

3. „Podręcznik dobrych praktyk”, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, 2012
4. „Zużycie energii – poradnik”, Rockwool
5. Szkoła budowania, Warszawa, MURATOR SA, 2013
6. Vademecum zielone budynki w Polsce, artykuł „Dla czego budynku powinny być zielone?”, Kraków, KRN media Sp. z o.o., 2011

### Inne

1. Krzysztof Żmijewski, materiały wykładowe
2. Materiały szkoleniowe, szkolenie ZAE
3. Materiały szkoleniowe, Instytut Budynków Pasywnych
4. Jarosław Chudzicki, „Oszczędzanie wody bez rezygnacji z komfortu - Druga debata Akademii Budowlanej”



Fundacja „Ziemia i Ludzie” realizuje ideę zrównoważonego rozwoju, zakładającego rozwój społeczny i ekonomiczny w powiązaniu z ochroną środowiska naturalnego, bez zmniejszenia szans przyszłych pokoleń na zaspokojenie ich potrzeb.

Obszary działań Fundacji to edukacja na rzecz zrównoważonego rozwoju – w tym edukacja ekologiczna, konsumencka i obywatelska, ochrona środowiska naturalnego, działalność społeczno-kulturowa, aktywizacja jednostek i grup zagrożonych marginalizacją oraz wykluczeniem, jak również społeczna odpowiedzialność biznesu.

Mamy nadzieję stworzyć wokół Fundacji społeczność zainteresowaną i włączającą się w działania na rzecz zrównoważonego rozwoju. Chcemy wzbudzić poczucie wspólnoty, odpowiedzialności, a także wiarę, że można wspierając postawy obywatelskie skutecznie zadbać o środowisko naturalne.

Zapraszamy na stronę  
[www.ziemiaiiludzie.pl](http://www.ziemiaiiludzie.pl)

The background of the entire page is a collage of images. It includes a white house with solar panels, a modern house under construction, a hand holding a globe, a construction worker in a white hard hat, a red house, and various construction scenes. The text is overlaid on a semi-transparent white box.

Jeszcze do niedawna podstawowym kryterium w procesie budowy domu lub jego kupna była cena. Nie interesowały nas przyszłe koszty eksploatacyjne, emisja gazów cieplarnianych czy jakość środowiska wewnętrznego. Sytuacja ta zmieniła się wraz ze wzrostem cen energii, większymi oczekiwaniami w odniesieniu do komfortu życia, jak również wzrostem naszej świadomości ekologicznej. Doprowadziło to do pojawienia się budynków energooszczędnych, które są ekonomiczne, ekologiczne i komfortowe. Jeśli chcą się Państwo dowiedzieć jak zbudować dom energooszczędny i skorzystać przy tym z dopłat NFOŚiGW zapraszam do lektury książki.

dr inż. Szymon Firląg



**144** stron porad

**150** minut filmu

**88** rycin

Informacje  
o standardach  
NF15 i NF40!

Zapraszamy na stronę projektu  
[www.mieszkajenergooszczednie.pl](http://www.mieszkajenergooszczednie.pl)