

Domy energooszczędne

Podręcznik dobrych praktyk

**przygotowany na podstawie opracowania
KRAJOWEJ AGENCJI POSZANOWANIA ENERGII S.A.**

Listopad 2012

Spis treści

1. WSTĘP	3
2. OKREŚLENIE WYTYCZNYCH DOTYCZĄCYCH ZASAD PROJEKTOWANIA ENERGOOSZCZĘDNYCH BUDYNKÓW MIESZKALNYCH	3
2.1. WSTĘP	3
2.2. OKREŚLENIE ŚRODKÓW TECHNICZNYCH DLA BUDYNKU MIESZKALNEGO, PROWADZĄCYCH DO OSIĄGNIĘCIA OCZEKIWANYCH STANDARDÓW ENERGETYCZNYCH	16
2.2.1. MINIMALNE GRUBOŚCI (W ZALEŻNOŚCI OD MATERIAŁU) I PARAMETRÓW JAKOŚCIOWYCH OCIEPLENIA POSZCZEGÓLNYCH TYPÓW PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH	16
2.2.2. MINIMALNE WYMOGI W ZAKRESIE JAKOŚCI I PARAMETRÓW TECHNICZNYCH DLA OKIEN I DRZWI	19
2.2.3. MINIMALNE WYMAGANIA W ZAKRESIE PARAMETRÓW TECHNICZNYCH, JAKOŚCIOWYCH I UŻYTKOWYCH UKŁADÓW WENTYLACJI MECHANICZNEJ Z ODZYSKIEM CIEPŁA	22
2.2.4. MINIMALNE WYMOGI STANDARDU I JAKOŚCI WYKONANIA UKŁADÓW INSTALACJI GRZEWczyCH (CO I CWU)	24
2.2.5. OKREŚLENIE MINIMALNYCH WYMOGÓW DOTYCZĄCYCH STANDARDÓW I JAKOŚCI WYKONANIA UKŁADÓW OŚWIETLENIOWYCH	31
2.2.6. OKREŚLENIE MINIMALNYCH WYMOGÓW DOTYCZĄCYCH STANDARDÓW ENERGETYCZNYCH URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH W BUDYNKU	35
2.2.6.1. NĄPĘDY URZĄDZEŃ I INSTALACJI (SILNIKI ELEKTRYCZNE)	35
2.2.6.2. POMPY	37
2.2.6.3. URZĄDZENIA AGD	38
2.2.6.4. WINDY	39
2.3. OKREŚLENIE ZASAD ELIMINACJI MOSTKÓW CIEPLNYCH W KONSTRUKCJI BUDYNKÓW (KRÓTKIE WYTYCZNE KONSTRUKCYJNE)	40
2.4. PRZYKŁADOWE ROZWIĄZANIA DETALI KONSTRUKCYJNYCH DLA BUDYNKÓW W STANDARDZIE NF40 I NF15	42
2.4.1. POŁĄCZENIE OŚCIEŻNICA-OŚCIEŻE	44
2.4.2. ŚCIANKA ATTYKOWA	46
2.4.3. PŁYTA BALKONOWA	50
2.4.4. POŁĄCZENIE ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ Z DACHEM STROMYM	53
2.5. OKREŚLENIE WYTYCZNYCH DOTYCZĄCYCH POSADOWIENIA BUDYNKU, ZASAD KSZTAŁTOWANIA POWIERZCHNI (BIORĄC POD UWAGĘ ICH FUNKCJE UŻYTKOWE), USYTUOWANIA PRZESZKLEŃ, STREF BUFOROWYCH, PRZEJŚCIOWYCH I NIEOGRZEWANYCH W BUDYNKACH	57
2.5.1. BRYŁA BUDYNKU	57
2.5.2. MIEJSCE BUDOWY I LOKALIZACJA OKIEN	58
2.5.3. OCHRONA PRZED PRZEGRZEWANIEM W LECIE	58
2.5.4. STREFOWANIE TEMPERATUROWE	60
2.6. OKREŚLENIE WYMAGAŃ W ZAKRESIE GRANICZNYCH WARTOŚCI WSPÓŁCZYNNIKA A/V	60
2.7. OKREŚLENIE EWENTUALNYCH INNYCH WYMAGAŃ, ISTOTNYCH DLA ZAPEWNIENIA WYMAGANYCH STANDARDÓW	61
2.7.1. METODYKA OKREŚLANIA POWIERZCHNI OGRZEWANEJ	61
2.7.2. OGRANICZENIE ZUŻYCIA ENERGII WBUDOWANEJ	61
2.7.3. PODWYŻSZENIE SZCZELNOŚCI POWIETRZNEJ BUDYNKU	62
2.8. ZDEFINIOWANIE ZASAD I ZAKRESU DOPUSZCZALNYCH ODSTĘPSTW OD WYTYCZNYCH WYŁĄCZNIE Z UWAGI NA OGRANICZENIA TERENOWE I MOŻLIWOŚCI USYTUOWANIA BUDYNKU NA DZIAŁCE BUDOWLANEJ	63
2.9. OKREŚLENIE MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA W BUDYNKU INFRASTRUKTURY SIECI DOMOWYCH (HOME AREA NETWORK) – ZESTAWU URZĄDZEŃ, WZAJEMNIE KOMUNIKUJĄCYCH SIĘ ZE SOBĄ, SŁUŻĄCYCH MIĘDZY INNYMI DO ZARZĄDZANIA ZUŻYCIEM ENERGII I PRZYDOMOWEJ PRODUKCJI ENERGII	64
2.10. OKREŚLENIE MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA OZE W BUDYNKU DLA CELÓW PRODUKCJI ENERGII CIEPLNEJ I ELEKTRYCZNEJ	67
2.10.1. WSTĘP	67
2.10.2. ARCHITEKTURA SŁONECZNA	68
2.10.3. PASYWNE SYSTEMY SŁONECZNE	68
2.10.4. AKTYWNE SŁONECZNE SYSTEMY GRZEWcze	70
2.10.5. SYSTEMY KONWERSJI FOTOELEKTRYCZNEJ PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO (PANELE FOTOWOLTAICZNE)	72
2.10.6. POMPY CIEPŁA	72
2.10.7. BIOMASA	74
3. LITERATURA	75

1. WSTĘP

Celem pracy jest sporządzenie propozycji wytycznych i wymagań dotyczących zasad projektowania, wykonania i odbiorów robót budowlanych związanych ze wznoszeniem budynków o niskim zapotrzebowaniu na energię, na potrzeby funkcjonowania w NFOŚiGW programu dopłat do tego typu budownictwa w sektorze budynków mieszkalnych.

W pracy wykorzystano zdefiniowane na etapie opracowywania koncepcji programu priorytetowego definicje standardu energetycznego budynków NF15 i NF40, które oznaczają odpowiednio wielkości zapotrzebowania budynków mieszkalnych jedno i wielorodzinnych na energię użytkową wyłącznie do celów ogrzewania i wentylacji, wynoszące 15 i 40 kWh/(m²rok) oznaczone, jako $Q_{h,nd}$ obliczone zgodnie z zasadami określonymi w normie PN EN ISO 13790: 2009 metodą miesięczną lub godzinową przy wykorzystaniu danych pogodowych opublikowanych przez Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej oraz przy wykorzystaniu norm odnośnych znajdujących się w spisie Polskiego Komitetu Normalizacyjnego.

2. OKREŚLENIE WYTYCZNYCH DOTYCZĄCYCH ZASAD PROJEKTOWANIA ENERGOOSZCZĘDNYCH BUDYNKÓW MIESZKALNYCH

2.1. Wstęp

Wytyczne dotyczące zasad projektowania budynków mieszkalnych NF40 i NF15 określono na podstawie serii obliczeń komputerowych wykonanych dla pięciu budynków jednorodzinnych i czterech budynków wielorodzinnych. Podstawowe dane analizowanych budynku przedstawiono w Tabeli 1. Celem analizy było określenie minimalnych wymagań w zakresie ochrony cieplnej budynku, systemu wentylacji i szczelności powietrznej gwarantujących osiągnięcie wskaźnika zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji na poziomie 40 kWh/m²rok i 15 kWh/m²rok.

Przed przystąpieniem do określania wytycznych wyznaczono wskaźniki jednostkowego zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania dla budynków spełniających wymagania podane w „Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (WT 2008).” Wymagania dotyczące ochrony cieplnej zostały sformułowane na dwa sposoby i uznanej się je za spełnione dla budynku mieszkalnego, jeżeli:

1. przegrody zewnętrzne budynku oraz technika instalacyjna odpowiadają wymaganiom izolacyjności cieplnej oraz powierzchnia okien spełnia wymagania określone w załączniku do rozporządzenia, lub
2. wartość wskaźnika EP [kWh/(m²rok)], określającego roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz chłodzenia jest mniejsza od wartości granicznych, a także jeżeli przegrody zewnętrzne budynku odpowiadają przynajmniej wymaganiom izolacyjności cieplnej niezbędnej dla zabezpieczenia przed kondensacją pary wodnej, określonym w załączniku do rozporządzenia.

Tabela 1. Podstawowe dane analizowanych budynków mieszkalnych jednorodzinnych i wielorodzinnych

Symbol	Typ	Powierzchnia ogrzewana, m ²	Kubatura wewnętrzna ogrzewana, m ³	Współczynnik kształtu A/V, m ⁻¹	Uwagi
J1	jednorodzinny	169,8	458,4	0,70	
J2	jednorodzinny	148,3	446,1	0,68	garaż ogrzewany 8°C
J3	jednorodzinny	175,5	466,9	0,67	
J4	jednorodzinny	82,0	229,7	0,80	
J5	jednorodzinny	135,5	375,0	0,88	
W1	wielorodzinny	5113,9	13296,1	0,36	klatki schodowe ogrzewane 8°C
W2	wielorodzinny	6437,0	18155,0	0,24	klatki schodowe ogrzewane 8°C
W3	wielorodzinny	1976,2	6324,3	0,31	klatki schodowe ogrzewane 20°C
W4	wielorodzinny	490,0	1335,5	0,52	klatki schodowe ogrzewane 8°C

Umieszczenie w WT 2008 dwóch rodzajów wymagań i wstawienie słowa „lub” powoduje, że budynki mieszkalne mogą spełnić wymagania na dwa sposoby. Jednak z punktu widzenia określania jednostkowego zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania zastosowanie mają tylko 1 wymagania, ponieważ wartość wskaźnika EP uwzględnia nie tylko ogrzewanie ale i c.w.u. oraz jest mocno zależna od wybranego źródła ciepła. Z tego względu nie da się na jej podstawie określić w sposób jednoznaczny wymagań dotyczących zapotrzebowania na energię do celów ogrzewania dla analizowanych budynków. W poniższej tabeli zebrano wymagania określone 1 metodą.

Tabela 2. Wymagana izolacyjność cieplna przegród zewnętrznych, rodzaj systemu wentylacji, szczelność powietrzna zgodnie z Warunkami Technicznymi z 2008 roku

Opis przegrody	Zgodnie z wymaganiami WT 2008
Ściany zewnętrzne	$U_{max} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	$U_{max} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$
Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi, podłogi na gruncie	$U_{max} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$
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) $U_{max} = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $U_{max} = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
Okna połaciowe	$U_{max} = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Drzwi zewnętrzne, garażowe	$U_{max} = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
Mostki cieplne	$fR_{si} = 0,72$
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	$n_{50} = 3,0 \text{ 1/h}$ – wentylacja grawitacyjna $n_{50} = 1,5 \text{ 1/h}$ – wentylacja mechaniczna

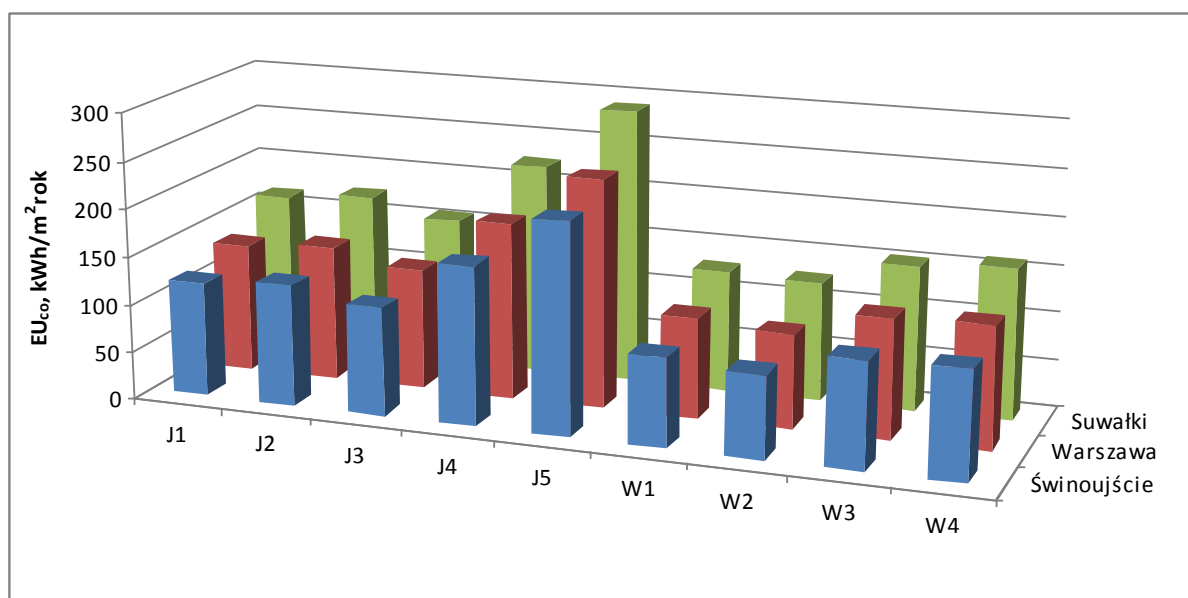
Wymagania podane w WT 2008 nie podają maksymalnej wartości współczynnika liniowej straty ciepła Ψ , W/mK dla mostków cieplnych. Podają jedynie wymaganą wartość krytyczną współczynnika temperaturowego f_{Rsi} dla przegród zewnętrznych i ich węzłów konstrukcyjnych w pomieszczeniach ogrzewanych do temperatury co najmniej 20°C w budynkach mieszkalnych. Wartość ta powinna być określona według normy dotyczącej metody obliczania temperatury powierzchni wewnętrznej koniecznej do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacji międzywarstwowej. Przy czym WT 2008 dopuszczają przyjmowanie wymaganej wartości tego współczynnika równej 0,72, co oznacza w praktyce dopuszczenie występowania znacznych mostków cieplnych o wartościach maksymalnych $\Psi_e \approx 0,70$ W/mK. W wymaganiach dla standardu NF40 i NF15 określono maksymalne wartości współczynników Ψ_e policzonych w odniesieniu do wymiarów zewnętrznych.

Bazując na wymaganiach podanych w Tabeli 2. określono zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji. Obliczenia wykonano programem Audytor OZC przyjmując:

- metodykę miesięczną określania sezonowego zapotrzebowania na energię do ogrzewania i wentylacji zgodną z normą PN-EN ISO 13790:2008 „Energetyczne właściwości użytkowe budynków - Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia”,
- wielkości strumieni powietrza wentylacyjnego określono zgodnie z normą PN-83/B-03430/AZ3:2000 „Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania”,
- wewnętrzne zyski ciepła dla budynków jednorodzinnych przyjęto jako stałe i równe 3,0 W/m² a dla budynków wielorodzinnych 4,6 W/m², pominięto zyski ciepła do instalacji c.o., c.w.u. i wentylacji,
- współczynnik zacienienia budynków przyjęto jako $Z = 0,9$ i określono dokładnie dla okien zacienionych przez, np. balkony, loggie, itp.,
- elewacja frotowa budynków jest skierowana na północ,
- trzy lokalizacje Świnoujście - najcieplejsze miejsce w Polsce, Warszawę i Suwałki - najzimniejsze miejsce w Polsce (poza Kasprowym Wierchem),
- budynki jednorodzinne mają średni, a wielorodzinne ciężki typ konstrukcji,
- w budynkach jednorodzinnych i wielorodzinnych jest wentylacja grawitacyjna.

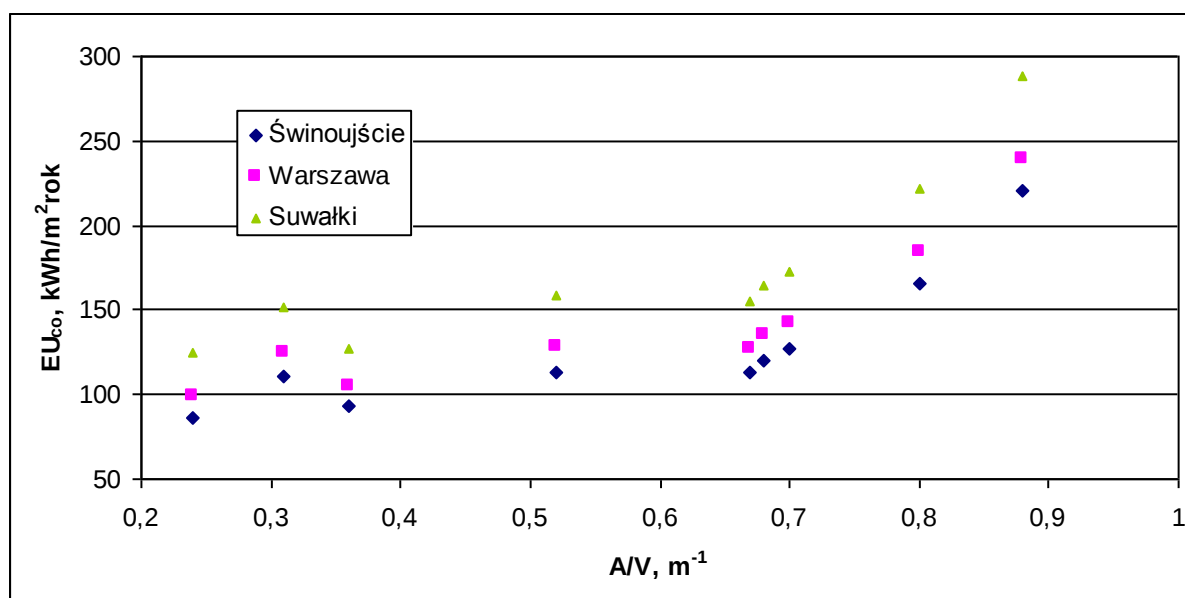
Tabela 3. Wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji dla standardu zgodnego z WT 2008 dla analizowanych budynków mieszkalnych dla trzech lokalizacji

Symbol	Typ	Wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji, kWh/m ² rok		
		Świnoujście	Warszawa	Suwałki
J1	jednorodzinny	119,6	135,0	164,5
J2	jednorodzinny	127,6	142,1	172,6
J3	jednorodzinny	113,2	127,1	155,4
J4	jednorodzinny	165,8	184,4	221,9
J5	jednorodzinny	220,1	239,4	288,4
W1	wielorodzinny	92,8	104,8	127,6
W2	wielorodzinny	85,9	98,6	124,5
W3	wielorodzinny	111,0	125,0	151,8
W4	wielorodzinny	113,2	128,1	158,4



Rysunek 1. Wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji dla budynków wg WT 2008 w zależności od lokalizacji

Uzyskane wielkości zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji różnią się od siebie w znacznym stopniu i zmieniają się od 85,9 kWh/m²rok dla budynku wielorodzinnego W2 zlokalizowanego w Świnoujściu do 288,4 kWh/m²rok dla budynku jednorodzinnego J5 zlokalizowanego w Suwałkach. Wielkość zapotrzebowania zależy od lokalizacji budynków i jest średnio o 13% wyższa dla budynku zlokalizowanego w Warszawie w stosunku do znajdującego się w Świnoujściu i o 38% wyższa dla budynku zlokalizowanego w Suwałkach w stosunku do znajdującego się w Świnoujściu. Zapotrzebowanie na energię zależy od rodzaju budynku i dla analizowanych budynków jednorodzinnych jest średnio o 45% wyższe niż dla budynków wielorodzinnych.



Rysunek 2. Wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji dla budynków wg WT 2008 w zależności od współczynnika kształtu A/V

Wartość wskaźnika zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji zależy również od współczynnika kształtu budynków, czyli stosunku pola powierzchni przegród zewnętrznych A do kubatury ogrzewanej V (obie wartości określone po wymiarach zewnętrznych). Im mniejszy stosunek A/V tym

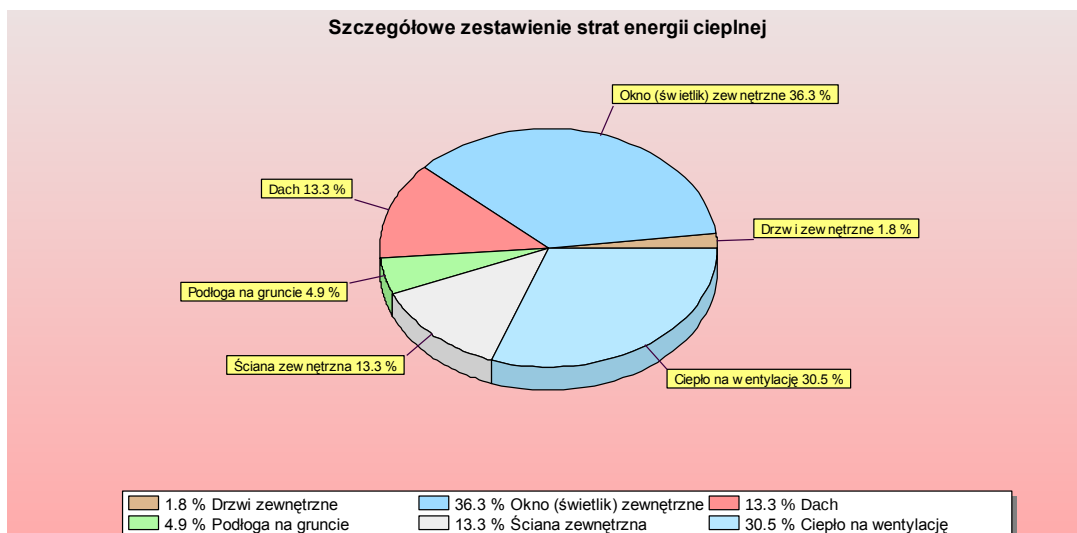
mniejsze zapotrzebowanie. Zależność tą bardzo wyraźnie widać w przypadku analizowanych budynków jednorodzinnych gdzie wraz ze zmianą A/V od 0,67 do 0,88 1/m zapotrzebowanie zmienia się od 127,1 do 239,4 kWh/m²rok. W przypadku analizowanych budynków wielorodzinnych zmiany są mniejsze, ponieważ dla A/V równego 0,24 do 0,52 1/m zapotrzebowanie zmienia się od 98,6 do 128,1 kWh/m²rok. Duże wartości wskaźnika A/V i zapotrzebowania na energię w przypadku budynku jednorodzinnego J4 wynikają z niewielkich rozmiarów i małej powierzchni użytkowej pomimo stosunkowo prostej bryły, natomiast w przypadku budynku J5 przyczyną jest parterowa bryła na planie prostokąta i wynikający z tego znaczny udział strat ciepła do gruntu.

Przeprowadzona analiza pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

- wymagania dotyczące ochrony cieplnej budynków podane z WT 2008 są słabe i powodują, że zaprojektowane zgodnie z nimi budynki są energochłonne,
- osiągnięcie standardu NF40 i NF15 wymaga sformułowania nowych ostrzejszych wymagań,
- osiągnięcie standardu NF40 i NF15 będzie łatwiejsze w części kraju charakteryzującej się cieplejszym klimatem, należy rozważyć sformułowanie różnych wymagań w dla różnych stref klimatycznych,
- z uwagi na znaczące różnice pomiędzy budynkami jednorodzinnymi i wielorodzinnymi należy sformułować oddzielne wymagania dla dwóch rodzajów budynków,
- osiągnięcie standardu NF40 i NF15 może nie być możliwe w przypadku budynków mieszkalnych jednorodzinnych charakteryzujących się dużym współczynnikiem kształtu A/V, dlatego konieczne jest zalecenie niskiej wartości A/V dla tego typu budynków.

Z uwagi na bardzo duże zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji budynków jednorodzinnych J4 i J5 nie uwzględniono ich w dalszej analizie. Wstępne obliczenia wykazały, że osiągnięcie przez nie standardu NF40 wymagałoby zastosowania rozwiązań jak dla standardu NF15, natomiast osiągnięcie standardu NF15 jest praktycznie niemożliwe przy zastosowaniu dostępnych na rynku materiałów i rozwiązań. Wnioski z obliczeń wykonanych dla budynków jednorodzinnych J4 i J5 zostały wykorzystane do sformułowania wymagań dotyczących projektów architektonicznych oraz zalecanych wartości współczynnika A/V.

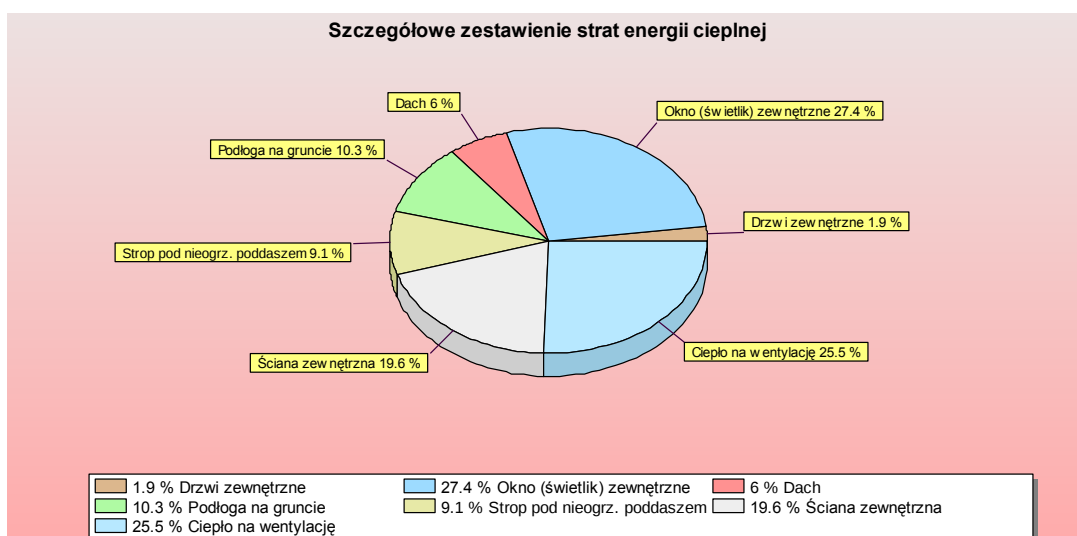
Określenie wymagań dla obydwu standardów poprzedzono szczegółową analizą bilansów energetycznych budynków. Na tej podstawie możliwe było stwierdzenie, które rodzaje strat ciepła odgrywają największą rolę w zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania i wentylacji. Na poniższych rysunkach zaprezentowano zestawienie dla analizowanych budynków jednorodzinnych i wielorodzinnych. W zestawieniach brak jest wyszczególnionych oddzielnie strat ciepła przez mostki cieplne, ponieważ są one uwzględnione w stratach przez poszczególne przegrody oraz strat ciepła przez infiltrację powietrza zewnętrznego, które są uwzględnione w stratach ciepła przez wentylację.



Rysunek 3. Szczegółowe zestawienie strat energii cieplnej dla budynku jednorodzinnego J1



Rysunek 4. Szczegółowe zestawienie strat energii cieplnej dla budynku jednorodzinnego J2

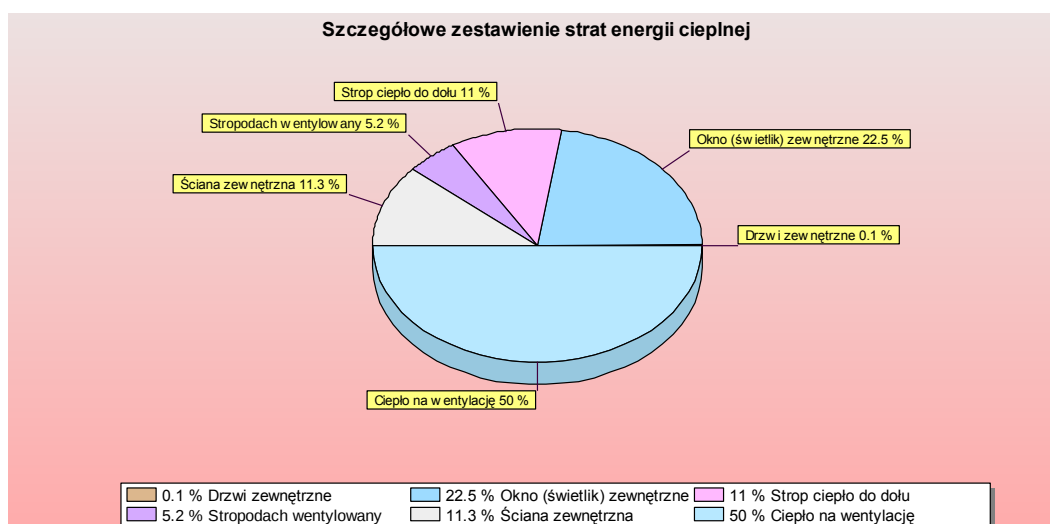


Rysunek 5. Szczegółowe zestawienie strat energii cieplnej dla budynku jednorodzinnego J3

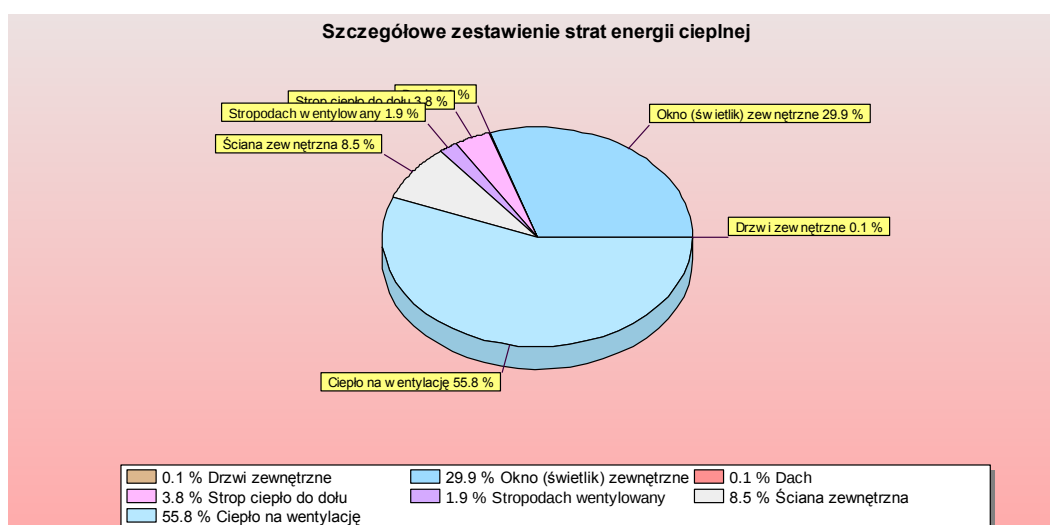
Analiza bilansów energetycznych budynków jednorodzinnych pozwala na stwierdzenie, że udział strat ciepła w kolejności od największego jest następujący:

- okna zewnętrzne 36,3% - 23,1%
- wentylacja 31,6% - 25,5%
- ściany zewnętrzne 19,6% - 13,3%
- dach 13,3% - 6%
- podłoga na gruncie 10,3% - 4,9%
- strop pod nieogrzewanym poddaszem 9,4% - 0%
- drzwi zewnętrzne 4,2% - 1,8%
- strop zewnętrzny 2,3% - 0%

W przypadku budynków jednorodzinnych największy udział w stratach ciepła (powyżej 10%) mają okna zewnętrzne, wentylacja, ściany zewnętrzne i dach. W celu ograniczenia zapotrzebowania na energię do ogrzewania i wentylacji należy podjąć działania mające na celu podwyższenie izolacyjności cieplnej przegród i odzyskiwanie ciepła z powietrza usuwanego.



Rysunek 6. Szczegółowe zestawienie strat energii cieplnej dla budynku wielorodzinnego W1



Rysunek 7. Szczegółowe zestawienie strat energii cieplnej dla budynku wielorodzinnego W2



Rysunek 8. Szczegółowe zestawienie strat energii cieplnej dla budynku wielorodzinnego W3



Rysunek 9. Szczegółowe zestawienie strat energii cieplnej dla budynku wielorodzinnego W4

Analiza bilansów energetycznych budynków wielorodzinnych pozwala na stwierdzenie, że udział strat ciepła w kolejności od największego jest następujący:

- wentylacja 55,8% - 39,4%
- okna zewnętrzne 29,9% - 19,0%
- ściany zewnętrzne 23,0% - 8,5%
- strop nad nieogrzewaną piwnicą, garażem 14,3% - 3,8%
- dach, stropodach 6,0% - 1,9%
- drzwi zewnętrzne 0,1% - 0,2%

W przypadku budynków wielorodzinnych największy udział w stratach ciepła (powyżej 10%) ma wentylacja – około 50%, okna zewnętrzne, ściany zewnętrzne i strop nad nieogrzewaną piwnicą lub garażem. W celu ograniczenia zapotrzebowania na energię do ogrzewania i wentylacji należy podjąć działania mające na celu odzyskiwanie ciepła z powietrza usuwanego i podwyższenie izolacyjności cieplnej przegród.

Uzyskanie standardu NF40 lub NF15 będzie wymagało wprowadzenia kompleksowych zmian w wymaganiach dotyczących izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych, rodzaju systemu wentylacji oraz szczelności powietrznej. Szczegółowe wymagania zostały podane z dalszej części opracowania.

Tabela 4. Zakres zmian w wymaganiach służących osiągnięciu standardu NF40 i NF15

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 zużyciu 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
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

Oprócz wymienionych powyżej wymagań można sformułować dodatkowe zalecenia, które ułatwią osiągnięcie standardów i zagwarantują osiągnięcie zakładanego efektu środowiskowego. Wymagania te nie mają bezpośredniego wpływu na zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania budynku (poza wymaganiami dotyczącymi architektury) jednak mogą przyczynić się do zmniejszenia kosztów użytkowania budynku, ograniczenia emisji gazów cieplarnianych i podwyższenia oferowanego komfortu. Dodatkowe wymagania zostały omówione z sposób szczegółowy w dalszej części opracowania.

Tabela 5. Zestawienie dodatkowych zaleceń dla standardu NF15 i NF40

Projekt architektoniczny budynku	Projekt architektoniczny budynku powinien sprzyjać ograniczeniu zapotrzebowania na energię, charakteryzować się możliwie małym współczynnikiem kształtu A/V, wykorzystywać strefowanie temperaturowe i pozwalać na optymalne wykorzystanie zysków ciepła od słońca
Ochrona budynku przed przegrzewaniem	Zastosowane rozwiązania architektoniczne i instalacyjne powinny ograniczyć ryzyko przegrzewania budynków, konieczne jest stosowanie elementów zacieniających i rozwiązań pozwalających na wykorzystanie przewietrzania nocnego, jako źródła chłodzenia budynku
Instalacja c.o.	Zastosowana instalacja centralnego ogrzewania powinna charakteryzować się mocą dostosowaną do zmienionych potrzeb budynku, pozwalać na efektywne wykorzystanie energii, gwarantować komfortowe warunki wewnętrzne i być przyjazna dla środowiska naturalnego
Instalacja c.w.u. i wody zimnej	Zastosowane rozwiązania powinny pozwalać na ograniczenie zużycia c.w.u., zmniejszenie strat w instalacji rozpraszającej i cyrkulacyjnej, podwyższenie sprawności przygotowania c.w.u., wykorzystanie instalacji dualnych oraz wody deszczowej w celu ograniczeniu zużycia wody zimnej
Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii	Wykorzystanie OZE do produkcji ciepła i energii w celu ograniczenia zużycia nieodnawialnych źródeł kopalnych i emisji gazów cieplarnianych
Ograniczenie zużycia energii elektrycznej	Ograniczenie zużycia energii elektrycznej dzięki zastosowaniu wysokoefektywnych i energooszczędnych wentylatorów, pomp obiegowych, wyposażenia AGD i RTV oraz oświetlenia
Ograniczenie zużycia energii wbudowanej	Wykorzystanie do budowy przyjaznych dla środowiska i naturalnych materiałów budowlanych w celu ograniczenia emisji gazów cieplarnianych związanych z etapem wznoszenia budynku

Określenie wymagań dla standardu NF40

Wymagania dla standardu NF40 określono oddzielenie dla budynków jednorodzinnych i wielorodzinnych z podziałem na strefy klimatyczne I, II i III oraz IV i V podane w normie PN EN 12831. Wymagania dla budynków jednorodzinnych ustalono w taki sposób, aby standard został osiągnięty przez najniekorzystniejszy z analizowanych budynków o $A/V \leq 0,7$ czyli J2. W analizie pominięto budynki J4 i J5 z uwagi na znacznie większe jednostkowe zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji.

Wymagania dla budynków wielorodzinnych ustalono w taki sposób, aby standard został osiągnięty przez najniekorzystniejszy z analizowanych budynków, czyli W4. Nie wprowadzono żadnych dodatkowych wymagań związanych z współczynnikiem kształtu budynku A/V .

Tabela 6. Wymagana izolacyjność cieplna przegród zewnętrznych, rodzaj systemu wentylacji, szczelność powietrzna dla standardu NF40 w budynkach jednorodzinnych

Opis przegrody	Warunki dla standardu NF40
Ściany zewnętrzne: a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	a) $U_{\max} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $U_{\max} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami: a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	a) $U_{\max} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $U_{\max} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi, podłogi na gruncie (bez oporu gruntu): a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	a) $U_{\max} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $U_{\max} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Okna, okna połaciowe, drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne: a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	a) $U_{\max} = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $U_{\max} = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
Drzwi zewnętrzne, garażowe	$U_{\max} = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
Mostki cieplne	$\Psi_{\max} = 0,10 \text{ W/mK}$ $\Psi_{\max} = 0,20 \text{ W/mK}$ – tylko dla płyt balkonowych
Rodzaj systemu wentylacji	wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła
Sprawność odzysku ciepła	$\geq 85 \%$
Szczelność powietrza	$n_{50} = 1,0 \text{ 1/h}$

Tabela 7. Wymagana izolacyjność cieplna przegród zewnętrznych, rodzaj systemu wentylacji, szczelność powietrzna dla standardu NF40 w budynkach wielorodzinnych:

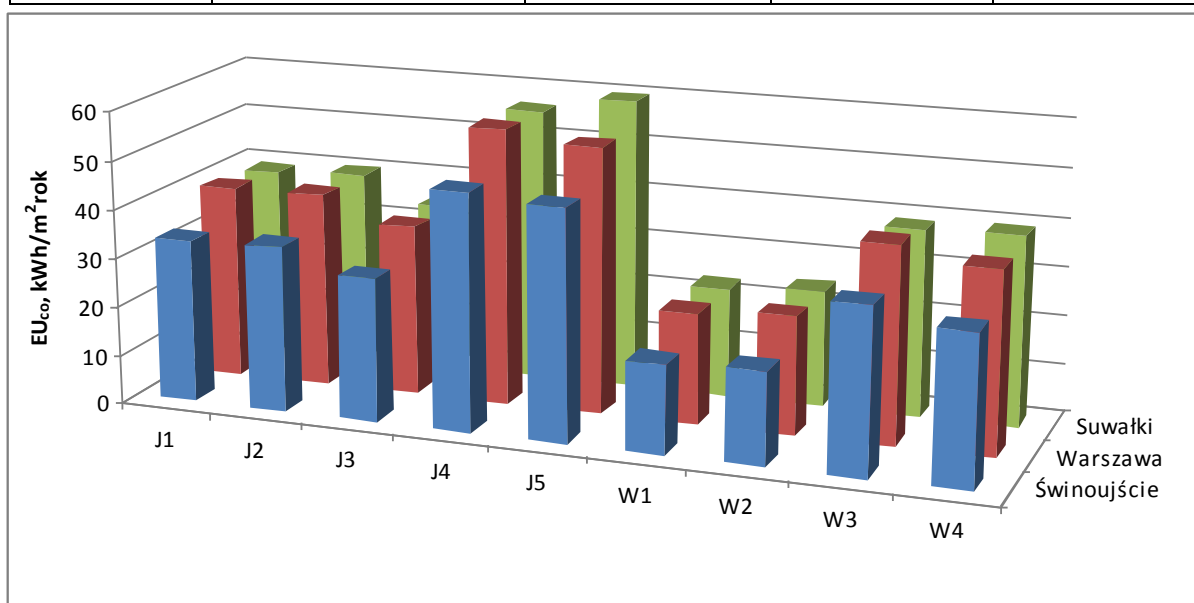
Opis przegrody	Warunki dla standardu NF40
Ściany zewnętrzne: a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	a) $U_{\max} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $U_{\max} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	$U_{\max} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi, podłogi na gruncie (bez oporu gruntu)	$U_{\max} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
Okna, okna połaciowe, drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne: a) w I, II i III strefie klimatycznej	a) $U_{\max} = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

b) w IV i V strefie klimatycznej	b) $U_{\max} = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
Drzwi zewnętrzne, garażowe	$U_{\max} = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
Mostki cieplne	$\Psi_{\max} = 0,10 \text{ W/mK}$ $\Psi_{\max} = 0,20 \text{ W/mK}$ – tylko dla płyt balkonowych
Rodzaj systemu wentylacji	wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła
Sprawność odzysku ciepła: a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	a) $\geq 70 \%$ b) $\geq 80 \%$
Szczelność powietrza	$n_{50} = 1,0 \text{ 1/h}$

Poprawność przyjętych wymagań sprawdzono określając jednostkowe zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji dla wszystkich analizowanych budynków. Do obliczeń przyjęto takie same wielkości wewnętrznych zysków ciepła i orientację, co w wariancie zgodnym z WT 2008. Wyniki obliczeń podano w poniższej tabeli.

Tabela 8. Wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji dla standardu NF40 dla analizowanych budynków mieszkalnych dla trzech lokalizacji

Symbol	Typ	Wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji, kWh/m ² rok		
		Świnoujście	Warszawa	Suwałki
J1	jednorodzinny	33,2	39,5	38,6
J2	jednorodzinny	33,8	39,8	39,5
J3	jednorodzinny	29,2	34,9	34,3
J4	jednorodzinny	48,4	56,4	56,0
J5	jednorodzinny	47,1	54,4	59,6
W1	wielorodzinny	18,2	22,8	22,5
W2	wielorodzinny	18,9	24,1	23,9
W3	wielorodzinny	33,8	40,3	38,2
W4	wielorodzinny	30,6	37,4	38,8



Rysunek 10. Wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji dla budynków wg standardu NF40 w zależności od lokalizacji

Przyjęcie wymagań opracowanych dla standardu NF40 pozwoliło na osiągnięcie przez analizowane budynki mieszkalne jednostkowego zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji nieprzekraczającego 40 kWh/m²rok. Wyjątkiem są budynki jednorodzinne J4 i J5 o współczynniku kształtu

większym niż 0,7 charakteryzujące się większym zapotrzebowaniem. Spełnienie wymagań dla standardu NF40 jest w ich wypadku możliwe, wymaga jednak zastosowania ostrzejszych niż podane wymagań. Budynki W1 i W2 charakteryzują się mniejszym zapotrzebowaniem jednostkowym niż 40 kWh/m²rok, ponieważ nie wprowadzono dodatkowego zróżnicowania wymagań dla budynków wielorodzinnych, np. w zależności do współczynnika kształtu tylko określono je w odniesieniu do budynku o najgorszej charakterystyce, czyli W4.

Określenie wymagań dla standardu NF15

Wymagania dla standardu NF15 określono oddzielenie dla budynków jednorodzinnych i wielorodzinnych z podziałem na strefy klimatyczne I, II i III oraz IV i V podane w normie PN EN 12831. Wymagania dla budynków jednorodzinnych ustalono w taki sposób, aby standard został osiągnięty przez najniekorzystniejszy z analizowanych budynków o $A/V \leq 0,7$ czyli J2. W analizie pominięto budynki J4 i J5 z uwagi na znacznie większe jednostkowe zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji.

Tabela 9. Wymagana izolacyjność cieplna przegród zewnętrznych, rodzaj systemu wentylacji, szczelność powietrzna dla standardu NF15 w budynkach jednorodzinnych

Opis przegrody	Warunki dla standardu NF15
Ściany zewnętrzne: a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	a) $U_{\max} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $U_{\max} = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami: a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	a) $U_{\max} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $U_{\max} = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$
Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi, podłogi na gruncie (bez oporu gruntu): a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	a) $U_{\max} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $U_{\max} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
Okna, okna połaciowe, drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne: a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	a) $U_{\max} = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $U_{\max} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
Drzwi zewnętrzne, garażowe: a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	a) $U_{\max} = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $U_{\max} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
Mostki cieplne	$\Psi_{\max} = 0,01 \text{ W/mK}$
Rodzaj systemu wentylacji: a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	a) wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła b) wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła + gruntowy wymiennik ciepła lub wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła
Sprawność odzysku ciepła: a) w I, II i III strefie klimatycznej centrala wentylacyjna b) w IV i V strefie klimatycznej centrala wentylacyjna + GWC lub centrala wentylacyjna	a) $\geq 90\%$ b) $\geq 90\% + \geq 30\%^*$, lub $\geq 93\%$
Szczelność powietrza	$n_{50} = 0,6 \text{ 1/h}$

* Sprawność gruntowego wymiennika ciepła

Wymagania dla budynków wielorodzinnych ustalono przyjmując takie same założenia jak dla standardu NF40.

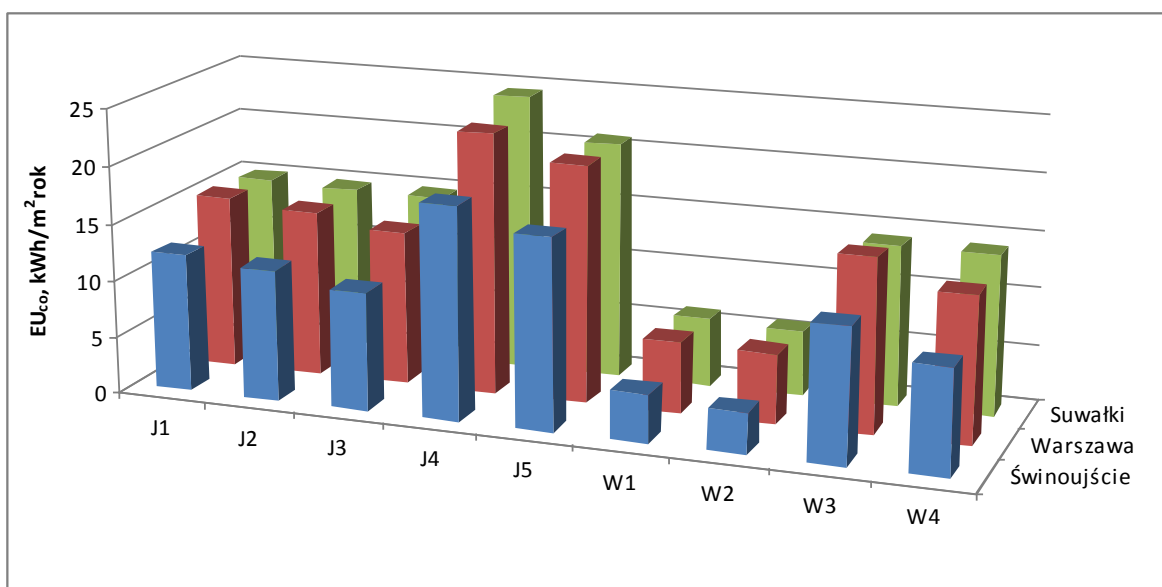
Tabela 10. Wymagana izolacyjność cieplna przegród zewnętrznych, rodzaj systemu wentylacji, szczelność powietrzna dla standardu NF15 dla budynków wielorodzinnych

Opis przegrody	Warunki dla standardu NF15
Ściany zewnętrzne: a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	a) $U_{\max} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ b) $U_{\max} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	$U_{\max} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$
Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi, podłogi na gruncie (bez oporu gruntu):	$U_{\max} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Okna, okna połaciowe, drzwi balkonowe i powierzchnie przeszklone nieotwieralne	$U_{\max} = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Drzwi zewnętrzne, garażowe	$U_{\max} = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
Mostki cieplne	$\Psi_{\max} = 0,01 \text{ W/mK}$
Rodzaj systemu wentylacji	wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła
Sprawność odzysku ciepła: a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	a) $\geq 80 \%$ b) $\geq 90 \%$
Szczelność powietrza	$n_{50} = 0,6 \text{ 1/h}$

Poprawność przyjętych wymagań sprawdzono określając jednostkowe zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji dla wszystkich analizowanych budynków. Do obliczeń przyjęto takie same wielkości wewnętrznych zysków ciepła i orientację, co w wariancie zgodnym z WT 2008. Wyniki obliczeń podano w poniższej tabeli.

Tabela 11. Wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji dla standardu NF15 dla analizowanych budynków mieszkalnych dla trzech lokalizacji

Symbol	Typ	Wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji, kWh/m ² rok		
		Świnoujście	Warszawa	Suwałki
J1	jednorodzinny	12,1	15,2	15,0
J2	jednorodzinny	11,5	14,6	14,7
J3	jednorodzinny	10,4	13,5	14,7
J4	jednorodzinny	18,6	22,9	24,4
J5	jednorodzinny	16,7	20,8	20,8
W1	wielorodzinny	4,2	6,3	6,0
W2	wielorodzinny	3,6	6,1	5,7
W3	wielorodzinny	11,7	15,2	14,0
W4	wielorodzinny	9,2	12,8	14,0



Rysunek 11. Wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji dla budynków wg standardu NF15 w zależności od lokalizacji

Przyjęcie wymagań opracowanych dla standardu NF15 pozwoliło na osiągnięcie przez analizowane budynki mieszkalne jednostkowego zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji nieprzekraczającego 15 kWh/m²rok. Wyjątkiem są budynki jednorodzinne J4 i J5 o współczynniku kształtu większym niż 0,7, charakteryzujące się większym zapotrzebowaniem. Spełnienie wymagań dla standardu NF15 może być w ich wypadku niemożliwe. Budynki W1 i W2 charakteryzują się mniejszym zapotrzebowaniem jednostkowym niż 15 kWh/m²rok, ponieważ nie wprowadzono dodatkowego zróżnicowania wymagań dla budynków wielorodzinnych, np. w zależności do współczynnika kształtu tylko określono je w odniesieniu do budynku o najgorszej charakterystyce. W przypadku standardu NF15 okazał się nim budynek wielorodzinny W3.

2.2. Określenie środków technicznych dla budynku mieszkalnego, prowadzących do osiągnięcia oczekiwanych standardów energetycznych

2.2.1. Minimalne grubości (w zależności od materiału) i parametrów jakościowych ocieplenia poszczególnych typów przegród zewnętrznych

Osiągnięcie standardu NF40 i NF15 wymaga w pierwszej kolejności zmniejszenia strat ciepła przez przenikanie przez przegrody zewnętrzne. Zgodnie z przeprowadzoną analizą, współczynniki przenikania ciepła U dla przegród powinny wynosić od 0,20 do 0,08 W/m²K. Dla uzyskania tak małych wartości U konieczne jest zastosowanie bardzo dużych grubości materiału izolacyjnego. Im mniejsza wartość współczynnika przewodzenia ciepła λ , W/mK materiału izolacyjnego tym mniejsza będzie wymagana grubość izolacji. Stosowane w budynkach materiały izolacyjne:

- powinny odpowiadać wymaganiom zawartym w normach państwowych lub świadectwach ITB dopuszczających dany materiał do powszechnego stosowania w budownictwie,
- powinny być układane w sposób nie powodujący powstawania mostków cieplnych, szczeliny większe niż 2 mm powinny być wypełniane klinowymi wycinkami z zastosowanego materiału izolacyjnego lub pianką PUR,

- w przypadku stosowania łączników mechanicznych lub odwróconego układu warstw należy uwzględnić poprawki zgodnie z normą PN-EN ISO 6946. „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.” Zastosowane łączniki mechaniczne powinny powodować powstanie jak najmniejszych mostków cieplnych, np. dzięki zastosowaniu trzpienia o małym współczynniku przewodzenia ciepła i zatyczek KES,
- mogą być jedynie klejone do ścian zewnętrznych w przypadku budynków niskich nienarażonych na oddziaływanie silnego wiatru. W jakich dokładnie przypadkach można zrezygnować z łączników mechanicznych, określa instrukcja ITB nr 334 [1],
- powinny być klejone w taki sposób, aby nie dochodziło do cyrkulacji powietrza pomiędzy warstwą izolacji a ścianą nośną,
- powinny być przyjazne dla środowiska naturalnego i poddawać się recyklingowi,
- układane pomiędzy, np. drewnianymi krokiewkami, nie powinny powodować powstania mostków cieplnych, dlatego zaleca się układanie naprzemiennie dwóch warstw izolacji w dachach skośnych. Jednocześnie należy dążyć do zmniejszenia udziału drewna w warstwie izolacji poprzez zastosowanie, np. belek dwuteowych.

W poniższych tabelach zestawiono niezbędne dla uzyskania wymaganych parametrów izolacyjności przegród budowlanych grubości przykładowych materiałów termoizolacyjnych dla poszczególnych rodzajów przegród w zależności od przewodności cieplnej i wymaganej wartości współczynnika U. Dopuszcza się uzyskanie wymaganych parametrów izolacyjności cieplnej przegród budowlanych innymi metodami i przy użyciu innych materiałów. W każdym jednak przypadku konieczne jest potwierdzenie uzyskanych wyników poprzez zamieszczenie odpowiednich obliczeń.

Do obliczeń wykonanych zgodnie z normą z normą PN-EN ISO 6946 przyjęto następujące założenia:

- ściana zewnętrzna, $R_{si}=0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$, $R_{se}=0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$, opór cieplny warstw nośnych $0,20 \text{ m}^2\text{K/W}$,
- dach, $R_{si}=0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$, $R_{se}=0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$, założono 10% udział drewna w warstwie niejednorodnej z izolacją,
- stropodachdach, $R_{si}=0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$, $R_{se}=0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$, opór cieplny warstw nośnych $0,20 \text{ m}^2\text{K/W}$,
- podłoga na gruncie, $R_{si}=0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$, $R_{se}=0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$, pominięto opór pozostałych warstw, bez oporu cieplnego gruntu,
- strop nad nieogrzewaną piwnicą, $R_{si}=0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$, $R_{se}=0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$, opór cieplny warstw nośnych $0,20 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Tabela 12. Niezbędna grubość izolacji dla ścian zewnętrznych

Rodzaj materiału termoizolacyjnego	Przewodność cieplna, W/mK	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$, cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$, 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 13. Niezbędna grubość izolacji dla ścian zewnętrznych

Rodzaj materiału termoizolacyjnego	Przewodność cieplna, W/mK	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,10$ W/m ² K, cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,080$ W/m ² K, 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 14. Niezbędna grubość izolacji dla dachu

Rodzaj materiału termoizolacyjnego	Przewodność cieplna, W/mK	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,15$ W/m ² K, cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,12$ W/m ² K, cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,10$ W/m ² K, cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,080$ W/m ² K, cm
Wełna mineralna	0,045 – 0,034	37 – 30	46 – 38	56 – 46	70 – 58
Celuloza	0,043 – 0,037	36 – 32	45 – 40	54 – 49	68 – 61
Styropian spieniany EPS	0,042 – 0,031	35 – 29	44 – 36	53 – 43	66 – 54
Styropian ekstrudowany XPS	0,040 – 0,034	34 – 30	43 – 38	51 – 46	64 – 58
Pianka PU	0,035 – 0,025	31 – 25	39 – 32	47 – 38	59 – 48

Tabela 15. Niezbędna grubość izolacji dla stropodachu

Rodzaj materiału termoizolacyjnego	Przewodność cieplna, W/mK	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,15$ W/m ² K, cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,12$ W/m ² K, cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,10$ W/m ² K, cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,080$ W/m ² K, cm
Wełna mineralna	0,045 – 0,034	28 – 22	36 – 27	43 – 33	55 – 41
Celuloza	0,043 – 0,037	27 – 23	34 – 30	42 – 36	52 – 45
Styropian spieniany EPS	0,042 – 0,031	27 – 20	34 – 25	41 – 30	51 – 38
Styropian ekstrudowany XPS	0,040 – 0,034	25 – 22	32 – 27	39 – 33	49 – 41
Pianka PU	0,035 – 0,025	22 – 16	28 – 20	34 – 24	43 – 30

Tabela 16. Niezbędna grubość izolacji dla podłogi na gruncie

Rodzaj materiału termoizolacyjnego	Przewodność cieplna, W/mK	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,20$ W/m ² K, cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,15$ W/m ² K, cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,12$ W/m ² K, cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,10$ W/m ² K, cm
Wełna mineralna	0,045 – 0,034	22 – 16	29 – 22	37 – 28	44 – 33

Celuloza	0,043 – 0,037	21 – 18	28 – 24	35 – 30	42 – 36
Styropian spieniany EPS	0,042 – 0,031	20 – 15	27 – 20	34 – 25	41 – 30
Styropian ekstrudowany XPS	0,040 – 0,034	19 – 16	26 – 22	32 – 28	39 – 33
Pianka PU	0,035 – 0,025	17 – 12	23 – 16	28 – 20	34 – 24

Tabela 17. Niezbędna grubość izolacji dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą

Rodzaj materiału termoizolacyjnego	Przewodność cieplna, W/mK	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,20$ W/m ² K, cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,15$ W/m ² K, cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,12$ W/m ² K, cm	Wymagana grubość izolacji dla $U=0,10$ W/m ² K, cm
Wełna mineralna	0,045 – 0,034	20 – 15	28 – 21	35 – 26	43 – 32
Celuloza	0,043 – 0,037	19 – 17	26 – 23	34 – 29	41 – 35
Styropian spieniany EPS	0,042 – 0,031	19 – 14	26 – 19	33 – 24	40 – 29
Styropian ekstrudowany XPS	0,040 – 0,034	18 – 15	25 – 21	31 – 26	38 – 32
Pianka PU	0,035 – 0,025	16 – 11	21 – 15	27 – 19	33 – 24

Podane w tabelach grubości izolacji są słuszne dla przyjętych założeń. W przypadku zastosowania warstwy nośnej o większym oporze cieplnym, zmniejszenia udziału drewna w warstwie niejednorodnej dachu lub zastosowania materiału izolacyjnego o innej przewodności cieplnej, wymagane grubości izolacji ulegną zmianie.

Obliczenia współczynnika przenikania ciepła dla poszczególnych przegród w celu potwierdzenia ich zgodności z powyższymi wytycznymi i warunkami przeprowadza się zgodnie z zasadami na podstawie norm PN EN 6946: 2008 z uwzględnieniem wpływu mostków cieplnych wg PN EN 14683:2008 oraz PN EN 10211-1:2005.

2.2.2. Minimalne wymogi w zakresie jakości i parametrów technicznych dla okien i drzwi

Obliczenia wykonane dla budynków mieszkalnych jednorodzinnych i wielorodzinnych wykazały, że aby osiągnąć standard NF40 konieczne jest zastosowanie okien o współczynniku $U_w = 1,3 - 0,8$ W/m²K, a dla standardu NF15 okien o współczynniku $U_w = 0,8 - 0,7$ W/m²K. Wartości współczynników U_w zależą od takich parametrów jak współczynnik U_g szyby, współczynnik U_f ramy, współczynnik Ψ_g ramki dystansowej, udziału szyby w całkowitej powierzchni okna i ilości podziałów. W celu określenia wymogów w zakresie tych współczynników wykonano obliczenia współczynnika U_w dla wybranych typów okien zgodnie z normą PN-EN ISO 10077-1. Do obliczeń przyjęto, że szerokość ramy wynosi 120 mm a okna są bez podziałów. Wyniki obliczeń oraz wymogi dla poszczególnych standardów podano poniżej.

Tabela 18. Wyznaczenie wymagań dla okien lub drzwi balkonowych o współczynniku $U_w \leq 1,3$ W/m²K

Szerokość okna, m	Wysokość okna, m	Współczynnik U_f ramy, W/m ² K	Współczynnik U_g szyby, W/m ² K	Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_g	Udział szyby	Współczynnik U_w całego okna, W/m ² K
0,88	1,48	1,30	1,0	0,04	0,61	1,23
0,57	1,48	1,30	1,0	0,04	0,49	1,30

0,88	2,30	1,30	1,0	0,04	0,65	1,21
1,18	1,48	1,30	1,0	0,04	0,67	1,20
0,88	0,88	1,30	1,0	0,04	0,53	1,27

Tabela 19. Wymagane parametry techniczne dla okien lub drzwi balkonowych o współczynniku $U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

Parametr techniczny	Wartość
Współczynnik przenikania ciepła ramy okiennej U_f , $\text{W/m}^2\text{K}$	$\leq 1,3$
Współczynnik przenikania ciepła szklenia U_g , $\text{W/m}^2\text{K}$	$\leq 1,0$
Współczynnik przepuszczalności całkowitego promieniowania słonecznego g szyby	$\geq 0,60$
Współczynnik liniowej straty ciepła ramki dystansowej Ψ_g , W/mK	$\leq 0,04$

Tabela 20. Wyznaczenie wymagań dla okien lub drzwi balkonowych o współczynniku $U_w \leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Szerokość okna, m	Wysokość okna, m	Współczynnik U_f ramy, $\text{W/m}^2\text{K}$	Współczynnik U_g szyby, $\text{W/m}^2\text{K}$	Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_g	Udział szyby	Współczynnik U_w całego okna, $\text{W/m}^2\text{K}$
0,88	1,48	1,10	0,60	0,04	0,61	0,91
0,57	1,48	1,10	0,60	0,04	0,49	1,01
0,88	2,30	1,10	0,60	0,04	0,65	0,88
1,18	1,48	1,10	0,60	0,04	0,67	0,87
0,88	0,88	1,10	0,60	0,04	0,53	0,97

Tabela 21. Wymagane parametry techniczne dla okien lub drzwi balkonowych o współczynniku $U_w \leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Parametr techniczny	Wartość
Współczynnik przenikania ciepła ramy okiennej U_f , $\text{W/m}^2\text{K}$	$\leq 1,10$
Współczynnik przenikania ciepła szklenia U_g , $\text{W/m}^2\text{K}$	$\leq 0,60$
Współczynnik przepuszczalności całkowitego promieniowania słonecznego g szyby	$\geq 0,50$
Współczynnik liniowej straty ciepła ramki dystansowej Ψ_g , W/mK	$\leq 0,04$

Tabela 22. Wyznaczenie wymagań dla okien lub drzwi balkonowych o współczynniku $U_w \leq 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Szerokość okna, m	Wysokość okna, m	Współczynnik U_f ramy, $\text{W/m}^2\text{K}$	Współczynnik U_g szyby, $\text{W/m}^2\text{K}$	Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_g	Udział szyby	Współczynnik U_w całego okna, $\text{W/m}^2\text{K}$
0,88	1,48	0,8	0,60	0,03	0,61	0,76
0,57	1,48	0,8	0,60	0,03	0,49	0,81
0,88	2,30	0,8	0,60	0,03	0,65	0,75
1,18	1,48	0,8	0,60	0,03	0,67	0,74
0,88	0,88	0,8	0,60	0,03	0,53	0,79

Tabela 23. Wymagane parametry techniczne dla okien lub drzwi balkonowych o współczynniku $U_w \leq 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Parametr techniczny	Wartość
Współczynnik przenikania ciepła ramy okiennej U_f , $\text{W/m}^2\text{K}$	$\leq 0,80$

Współczynnik przenikania ciepła szklenia U_g , W/m ² K	≤ 0,60
Współczynnik przepuszczalności całkowitego promieniowania słonecznego g szyby	≥ 0,50
Współczynnik liniowej straty ciepła ramki dystansowej Ψ_g , W/mK	≤ 0,03

Tabela 24. Wyznaczenie wymagań dla okien lub drzwi balkonowych o współczynniku $U_w \leq 0,70$ W/m²K

Szerokość okna, m	Wysokość okna, m	Współczynnik U_f ramy, W/m ² K	Współczynnik U_g szyby, W/m ² K	Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_g	Udział szyby	Współczynnik U_w całego okna, W/m ² K
0,88	1,48	0,7	0,5	0,03	0,61	0,66
0,57	1,48	0,7	0,5	0,03	0,49	0,71
0,88	2,30	0,7	0,5	0,03	0,65	0,65
1,18	1,48	0,7	0,5	0,03	0,67	0,64
0,88	0,88	0,7	0,5	0,03	0,53	0,69

Tabela 25. Wymagane parametry techniczne dla okien lub drzwi balkonowych o współczynniku $U_w \leq 0,70$ W/m²K

Parametr techniczny	Wartość
Współczynnik przenikania ciepła ramy okiennej U_f , W/m ² K	≤ 0,70
Współczynnik przenikania ciepła szklenia U_g , W/m ² K	≤ 0,50
Współczynnik przepuszczalności całkowitego promieniowania słonecznego g szyby	≥ 0,50
Współczynnik liniowej straty ciepła ramki dystansowej Ψ_g , W/mK	≤ 0,03

Osiągnięciu niskiej wartości współczynnika U_w sprzyjają okna charakteryzujące się dużym udziałem szyby w całkowitej powierzchni okna, np. nieotwieralne. Stosując okna nieotwieralne należy pamiętać o względach bezpieczeństwa, konieczności przewietrzania pomieszczeń w okresie letnim (w każdym pomieszczeniu powinno być co najmniej jedno otwierane okno) i możliwości mycia od strony zewnętrznej.

Dla osiągnięcia wartości współczynnika liniowej straty ciepła $\Psi_g \leq 0,04$ W/mK lub $\leq 0,03$ W/mK konieczne jest zastosowanie specjalnych konstrukcji ramek dystansowych oraz głębsze osadzenie szyby w profilu okiennym. W oknach w budynkach o standardzie NF40 i NF15 należy stosować ciepłe ramki dystansowe, np. Swisspacer V, TGI-Wave, Thermix, Superspacer TriSeal, TPS, ChromaTec Ultra [2].

Okna w budynkach NF40 i NF15 powinny spełnić następujące dodatkowe wymagania:

- szczelności powietrznej - współczynnik infiltracji powietrza dla otwieranych okien i drzwi balkonowych powinien wynosić nie więcej niż $0,3 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{daPa}^{2/3})$. Z uwagi na zastosowanie wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła okna nie mogą być wyposażone w nawiewniki,
- połączenia okien z ościeżami należy projektować i wykonywać pod kątem osiągnięcia ich całkowitej szczelności na przenikanie powietrza,
- montażu, w taki sposób aby zminimalizować mostki cieplne na połączeniu ościeżnica-ościeże. Należy stosować „ciepły montaż okien” czyli w warstwie izolacji. Przykłady poprawnego montażu podano w rozdziale dotyczącym mostków cieplnych,
- wielkość zysków ciepła od słońca ma kluczowe znaczenie dla bilansu energetycznego budynku. Zastosowany rodzaj szyb powinien charakteryzować się możliwie wysokim współczynnikiem g

przepuszczalności energii promieniowania słonecznego. W przypadku szyb podwójnych $g \geq 0,60$, a dla szyb potrójnych $g \geq 0,50$,

- wyposażenia w elementy zacieniające co dotyczy okien skierowanych na kierunki od wschodniego przez południowy do zachodniego i wszystkich okien dachowych. Elementy zacieniające nie powinny ograniczać dostępu promieniowania słonecznego w okresie zimy.

W zależności o standardu, lokalizacji i rodzaju budynku współczynnika U_d dla drzwi z ramą powinien wynosić od 0,70 do 1,50 W/m²K. Nie należy montować dobrych drzwi w złej ramie, ponieważ doprowadzi to do zwiększenia strat ciepła.

2.2.3. Minimalne wymagania w zakresie parametrów technicznych, jakościowych i użytkowych układów wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła

Zadaniem systemu wentylacji w budynkach mieszkalnych NF40 i NF15, oprócz dostarczenia świeżego powietrza zewnętrznego, usunięcia zużytego powietrza wewnętrznego i zapewnienia przepływu powietrza po budynku, jest maksymalne ograniczenie strat ciepła. Aby było to możliwe system wentylacji musi spełniać szereg wymagań. Pierwszym i najważniejszym z punktu widzenia efektywności energetycznej jest odzyskiwanie ciepła z powietrza wywiewanego i przekazywanie go do powietrza nawiewanego [3]. Jak pokazały obliczenia nie da się osiągnąć standardu NF40 jeżeli sprawność temperaturowa będzie niższa niż 85%, a standardu NF15, jeżeli będzie niższa niż 90% dla budynku jednorodzinny zlokalizowanego w Warszawie. Osiągnięcie tak wysokiej sprawności wymaga zastosowania central wentylacyjnych z wysokosprawnymi wymiennikami ciepła.

Efektywność energetyczna i jakość użytkowania systemu wentylacji zależy od wielu aspektów [4]. Poniżej zebrano podstawowe wymagania w zakresie parametrów technicznych, jakościowych i użytkowych dla systemów wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła:

- Sprawność temperaturowa odzysku ciepła

Sprawność odzysku ciepła dla zrównoważonych strumieni powietrza nawiewanego i usuwanego, ustalona zgodnie z normą PN-EN 308 „Wymienniki ciepła. Procedury badawcze wyznaczania wydajności urządzeń do odzyskiwania ciepła w układzie powietrze-powietrze i powietrze-gazy spalinowe.”, powinna wynosić:

- $\geq 85\%$ dla budynków jednorodzinnych NF40 strefa klimatyczna I, II i III
- $\geq 85\%$ dla budynków jednorodzinnych NF40 strefa klimatyczna IV i V
- $\geq 70\%$ dla budynków wielorodzinnych NF40 strefa klimatyczna I, II i III
- $\geq 80\%$ dla budynków wielorodzinnych NF40 strefa klimatyczna IV i V
- $\geq 90\%$ dla budynków jednorodzinnych NF15 strefa klimatyczna I, II i III
- $\geq 93\%$ lub $\geq 90\%$ centrala + $\geq 30\%$ GWC dla budynków jednorodzinnych NF15 strefa klimatyczna IV i V
- $\geq 80\%$ dla budynków wielorodzinnych NF15 strefa klimatyczna I, II i III
- $\geq 90\%$ dla budynków wielorodzinnych NF15 strefa klimatyczna IV i V

- Obliczanie wymaganej ilości powietrza wentylacyjnego

W przypadku budynków mieszkalnych jedno- i wielorodzinnych do obliczania strumienia powietrza wentylacyjnego należy stosować normę PN B 03430:1983/Az3:2000 „Wentylacja w budynkach

mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – Wymagania”. Dobrana centrala wentylacyjna oraz instalacja powinna pozwalać na regulację wielkości strumienia w zakresie od 60% do 150%. Nadmierne zwiększenie strumienia powietrza wentylacyjnego będzie prowadzić do wzrostu strat ciepła na wentylację i zużycia energii elektrycznej oraz spadku wilgotności względnej powietrza wewnętrznego w okresie zimy.

- Elementy nawiewne

Elementy nawiewne powinny być dobrane i rozmieszczone w taki sposób aby nie powodowały powstania „stref martwych”, w których powietrze nie będzie wymieniane. Dopuszczalna prędkość powietrza w strefie przebywania ludzi (zazwyczaj zaczyna się na wysokości 2 m od poziomu podłogi) wynosi 0,2 m/s, natomiast różnica pomiędzy temperaturą w pomieszczeniu a temperaturą powietrza nawiewanego w miejscu wejścia w strefę przebywania ludzi nie powinna być większa niż 1 K. W przypadku wykorzystania systemu wentylacji jako ogrzewania powietrznego w budynkach NF15 elementy nawiewne mogą być rozmieszczane nad drzwiami wejściowymi. Dzięki wykorzystaniu efektu Coandy sufit może pełnić rolę kanału półotwartego i umożliwić przepływ powietrza na koniec pomieszczenia.

- Zużycie energii elektrycznej

Zastosowane centrale wentylacyjne powinny charakteryzować bardzo małym zużyciem energii elektrycznej. Pobór mocy powinien być $\leq 0,40 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ w odniesieniu do strumienia powietrza wentylacyjnego. Energooszczędne centrale są wyposażone w wentylatory z oznaczeniem DC-EC. EC oznacza Elektronicznie Komutowany natomiast DC prąd stały. Taki rodzaj wentylatorów łączy zalety prądu stałego i zmiennego: silnik pracuje na napięcie stałe, ale jest zasilany prądem zmiennym. Silniki DC charakteryzują się niskim zużyciem energii, ale aby zasilic je prądem zmiennym trzeba zastosować nieporęczne, nieefektywne transformatory. Silniki EC są wyposażone w wewnętrzny transformator napięcia, dzięki czemu są bardziej efektywne.

- Projekt systemu wentylacji

System wentylacji powinien być zaprojektowany w taki sposób, aby długości przewodów były możliwie jak najkrótsze w celu ograniczenia strat ciśnienia. Zblokowanie pomieszczeń, z których usuwamy powietrze znacznie ułatwia projektowanie przebiegu kanałów wywiewnych. Rozmieszczenie kanałów powinno być wstępnie określone na etapie projektowania budynku w celu wygospodarowania pod nie dodatkowej przestrzeni. Jest to szczególnie istotne w przypadku budynków wielorodzinnych o niskich wysokościach kondygnacji i małych powierzchniach mieszkań. Możliwie jak najkrótsze powinny być przewody, którymi powietrze jest czerpane z zewnątrz i doprowadzane do centrali oraz te usuwające powietrze za centralą na zewnątrz. W budynkach jednorodzinnych i wielorodzinnych powinno się stosować decentralny system wentylacji – każde mieszkanie wyposażone w swoją własną centralę wentylacyjną nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła. Usuwanie powietrza w budynkach wielorodzinnych może odbywać się jednym wspólnym kanałem. W miejscu zamontowania centrali wentylacyjnej należy wykonać podejście kanalizacyjne do odprowadzenia skroplin powstających w wymienniku.

- Szczelność i izolacja kanałów

System wentylacji powinien być szczelny oraz zaizolowany. Dotyczy to w szczególności kanałów, którymi powietrze jest czerpane z zewnątrz i doprowadzane do centrali oraz tych usuwających powietrze na zewnątrz za centralą. Minimalna grubość izolacji powinna wynosić 100 mm.

- Automatyka regulacyjna

Centrala wentylacyjna powinna być wyposażona w układ automatyki regulacyjnej umożliwiający dostosowanie wydajności wentylacji do aktualnych potrzeb. Sterowanie centralą realizowane jest za pomocą panelu znajdującego się w strefie mieszkalnej. Użytkownik musi mieć możliwość zmiany wielkości strumienia powietrza wentylacyjnego w zakresie 60/100/150%, wyłączenia/włączenia centrali oraz przejścia w tryb letni (z obejściem bez odzysku ciepła lub z działającym tylko wentylatorem wywiewnym i powietrzem dostającym się przez rozszczelnione okna). Układ regulacji może być zautomatyzowany i zmieniać wydajność wentylacji w zależności od pomiaru stężenia CO₂ w powietrzu wywiewanym lub pomieszczeniu reprezentatywnym. Inną wartością mierzoną może być wilgotność względna powietrza. Regulacja wydajności może być sterowana czasowo według zadanego harmonogramu dziennego/tygodniowego. Zastosowanie układów automatycznej regulacji może zmniejszyć straty ciepła na wentylację, podwyższyć jakość powietrza wewnętrznego i zmniejszyć zużycie energii elektrycznej.

- Ochrona przed hałasem

Aby nie dopuścić do wzrostu natężenia hałasu należy:

- nie przekraczać dopuszczalnych prędkości przepływu w kanałach wentylacyjnych: kanały główne < 5,0 m/s, kanały niedaleko nawiewników < 3,0 m/s, nawiewniki < 1,0 m/s,
- centrala wentylacyjna powinna emitować mało hałasu, na kanałach nawiewnych i wywiewnych trzeba bezwzględnie stosować tłumiki,
- system kanałów powinien być tak zaprojektowany i wyregulowany aby straty ciśnienia na przepływie powietrza były możliwie jak najmniejsze,
- sprawdzić czy nie został przekroczony dopuszczalny poziom hałasu: natężenie hałasu w pomieszczeniu technicznym < 35 dB(A), natężenie hałasu w pomieszczeniach mieszkalnych < 25 dB(A)
- po wykonaniu systemu wentylacji sprawdzić czy projektowane strumienie powietrza wentylacyjnego odpowiadają strumieniom rzeczywistym.

- Czystość instalacji

Należy stosować filtry klasy G4 lub F7 na nawiewie i G4 na wywiewie. Instalacja powinna być wykonana z kanałów sztywnych, wyposażona w otwory rewizyjne umożliwiające jej okresowe czyszczenie. Nie należy stosować kanałów elastycznych. Kratki wywiewne w kuchni należy zabezpieczyć dodatkowym siatkowym filtrem przeciwłuszczywym. Pochłaniacze kuchenne nie mogą być podłączone bezpośrednio do kanałów wywiewnych.

- Ochrona przed szronieniem

Centrala musi być wyposażona w rozwiązania chroniące wymiennik przed szronieniem. Zastosowane rozwiązania powinny charakteryzować się jak najmniejszym zużyciem energii elektrycznej i nie powodować dodatkowych strat ciepła na wentylację. Przed szronieniem może chronić gruntowy wymiennik ciepła [5].

2.2.4. Minimalne wymagania standardu i jakości wykonania układów instalacji grzewczych (co i cwu)

Ograniczenie strat ciepła przez przenikanie i wentylację powoduje, że jednostkowe projektowe obciążenie cieplne wynosi w budynkach NF40 około 30 W/m² powierzchni ogrzewanej natomiast w budynkach NF15 około 20 W/m². Oznacza to, że do ogrzania budynku jednorodzinnego

o powierzchni użytkowej np. 150 m² wystarczy źródło ciepła o mocy około 4,5 kW w standardzie NF40 lub 3,0 kW w standardzie NF15. Aby instalacja centralnego ogrzewania działała efektywnie i zapewniała wysoki komfort cieplny powinna [6, 7]:

- być zaprojektowana i zwymiarowana na podstawie wartości projektowanego obciążenia cieplnego wyznaczonych dla budynku zgodnie z normą PN EN 12831 „Instalacje grzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego”,
- zapewniać równomierny, przestrzenny rozkład temperatury odczuwalnej (średnia arytmetyczna sumy temperatury powietrza i średniej temperatury powierzchni przegród) w pomieszczeniach,
- umożliwiać regulację temperatury odczuwalnej w pomieszczeniach, np. zawory z głowicami termostatycznymi o zakresie proporcjonalności 1K - im mniejszy zakres proporcjonalności tym szybciej następuje odcięcie dopływu czynnika grzewczego do grzejnika w sytuacji gdy temperatura w pomieszczeniu wzrasta powyżej zadanej (1K oznacza, że zawór zamknie się całkowicie przy temperaturze 21°C dla zadanej temperatury 20°C, standardowo stosowane głowice powodują zamknięcie zaworu przy temperaturze 22°C),
- być wyposażona w automatyczny układ regulacji mierzący temperaturę zewnętrzną i wewnętrzną dostosowujący parametry pracy instalacji do aktualnych potrzeb i umożliwiający programowanie temperatury odczuwalnej w pomieszczeniach w okresie dnia i tygodnia,
- pozwalać na efektywne wykorzystanie ciepła i być wyposażona w urządzenia do monitorowania jego zużycia,
- być zaprojektowana w sposób zwarty, kompaktowy i zblokowany. Długość przewodów powinna być możliwie jak najmniejsza w celu ograniczenia strat ciepła i ciśnienia;
- posiadać źródło o wysokiej sprawności wytwarzania ciepła,
- być wyposażona w grzejniki estetyczne i łatwe do czyszczenia, przekazujące ciepło do pomieszczeń na drodze konwekcji i promieniowania,
- być trwała i charakteryzować się niskim kosztem eksploatacji, np. zastosowanie energooszczędnych pomp obiegowych, które w porównaniu do tradycyjnych mogą zużywać nawet o 80% mniej energii elektrycznej,
- być możliwie najmniej uciążliwa dla środowiska naturalnego, np. wykorzystywać odnawialne źródła energii,
- przewody rozprowadzające systemu grzewczego muszą być zaizolowane i powinny być układane powyżej warstwy izolacji w przypadku podłogi na gruncie lub stropu nad nieogrzewanym poddaszem. Grubość warstwy izolacji przewodów powinna być dobrana zgodnie z wymaganiami normy PN-B-02421: 2000 (np. dla przewodu $\leq$ DN 20 instalacji c.o. temperatura do 95°C biegnącego w części ogrzewanej budynku $t_i \geq 12^\circ\text{C}$ wymagana grubość izolacji wynosi 20 mm, przy współczynniku przewodzenia ciepła 0,035 W/mK),
- ciepło dostarczane przez system grzewczy musi być efektywnie wykorzystywane, grzejniki powinny być prawidłowo usytuowane w pomieszczeniu, nieosłonięte, a za nimi powinny być zamontowane ekrany odbijające promieniowanie ciepłe.

Źródła ciepła

Wybór źródła ciepła ma kluczowe znaczenie dla przyszłych kosztów użytkowania budynku, kosztów inwestycyjnych, komfortu użytkowania instalacji i emisji gazów cieplarnianych. Stosując sumaryczne kryterium: biorąc pod uwagę koszty wykonania systemu grzewczego i koszty eksploatacyjne w okresie użytkowania urządzeń grzewczych, najlepszym sposobem wytwarzania ciepła w warunkach polskich jest zastosowanie kondensacyjnego kotła gazowego.

Projektując system centralnego ogrzewania z kotłem gazowym należy pamiętać, że:

- moc kotła kondensacyjnego, powinna odpowiadać projektowemu obciążeniu cieplnemu budynku. Dobrany kocioł powinien charakteryzować się jak najmniejszą mocą minimalną i dużym zakresem pracy ciągłej,
- dobrane parametry pracy instalacji c.o. oraz jej typ powinien zapewniać maksymalną sprawność kotła kondensacyjnego. Dla systemu grzejnikowego optymalne parametry pracy to 55/45°C,
- kocioł kondensacyjny musi być wyposażony w automatykę pogodową wspieraną czujnikiem temperatury wewnętrznej. Czujnik temperatury wewnętrznej powinien być zlokalizowany w pomieszczeniu reprezentatywnym, a grzejnik w pomieszczeniu reprezentatywnym nie powinien mieć głowicy termostatycznej. System regulacji musi pozwalać na programowanie żądanej temperatury w czasie dnia, np. obniżenia jej w okresie nocy i tygodnia,
- zamontowane grzejniki powinny mieć znikomą bezwładność cieplną i być wyposażone w zawory z głowicami termostatycznymi o zakresie proporcjonalności 1K (poza pomieszczeniem reprezentatywnym),
- kocioł powinien być podłączony do przewodu spalinowo-powietrznego i pobierać powietrze do spalania z zewnątrz.

Warunkiem koniecznym dla zastosowania kotła jest doprowadzenie do działki sieci gazowej. Jeśli nie ma takiej możliwości, alternatywą dla kotła kondensacyjnego jest pompa ciepła, pobierająca ciepło z gruntu (pompy wykorzystujące powietrze zewnętrzne, jako źródło ciepła są nieefektywne energetycznie w polskich warunkach klimatycznych i nie powinny być stosowane) i współpracująca z niskotemperaturowym ogrzewaniem podłogowym. Koszty inwestycyjne są dość wysokie ale rekompensują je oszczędności wynikające z małego zużycia energii. Aby zapewnić wysoką sprawność pracy źródła ciepła i efektywną pracę systemu grzewczego należy:

- wyposażyć go w zasobnik buforowy, o odpowiedniej pojemności i możliwie małych stratach postojowych, jeżeli wymaga tego typ zastosowanej pompy ciepła,
- stosować pompy ciepła posiadające następujące cechy:
 - praca w oparciu o sprężarki typu Scroll,
 - wysoki średniosezonowy współczynnik efektywności $COP \geq 3,5$
 - wykorzystanie jako czynnik roboczy R410A
 - duży zakres regulacji mocy grzewczej
 - układ automatyki sterującej zapewniający równy czas pracy wszystkich pomp lub sprężarek – w przypadku zastosowania pomp wielosprężarkowych
- wykorzystać jako dolne źródło ciepła gruntowe kolektory pionowe. Zastosowanie kolektorów pionowych pozwoli na oszczędność miejsca oraz zapewni wysoką sprawność pracy pompy ciepła,

kolektory pionowe mogą być wykorzystywane jednocześnie do chłodzenia powietrza nawiewanego do budynku w okresie lata,

- zastosować energooszczędne pompy obiegowe, które w porównaniu do tradycyjnych mogą zużywać nawet o 80 % mniej energii elektrycznej,
- należy dobrać moc pompy ciepła w taki sposób, aby pokrywała ona około 75% projektowego obciążenia cieplnego budynku w celu zoptymalizowania kosztów zakupu pompy i wykonania dolnego źródła ciepła. Pozostała część obciążenia cieplnego powinna być pokryta przez grzałki elektryczne zamontowane w zbiorniku buforowym. Rozwiązanie takie pozwoli na zmniejszenie kosztów zakupu i wykonania źródła ciepła przy jednoczesnym niewielkim wpływie na koszty użytkowania budynku. Moc dobranej pompy ciepła powinna odpowiadać za ogrzewanie budynku do temperatury zewnętrznej około $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (dla strefy III), poniżej tej temperatury będą włączały się dodatkowe grzałki elektryczne, ilość ciepła dostarczanego przez pompę ciepła będzie stanowiła około 90% całkowitej ilości ciepła potrzebnej do ogrzewania budynku,
- zastosować niskotemperaturowe ogrzewanie podłogowe. Obliczeniowe parametry wody na zasilaniu i powrocie z instalacji muszą być jak najniższe, np. $35/28^{\circ}\text{C}$. Wyższe parametry spowodują znaczący spadek efektywności energetycznej pompy ciepła.

W budynkach jednorodzinnych o niskim zapotrzebowaniu na energię wspomagającym źródłem ciepła może być kominek. Z uwagi na małe projektowe obciążenie cieplne należy stosować w nich kominki o niewielkiej mocy (około 3–6 kW) dostosowanej do charakterystyki energetycznej budynku. Zamontowanie kominka o zbyt dużej mocy może prowadzić do przegrzewania pomieszczeń i zwiększenia strat ciepła. Kominki powinny być wyposażone w zamkniętą komorę spalania i posiadać niezależne doprowadzenie powietrza do spalania z zewnątrz. System spalinowy, komora spalania i kanał nawiewny powinny być połączone i wykonane szczelnie. Zaleca się stosowanie kominów zewnętrznych. System rozprowadzenia ciepłego powietrza z kominka po budynku powinien być niezależny od systemu wentylacji i wykonany oddzielnie.

Źródłem ciepła w wielorodzinnych budynkach o niskim zapotrzebowaniu na energię będzie najczęściej węzeł cieplny zasilany z lokalnej sieci ciepłowniczej lub indywidualnej kotłowni gazowej. Aby zapewnić wysoką sprawność pracy węzła cieplnego i efektywne wykorzystanie energii należy:

- precyzyjnie wyznaczyć zapotrzebowanie na moc dla poszczególnych obiegów – centralnego ogrzewania, ciepłej wody użytkowej i wentylacji. Przewymiarowanie węzła i zwiększenie mocy zamówionej spowoduje zwiększenie kosztów ciepła,
- wymiarowanie urządzeń w węzłach cieplnych należy wykonywać w oparciu o analizę techniczno-ekonomiczną oraz zasadę maksymalnego wykorzystania czynnika grzewczego w celu uzyskania możliwie niskiej temperatury powrotu, czemu sprzyja, np. wykorzystanie ogrzewania niskotemperaturowego,
- węzeł powinien być wyposażony w rozbudowane układy automatyki regulacyjnej, a także układy opomiarowania i monitorowania zużycia energii. Pozwoli to na precyzyjną regulację ilości dostarczanego ciepła i zabezpieczy przed niepotrzebnymi stratami energii,
- zastosowane układy automatyki regulacyjnej powinny charakteryzować się małymi stałymi czasowymi, co dotyczy zwłaszcza obiegu ciepłej wody użytkowej,
- wymienniki ciepła, zasobniki i rurociągi oraz urządzenia węzła ciepłowniczego muszą być izolowane cieplnie. Wymienniki ciepła powinny posiadać izolację rozbieralną; nie należy wykonywać wspólnej izolacji kilku przewodów. Grubość izolacji powinna odpowiadać wymaganiom podanym w normie PN-B-

02421:2000 „Ogrzewnictwo i ciepłownictwo. Izolacja cieplna przewodów, armatury i urządzeń. Wymagania i badania odbiorcze”.

Uwaga: W budynkach NF40 i NF15 nie zaleca się stosowania jako źródła ciepła kotłów węglowych. Nie dopuszczalne jest stosowanie do ogrzewania i przygotowania c.w.u. jedynie energii elektrycznej. Nie dotyczy to energii elektrycznej wytwarzanej z ogniw fotowoltaicznych, turbin wiatrowych, kogeneracji lub innych źródeł wykorzystujących energię odnawialną.

Z uwagi na rosnący udział zapotrzebowania na energię do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stosunku do zapotrzebowania na energię do ogrzewania – w przypadku budynków NF40 zapotrzebowanie na energię do przygotowania c.w.u. może być zbliżone do zapotrzebowania na energię dla c.o. W budynkach o standardzie NF15 zapotrzebowanie na energię do przygotowania c.w.u. będzie większe od zapotrzebowania na energię dla c.o. - stosuje się tu rozwiązania mające na celu ograniczenie opłaty za moc zamówioną. Do głównych rozwiązań można zaliczyć:

- wykorzystanie zasobników ciepła, których zadaniem będzie magazynowanie ciepła w okresie małych rozbiorów nocnych i oddawanie go w okresach szczytowego zapotrzebowania związanego z przygotowaniem ciepłej wody użytkowej. Zastosowanie zasobników wymaga precyzyjnego określenia ich pojemności i odpowiedniego zmniejszenia mocy zamówionej oraz wielkości wymiennika ciepła. Dobranie zbyt wysokiej wydajności pompy ładującej zasobnik może spowodować, że jego pojemność nie będzie wykorzystywana,
- wykorzystanie odnawialnych źródeł energii takich jak kolektory słoneczne, do przygotowania ciepłej wody użytkowej, o ile jest to uzasadnione ekonomicznie,
- wykorzystanie układów kogeneracyjnych małej mocy produkujących jednocześnie energię elektryczną i ciepło. Stosowanie układów skojarzonych może być szczególnie uzasadnione w przypadku budynków NF15 charakteryzujących się dużym udziałem stałego zapotrzebowania na energię do przygotowania c.w.u. w bilansie energetycznym. Decyzja o zastosowaniu układu kogeneracji powinna być podjęta w oparciu o analizę techniczno-ekonomiczną,
- zastosowanie mieszkaniowych węzłów cieplnych i decentralnego przygotowania c.w.u., pozwala na:
 - likwidację instalacji rozpraszającej i obiegów cyrkulacyjnych c.w.u. oraz spowodowanych nimi strat ciepła w instalacji c.w.u. (szacunkowa oszczędności energii około 30%) [8],
 - redukcję mocy zamówionej dla budynku,
 - obniżanie zużycia energii na cele grzewcze dzięki zastosowaniu elektronicznych mieszkaniowych regulatorów temperatury z programowaniem dobowym i tygodniowym.

Niskotemperaturowe ogrzewanie podłogowe

Wykorzystanie w budynku niskotemperaturowego ogrzewania podłogowego może być warunkiem koniecznym dla zapewnienia wysokiej sprawności źródła ciepła, np. pompy ciepła. Decydując się na taki system grzewczy należy pamiętać, że posiada on zalety oraz wady.

Zalety ogrzewania podłogowego:

- lepsze warunki higieniczne i podwyższony komfort cieplny: niższa temperatura powietrza, równomierny rozkład temperatury w całym pomieszczeniu, mniejsze konwekcyjne ruchy powietrza unoszące kurz i brudzące ściany,
- brak grzejników, większa estetyka wnętrza, łatwość utrzymania czystości,

- obniżenie sezonowego zużycia ciepła dzięki niższej temperaturze nośnika ciepła,
- możliwość efektywnego zastosowania niekonwencjonalnych, ekologicznych źródeł ciepła jak kondensacyjny kocioł gazowy czy pompa ciepła,
- właściwości samoregulacji (samoczynna zmiana mocy cieplnej grzejnika w wyniku zmiany temperatury wewnętrznej w pomieszczeniu).

Wady ogrzewania podłogowego:

- duża bezwładność cieplna oraz podwyższone wymagania w odniesieniu do regulacji eksploatacyjnej - układ powinien być wyposażony w regulację centralną i miejscową, za regulację centralną powinien odpowiadać regulator inteligentny PID pozwalający na działanie z wyprzedzeniem i „uczenie się systemu”, niewłaściwy układ regulacji może doprowadzić do przegrzewania pomieszczeń i nadmiernych strat ciepła,
- konieczność bardzo precyzyjnego wymiarowania instalacji, błędy w doborze wielkości grzejników po wykonaniu instalacji są nieusuwalne,
- ograniczanie mocy cieplnej grzejnika (dywan, meble),
- brak możliwości późniejszych zmian wielkości grzejnika,
- wyższe koszty inwestycyjne niż dla ogrzewania grzejnikowego,
- większe zużycie energii pomocniczej do napędu pomp obiegowych i układów regulacji.

Ogrzewanie powietrzne w budynkach NF15

Znaczne ograniczenie zapotrzebowania na energię do ogrzewania w budynkach NF15 wpływa na redukcję projektowanego obciążenia cieplnego wyznaczonego zgodnie z normą PN-EN 12831. Wskaźnik zapotrzebowania na moc grzewczą odniesiony do powierzchni ogrzewanej wynosi około 20 W/m² co pozwala w niektórych przypadkach na rezygnację z tradycyjnego ogrzewania wodnego i zastosowanie ogrzewania powietrznego [9]. Aby sprawdzić czy rozwiązanie takie jest możliwe należy porównać projektowe obciążenie cieplne z mocą ogrzewania powietrznego pracującego na projektowanych, niezwiększonych strumieniach powietrza wentylacyjnego. Przykładowo projektowane obciążenie cieplne budynku jednorodzinnego J2 wynosi 3,4 kW a maksymalna moc grzewcza ogrzewania powietrznego przy założeniu dopuszczalnej temperatury nawiewu 50 °C i strumienia powietrza 230 m³/h wynosi 2,3 kW. Jeżeli brakujące 1,1 kW dostarczymy do budynku za pomocą grzejników zlokalizowanych tylko w łazienkach lub pod największymi oknami to może się okazać że dodatkowe grzejniki nie będą potrzebne.

Zalety ogrzewania powietrznego:

- 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,
- powietrze nawiewane jest cieplejsze od powietrza wewnętrznego co pozwala na wykorzystanie efektu Coandy polegającego na przyleganiu strumienia powietrza nawiewnego 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.

Wady ogrzewania powietrznego:

- gorszy pionowy rozkład temperatury – ciepłej na górze chłodniej na dole,
- mniej korzystny sposób przekazywania ciepła,
- zazwyczaj brak regulacji miejscowej, strumienia powietrza wentylacyjnego pomieszczeń nie są indywidualnie regulowane i mają taką samą temperaturę.

Instalacja c.w.u.

Znaczący spadek zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków NF40 i NF15 powoduje, że coraz większe znaczenie w bilansie energetycznym zaczyna odgrywać zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u. Do podstawowych rozwiązań podnoszących efektywność energetyczną instalacji należy zaliczyć maksymalne ograniczenie strat ciepła na dystrybucji i cyrkulacji ciepłej wody, zmniejszenie zużycia ciepłej wody i jeśli jest to opłacalne ekonomicznie, wykorzystania do jej przygotowania odnawialnych źródeł energii. Projektując instalację c.w.u. należy:

- precyzyjnie określić moc potrzebną do podgrzewania ciepłej wody użytkowej. Przyjmowane zgodnie z normą PN 92/B-01706 zapotrzebowanie jednostkowe $q_j = 110 - 130$ l/d na osobę jest zbyt wysokie i prowadzi do przewymiarowania wymienników lub podgrzewaczy pojemnościowych. Zbyt wysoka moc zamówiona oznacza większe koszty użytkowania budynku. Rzeczywiste jednostkowe zapotrzebowanie na c.w.u. wynosi $q_j = 40 - 70$ l/d na osobę [10],
- precyzyjnie dobrać wielkość podgrzewacza lub zasobnika c.w.u., zbyt duża pojemność wraz z przewymiarowanym źródłem ciepła może prowadzić do powstania dodatkowych postojowych strat ciepła. Zastosowany podgrzewacz lub zasobnik c.w.u. powinien być bardzo dobrze zaizolowany,
- stosować pompy ładujące o wydajności zapewniającej wykorzystanie akumulacyjności cieplnej zasobników ciepłej wody użytkowej w pracy instalacji c.w.u.,
- stosować baterie czerpalne o optymalnych rozwiązaniach konstrukcyjnych pod względem minimalizowania zużycia c.w.u. – mogą to być baterie z „eko-przyciskiem”, termostaticzne, bezdotykowe, perlatory zamiast zwykłych sitek prysznicowych, urządzenia zamykające przepływ wody w niezakręconych kranach,
- właściwie zaizolować termicznie instalację (dotyczy to przewodów poziomych i pionowych w instalacji rozprowadzającej i cyrkulacyjnej); grubość wymaganej warstwy izolacji powinna odpowiadać zaleceniom podanym w normie PN-B-02421:2000 „Ogrzewnictwo i ciepłownictwo. Izolacja cieplna przewodów, armatury i urządzeń. Wymagania i badania odbiorcze”, np. dla przewodu $\leq DN 20$ instalacji c.w.u. temperatura do $60^\circ C$ biegnącego w części ogrzewanej budynku $t_i \geq 12^\circ C$ wymagana grubość izolacji wynosi 15 mm, przy współczynniku przewodzenia ciepła równym 0,035 W/mK. W przypadku budynków w standardzie NF15 wymagana grubość izolacji powinna być powiększona o współczynnik 1,5. Dobrze zaizolowane przewody zajmują znacznie więcej miejsca, co powinno być uwzględnione na etapie projektowym,
- wyposażyć ją w termostaticzne regulatory przepływu wody cyrkulacyjnej przez poszczególne piony instalacji ciepłej wody użytkowej,
- wyposażyć ją w liczniki ciepła umożliwiające monitoring jego zużycia i regulatory temperatury ciepłej wody użytkowej, na jej odpływie z sekcji podgrzewu c.w.u. o jak najmniejszych stałych czasowych. Układ regulacji powinien umożliwiać przeprowadzenie okresowej dezynfekcji termicznej instalacji,

- stosować pompy cyrkulacyjne o samoczynnej regulacji parametrów pracy, dostosowane do dużej zmienności przepływów cyrkulacyjnych. Pompy powinny być jednocześnie sterowane za pomocą układów termostatycznych tak, aby maksymalnie skrócić czas krążenia wody w obiegu cyrkulacyjnym. Zastosowane pompy, podobnie jak w systemie grzewczym, powinny charakteryzować się wysoką sprawnością - małym zużyciem energii elektrycznej - klasa A i wyższa,
- rozważyć wykorzystanie odnawialnych źródeł energii do przygotowania c.w.u., o ile jest to uzasadnione ekonomicznie.

Składowe sprawności układów grzewczych i instalacji do podgrzania ciepłej wody użytkowej – wytyczne obliczeniowe

Sprawność układów technologicznych i instalacji do podgrzania ciepłej wody użytkowej należy określać z uwzględnieniem wszystkich składowych sprawności w granicach bilansowych obiektu projektowanego wg:

- metodyki podanej w rozporządzeniu dotyczącej wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej budynków lub
- metodyki podanej w rozporządzeniu dotyczącej wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej budynków z uwzględnieniem danych i wytycznych szczegółowych udostępnionych przez producentów i dostawców urządzeń i technologii, lub
- w oparciu o udokumentowaną wiedzę techniczną.

Pozostałe, niezbędne dane i wymagania mające wpływ na wielkość zapotrzebowania na energię końcową można przyjmować na podstawie:

- norm i wytycznych obowiązujących w projektowaniu, określonych na podstawie przepisów odrębnych,
- materiałów informacyjnych oraz dokumentów producentów materiałów, urządzeń i technologii.

Uwaga: W przypadku zastosowania niekonwencjonalnych i odnawialnych źródeł energii, w tym wykorzystania ciepła odpadowego i kogeneracji, wskaźniki charakteryzujące wydajność energetyczną tych urządzeń i technologii powinny być określone we właściwy sposób dla średniorocznych rzeczywistych warunków i średniorocznych parametrów eksploatacyjnych na podstawie charakterystyk urządzeń/technologii podanych przez ich dostawców i producentów lub obliczone samodzielnie na podstawie dostępnej i udokumentowanej wiedzy technicznej.

W przypadku zastosowania instalacji kolektorów słonecznych wielkości uzyskanych efektów energetycznych należy udokumentować przy pomocy odpowiednich obliczeń, prawidłowości założeń, wielkości wskaźników itp.

Powyższe dotyczy również przypadków zastosowań takich rozwiązań jak pompy ciepła, gruntowe powietrzne wymienniki ciepła itp.

2.2.5. *Określenie minimalnych wymagań dotyczących standardów i jakości wykonania układów oświetleniowych*

Oświetlenie mieszkania oprócz spełnienia warunku oszczędności, efektywności energetycznej powinno również spełniać warunki estetyczne, zapewniać komfort psychiczny, uczucie przyjemności oraz zapewniać warunki bezpieczeństwa, sprawne postrzeganie przy pełnej zdolności rozróżniania przedmiotów i otoczenia bez ryzyka dla mieszkańców. Przy projektowaniu oświetlenia należy uwzględnić w jakim celu jest ono tworzone, spełniając jednocześnie wymogi oświetleniowe takie jak: równomierność oświetlenia, poziom

luminancji, poziom natężenia oświetlenia, dostateczny kontrast. Podstawowy podział oświetlenia dla budynków mieszkalnych:

1. Oświetlenie podstawowe, ogólnofunkcyjne
2. Oświetlenie do pracy, robocze
3. Oświetlenie dekoracyjne, akcentująco-efektowe.

W mieszkaniach występują zazwyczaj pomieszczenia typowo podzielone na: przedpokój/korytarz, pokój dzienny/jadalnia, kuchnia, sypialnia, łazienka, taras, garaż. Pomieszczenia mogą zawierać wszystkie wcześniej wspomniane typy oświetlenia:.

Strefa wejściowa — (korytarze, przedpokoje, klatki schodowe): „oświetlenie na wejście” oświetlenie łączące światło wnętrza mieszkalnego ze światłem zewnętrznym. Montowanie żarówek halogenowych dających białe światło umożliwia uzyskanie wrażenia większego pomieszczenia poprzez skierowania światła na sufit — światło pośrednie dobrze rozświetlające całość. Dodatkowo mogą posłużyć do wyeksponowania elementów dekoracyjnych. Nowoczesne źródła halogenowe o mocach rzędu 35W zastępują standardowe żarówki halogenowe 50W, a najnowocześniejsze rozwiązania LED to zamienniki o mocy ok. 5W. W miejscach długiego użytkowania oświetlenia (schody, przedsionki) zalecane jest stosowanie rozwiązań najbardziej energooszczędnych typu świetlówek kompaktowych oraz opraw LED.

Pokój dzienny — poprzez bardzo różnorodny charakter tego typu pomieszczeń oświetlenie powinno być dobrane w taki sposób by uwzględniać wszystkie te cechy. Zostanie to zrealizowane poprzez zastosowanie oświetlenia centralnego oraz dodatkowego (kinkiety czy lampy stojące, wbudowane lampy halogenowe). Do zastosowania istnieje szeroki wybór rozwiązań od źródeł LED o mocy 4W zastępujących halogeny 20W, poprzez oprawy dekoracyjne ogólnego przeznaczenia na źródłach LED-owych o mocach np.: 7W zastępujących żarówkę 40W, do zamienników żarówek typowych pod względem budowy oraz zastosowanych typowych trzonek E14 oraz E27 dających możliwość zmniejszenia mocy: 3W za 15W, 6W za 25W, 8W za 40W, 12W za 60W. Dostępne w ciepłobiałej barwie światła, do zastosowań w oprawach zamkniętych i otwartych, charakteryzujące się wysoką trwałością, rozsyłem światła jak lampy żarowe, brakiem promieniowania IR oraz UV przy niskiej emisji ciepła.

Kuchnia, łazienka, obszary robocze — w pomieszczeniach tego typu ze względu na wykonywanie częstych i złożonych prac wzrokowych wymagane jest oświetlenie o właściwych parametrach ilości i jakości światła z uwzględnieniem odpowiedniego kierunku jego padania. Pomieszczenia tego typu powinny posiadać oświetlenie ogólne zapewniające właściwy poziom natężenia oświetlenia poprzez wykorzystanie rozświetlenia ścian i sufitów oraz oświetlenie miejsc pracy typu blat kuchenny, biurko, stół, lustro w łazience. Zastosowanie większej ilości opraw o małej lub średniej mocy z odpowiednio szerokim rozsyłem światła pozwoli wyeliminować powstawanie wyraźnych cieni. Zainstalowanie górnego oświetlenia równoległe do powierzchni okna (poprzez rząd punktów świetlnych bądź oprawy świetlówkowe z odpowiednim kloszem) pozwoli zrekomensować brak światła dziennego. Oświetlenie miejsc pracy w kuchni usytuowanych zazwyczaj pod szafkami wiszącymi powinno być zrealizowane poprzez specjalne płaskie oprawy montowane pojedynczo bądź grupowo z zastosowaniem źródeł halogenowych, świetlówek kompaktowych, LED o wysokim wskaźniku oddawania barw. Oświetlenie miejsc typu stoły i biurka powinno być realizowane poprzez oprawy zwieszakowe (stoły ogólne, jadalne) lub odpowiednie lampy biurkowe. Miejsca typu lustro powinny być dodatkowo doświetlane tak by zapewnić dużo światła i mało cieni, czyli światło ogólne padające z góry powinno być wspomagane przez światło zamontowane wokół lustra. Rozwiązania na bazie LED dają możliwość zamiany halogenów 35W, 50W odpowiednikami LED 4W, 7W; niskonapięciowych halogenów 20W, źródłem LEDspot 4W (oświetlenie akcentujące); kapsułki halogenowe 10W na 2,5W LEDcapsule o wysokim bezpieczeństwie użytkowania do doświetlenia m.in. luster w

łazienkach. Dostępne są również LED-owe zamienniki świetlówek klasycznych TL-D odpowiednio zmniejszające zużycie energii z 36W TL-D do 25W LEDtube.

Sypialnia — pomieszczenie ze względu na swój charakter powinno cechować się światłem ciepłymi, spokojnym i przyjemnym. Technologicznie oświetlenie powinno być zrealizowane z odpowiednim doбором barwy światła zarówno przez światło centralne jak i punktowe zapewniające odpowiednie poziomy oświetlenia miejsc pracy np. kącik do czytania czy biurko.

Oprócz doboru typu i usytuowania opraw oświetleniowych ze względu na charakter pomieszczenia, należy uwzględnić ogólne założenia pozwalające na zmniejszenie zużycia energii przy oświetleniu:

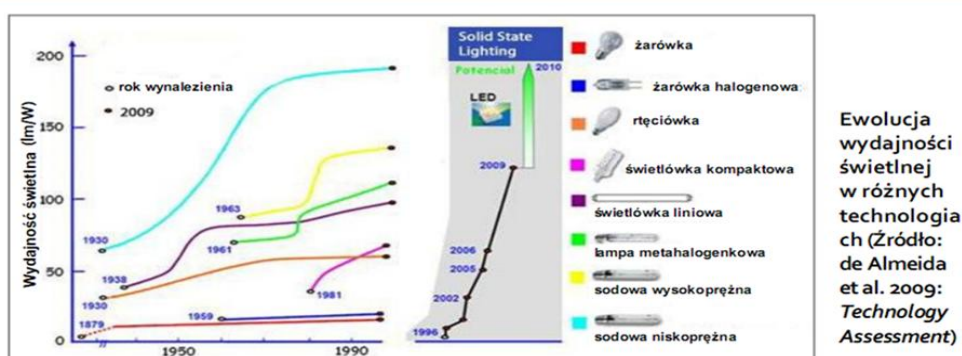
- Powierzchnia oświetlana (odbijająca światło) postrzegana przez człowieka jest dla niego również źródłem światła – należy zatem wykorzystać światło odbite odpowiednio dobierając kolorystykę ścian i sufitów, zwiększając ich współczynnik odbicia poprawiamy ogólne doświetlenie pomieszczeń.
- Poprzez rozmieszczenie większej ilości energooszczędnych źródeł światła w pomieszczeniu uzyskujemy możliwość dostosowania światła do różnych potrzeb oraz poprawienie efektu energooszczędnego poprzez zmniejszenie zużywanej energii. Zapewnienie odpowiedniego poziomu natężenia oświetlenia dla potrzeb czytania poprzez źródło centralne (np.: jeden główny żyrandol) jest bardziej energochłonne niż poprzez oświetlenie miejscowe (lampa biurkowa bądź kinkiet w miejscu czytania). Uzyskujemy możliwość dostosowywania scenariusza oświetleniowego do danych czynności wykonywanych w pomieszczeniu.
- Dalsze możliwości oszczędności energii daje zastosowanie sterowania oświetleniem. Sterowanie polega na automatycznym wyłączaniu, ściemnianiu i rozjaśnianiu opraw jak i grupy opraw w zależności od panujących warunków lub zadanych (zaprogramowanych) wcześniej scenariuszy oświetleniowych dla określonej pory dnia. Zintegrowanie systemu sterowania oświetleniem z innymi systemami, np.: sterowanie żaluzjami, czujniki ruchu, wyłączniki czasowe jak i system alarmowy podnosi nie tylko efektywność energetyczną, ale również poczucie bezpieczeństwa. Poprzez przełączenia systemu alarmowego możemy sterować oświetleniem uzyskując wyłączenie oświetlenia w mieszkaniu przy załączeniu systemu alarmowego „na wyjście”, a w przypadku włączenia funkcji „panika” załączenie światła w całym domu (wewnątrz i na zewnątrz). Odpowiednie zintegrowanie systemu oświetleniowego z systemem sterowania żaluzjami pozwoli na redukcję oświetlenia w przypadku doświetlenia pomieszczeń światłem zewnętrznym poprzez odpowiednią regulację żaluzji okiennych. Integracja systemów sterowania pozwala na realizację scenariuszy oświetleniowych odpowiednio dobranych do realizowanych zadań np.: przejście z garażu czy na klatkach schodowych do mieszkania z wykorzystaniem czujników ruchu pozwala zrealizować „światło kroczące” oświetlające odpowiednią drogę w chwili wykrycia użytkownika i tylko w miejscu gdzie jest potrzebne światło. Sterowanie oświetleniem może odbywać się automatycznie poprzez wykorzystanie wszelkiego rodzaju czujników jak i być dostosowywane do potrzeb użytkownika przez sterowanie na zamontowanych panelach, pilotem bądź z komputera, obecnie nawet z niektórych telefonów GSM.

Oprawy i źródła dobierane przy projektowaniu oświetlenia efektywnego energetycznie powinny cechować się:

- **dużą skutecznością świetlną** – uzyskujemy dzięki temu jednostkowe oszczędności energii na każdym źródle;

- **zmniejszeniem potrzeb konserwacji** – poprzez zastosowanie opraw wykonanych z łatwych do oczyszczenia materiałów (szkło, plastik, metal) zmniejszamy koszty konserwacji i poprawiamy skuteczność świetlną całej oprawy;
- **większą trwałością** – uzyskujemy redukcję odpadów i konieczności częstej wymiany sprzętu;
- **wysokim komfortem i bezpieczeństwem pracy** – poprzez zastosowanie rozwiązań dających białe (naturalne) światło, dobre oddawanie barw, niskie temperatury pracy, bezmigotliwy zapłon, ograniczenie promieniowania IR i UV, regulację poziomu natężenia światła, oddzielne wyłączniki, możliwość grupowania punktów świetlnych.

Typ źródła światła	Długość życia (godziny)	Wydajność świetlna (lm/W)
Żarówka	750-2,000	10-18
Żarówka halogenowa	3,000-4,000	15-20
Światłówka kompaktowa (CFL)	8,000-10,000	35-60
Światłówka liniowa	20,000-30,000	50-100
Białe diody LED wysokiej mocy	35,000-50,000	30-150



Rysunek 12. Ewolucja źródeł światła

Zalecenia dotyczące stosowania oświetlenia:

1. Wielkość zainstalowanej mocy jednostkowej w źródłach światła w przeliczeniu na 1 m² powierzchni użytkowej mieszkania nie powinna przekraczać 8 – 10 W/m². Realizację takiego warunku umożliwia łączne stosowanie oświetlenia LED i oświetlenia świetłówkowego.
2. W pomieszczeniach rzadko używanych i krótko oświetlanych należy stosować źródła światła odporne na częste włączanie i charakteryzujące się niskim kosztem energetycznym rozruchu,
3. W budynku należy stosować oświetlenie ogólne i oświetlenie strefowe umożliwiające oświetlanie wyłącznie stref pracy i stref użytkowanych przez użytkowników,
4. W maksymalnym stopniu należy wykorzystywać możliwości oświetlania pomieszczeń światłem dziennym, również poprzez zastosowania elementów zacinających okna od strony wewnętrznej dających się w sposób łatwy otwierać.
5. Wielkość natężenia oświetlenia dostosowywać do potrzeb i wymaganych natężeń na powierzchniach roboczych,
6. Oświetlenie terenów zewnętrznych wokół budynków stosować w minimalnym stopniu, niezbędnym dla zaspokojenia potrzeb funkcjonalnych.

2.2.6. Określenie minimalnych wymagań dotyczących standardów energetycznych urządzeń elektrycznych w budynku

Budynek NF15 i NF40 należy traktować jako kompleksowy układ materiałów, urządzeń, technik instalacyjnych i technik sterowania, ściśle ze sobą połączonych i współpracujących, w celu osiągnięcia efektu w postaci niskiego lub bardzo niskiego zapotrzebowania na energię w długim (kilkudziesięcioletnim) okresie użytkowania.

Istotne zatem jest, aby przy wysokim lub bardzo wysokim standardzie ochrony cieplnej budynków i przy bardzo wysokiej sprawności przetwarzania energii pierwotnej na energię użyteczną do celów grzewczych i przygotowania c.w.u., zapewnić również dużą efektywność wykorzystania energii elektrycznej w urządzeniach powszechnego użytku.

Poza oświetleniem, innymi istotnymi elementami wyposażenia i instalacji, których jakość istotnie wpływa na wielkość zużycia energii elektrycznej są:

- Napędy urządzeń i instalacji (silniki elektryczne)
- Pompy
- Urządzenia AGD
- Windy

2.2.6.1. Napędy urządzeń i instalacji (silniki elektryczne)

Czynniki istotnie wpływające na prawidłowe i efektywne energetycznie funkcjonowanie napędów elektrycznych w urządzeniach i instalacjach budynków, to:

- Sprawność
- Właściwy dobór silnika do konkretnych zastosowań i potrzeb

Właściwy dobór silnika do konkretnego urządzenia, jest zagadnieniem trudnym, wymaga przeanalizowania wielu parametrów jego pracy i obciążeń i często popełniane są w tym procesie błędy. Zasady, którymi należy kierować się przy doborze tych urządzeń są następujące:

- moc silnika powinna być dobrana w sposób prawidłowy (przewymiarowanie silników powoduje nadmierne zużycie energii), tak aby możliwa była jego praca ze średnią mocą równą 75 do 100% mocy nominalnej,
- wartość napięcia i częstotliwość znamionowa silnika powinna być równa wartości napięcia i częstotliwości sieci zasilającej,
- do napędów o stałej prędkości obrotowej należy stosować indukcyjne silniki prądu przemiennego,
- znamionową prędkość obrotową należy dobrać do prędkości dostosowanej do wymagań napędzanego urządzenia, a w przypadku konieczności uzyskania zmiennych prędkości obrotowych stosować:
 - silniki wielobiegowe;
 - motoreduktory;
 - przekładnie mechaniczne;
 - przetwornice częstotliwości.

Ponadto, nieodzownym elementem prawidłowej eksploatacji urządzeń jest przestrzeganie wymogów i zaleceń w zakresie eksploatacji i konserwacji urządzeń.

Komisja Europejska przyjęła w lipcu 2009 roku rozporządzenie 640/2009 w sprawie wdrażania Dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady dotyczącej wymogów ekoprojektu dla silników elektrycznych. W wyniku przyjęcia tego rozporządzenia zostały wprowadzone, jako obowiązkowe na terenie Unii Europejskiej, wymogi dotyczące efektywności energetycznej sprzedawanych na rynku unijnym silników indukcyjnych 2, 4 i 6-biegunowych.

Określony w tym rozporządzeniu harmonogram wprowadzania wymogów zgodnych z klasyfikacją IE stanowi, że silniki o mocy znamionowej w granicach 0,75–375 kW muszą odpowiadać co najmniej klasie sprawności:

- IE2 - od 16 czerwca 2011 r.,
- IE3, lub IE2 oraz być wyposażone w układ płynnej regulacji prędkości obrotowej - od dnia 1 stycznia 2015 r.,

Od 1 stycznia 2017 r. wszystkie silniki będą musiały być zgodne z wymaganiami IE3 lub IE2 oraz być wyposażone w układ płynnej regulacji prędkości obrotowej.

Z uwagi na powszechną dostępność na rynku silników (napędów) o klasie IE3, zaleca się stosowanie w budynkach NF15 i NF40 wyłącznie silników spełniających wymagania dla tej klasy.

Klasyfikację i oznakowanie IE wprowadzono normą z serii IEC 60034-30 Rotating electrical machines – Part 30: Efficiency classes of single-speed, three-phase, cage-induction motors (IE-code) z 2008 roku. Nowy sposób klasyfikacji obowiązuje dla silników 2, 4 i 6-biegunowych o mocach od 0,75 do 375 kW i napięciu znamionowym do 1000 V. Dokument określa trzy poziomy sprawności dla silników:

- IE1 – silniki standardowe (standard),
- IE2 – silniki o podwyższonej sprawności (high efficiency),
- IE3 – najwyższy poziom sprawności (premium).

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.

W poniższej tabeli przedstawiono wymagania dla silników o najczęściej spotykanych w budynkach mocach nominalnych do 15 kW.

Tabela 26. Klasy sprawności dla silników 2, 4 i 6 biegunowych

kW	IE2			IE3		
	2 bieg	4 bieg	6 bieg	2 bieg	4 bieg	6 bieg
0,75	≥ 77,4	≥ 79,6	≥ 75,9	≥ 80,7	≥ 82,5	≥ 78,9
1,1	≥ 79,6	≥ 81,4	≥ 78,1	≥ 82,7	≥ 84,1	≥ 81,0
1,5	≥ 81,3	≥ 82,8	≥ 79,8	≥ 84,2	≥ 85,3	≥ 82,5
2,2	≥ 83,2	≥ 84,3	≥ 81,8	≥ 85,9	≥ 86,7	≥ 84,3
3,7	≥ 84,6	≥ 85,5	≥ 83,3	≥ 87,1	≥ 87,7	≥ 85,6
5,5	≥ 85,8	≥ 86,6	≥ 84,6	≥ 88,1	≥ 88,6	≥ 86,8
7,5	≥ 87,0	≥ 87,7	≥ 86,0	≥ 89,2	≥ 89,6	≥ 88,0
11	≥ 88,1	≥ 88,7	≥ 87,2	≥ 90,1	≥ 90,4	≥ 89,1
15	≥ 89,4	≥ 89,8	≥ 88,7	≥ 91,2	≥ 91,4	≥ 90,3

2.2.6.2. Pompy

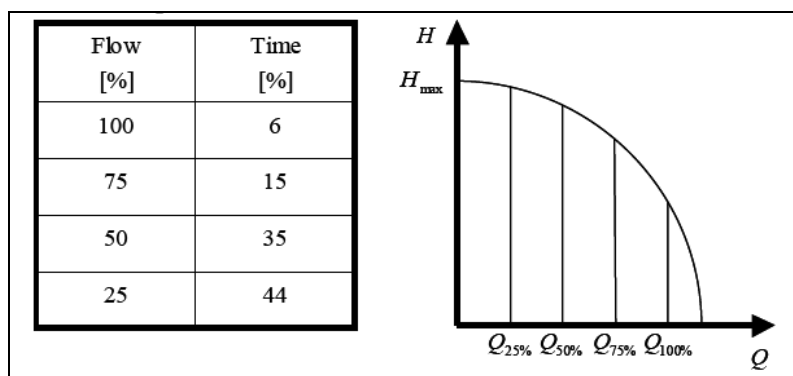
Pompy w budynkach wykorzystywane są praktycznie we wszystkich przypadkach, jako pompy obiegowe w układach grzewczych i pompy cyrkulacyjne oraz pompy ładujące w układach przygotowania c.w.u.

W styczniu 2005 r., na podstawie wcześniejszych analiz (EU SAVE II Project Promotion of Energy Efficiency in Circulation Pumps, especially in Domestic Heating Systems 1999 -2001, Classification of Circulators – Raport Grupy Roboczej nr 13 (WG13) Europump luty 2003) EUROPUMP - EUROPEAN ASSOCIATION OF PUMP MANUFACTURERS (Europejskie Stowarzyszenie Producentów Pomp) w uzgodnieniu z Komisją Europejską zaproponowało dobrowolne porozumienie producentów pomp dotyczące wprowadzenia klasyfikacji pomp obiegowych w celu poprawy sprawności urządzeń oferowanych na rynku.

Załącznik 2 do dokumentu tego porozumienia (Industry Commitment To improve the energy performance of Stand-Alone Circulators Through the setting-up of a Classification Scheme In relation to Energy Labelling), opublikowany w styczniu 2005 r., opisuje w sposób szczegółowy procedurę wyznaczania wskaźnika efektywności energetycznej pompy dla zadanego profilu obciążenia, typowego dla systemów grzewczych i ciepłowniczych (03).

Stowarzyszenie skupia 18 członków reprezentujących krajowe stowarzyszenia producentów i sprzedawców pomp.

Profil obciążenia dla wyznaczenia wskaźnika efektywności energetycznej.



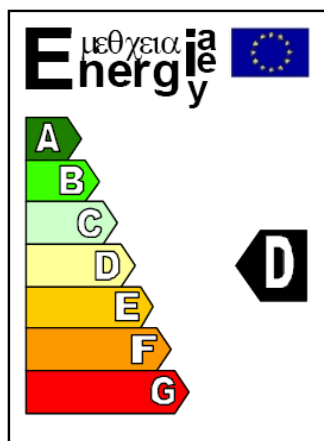
Rysunek 13. Profil obciążenia dla wyznaczenia wskaźnika efektywności energetycznej.

W zależności od wyznaczonego wskaźnika efektywności energetycznej pompy klasyfikowane są w kategorii sprawności od A (najlepsze) do G (najgorsze) w sposób przedstawiony w 0.

Tabela 27. Klasy sprawności w zależności od wskaźnika efektywności energetycznej pompy

Klasa efektywności energetycznej	Wskaźnik Efektywności Energetycznej (EEI)
A	$EEI < 0,40$
B	$0,40 \leq EEI < 0,60$
C	$0,60 \leq EEI < 0,80$
D	$0,80 \leq EEI < 1,00$
E	$1,00 \leq EEI < 1,20$
F	$1,20 \leq EEI < 1,40$
G	$1,40 \leq EEI$

Na podstawie oceny klas sprawności pomp tworzona jest etykieta energetyczna przedstawiona na Rysunku 14, która powinna być zamieszczona w widocznym miejscu na pompie i/lub opakowaniu. Za treść etykiety i zgodność z rzeczywistością zamieszczonych na niej danych z odpowiada producent.



Rysunek 14. Etykieta - klasy efektywności energetycznej pomp obiegowych

Należy również zwrócić uwagę, że podstawowym warunkiem wykorzystania walorów energooszczędnej pompy obiegowej jest prawidłowe określenie jej rzeczywistych parametrów pracy oraz prawidłowy dobór (właściwe zaprojektowanie).

W odniesieniu do budynków NF15 i NF40 zaleca się stosowanie co najmniej pomp o klasach odpowiednio A i B.

2.2.6.3. Urządzenia AGD

Urządzenia AGD w budynkach mieszkalnych stanowią jeden z bardziej istotnych czynników wpływających na zużycie energii. Stąd też w przypadku analizowania ich zastosowania w budynkach NF15 i NF40 istotne jest stosowanie urządzeń o najwyższym dostępnym na rynku standardzie energetycznym. Z reguły zastosowanie takiego urządzenia wiąże się z uzyskaniem najniższych kosztów łącznych w całym cyklu użytkowania (analizowanym przy wykorzystaniu metod dyskontowych), uwzględniającym koszty zakupu urządzenia i koszty eksploatacji w założonym okresie.

Podstawowe urządzenia wykorzystywane w budynkach mieszkalnych, to:

- Chłodziarki, zamrażarki i chłodziarko zamrażarki
- Suszarki bębnowe
- Pralki bębnowe
- Pralko-suszarki
- Zmywarki do naczyń
- Piekarniki elektryczne

Efektywność energetyczna tych urządzeń wyrażana jest przez klasę efektywności energetycznej określoną oznaczeniami literowymi od A+++ , A++ , A+ , A do G odpowiednio dla urządzeń najbardziej efektywnych energetycznie do najbardziej energochłonnych. Obecnie trudno spotkać urządzenia o klasie niższej niż B, co wynika z faktu, że postęp w zakresie wzrostu efektywności energetycznej tych urządzeń jest szybszy niż procedura zmiany klasyfikacji. Tak więc ilość plusów „+” oznacza, o ile urządzenia są bardziej efektywne energetycznie niż klasa A, uznawana kiedyś za najbardziej efektywną energetycznie.

Poniżej, w tabeli 28 zaprezentowano minimalne wymagania, które powinno się obecnie stosować przy wyborze urządzeń AGD.

Tabela 28. Minimalne wymagania, które powinno się obecnie stosować przy wyborze urządzeń AGD.

l.p.	Kryteria	Standard NF15	Standard NF40
1.	Chłodziarki i chłodziarko zamrażarki	A ⁺⁺	A ⁺
2.	Zamrażarki	A ⁺⁺⁺	A ⁺⁺
3.	Suszarki bębnowe	A	A
4.	Suszarki kondensacyjne	A	A
5.	Pralki bębnowe	A ⁺⁺⁺	A ⁺⁺
6.	Pralko-suszarki	A	A
7.	Zmywarki do naczyń	A ⁺⁺⁺	A ⁺⁺
8.	Piekarniki elektryczne	A	A

2.2.6.4. Windy

Zużycie energii elektrycznej przez urządzenia dźwigowe w budynkach mieszkalnych mieści się w przedziale od 3 do 8% ogólnego zużycia. Poprawa efektywności energetycznej każdego urządzenia dźwigowego korzystającego z energii elektrycznej powinna być postrzegana jako istotna metoda obniżenia poziomu emisji gazów cieplarnianych, co z kolei ma zasadniczy wpływ na zmiany klimatyczne na świecie.

Efektywność energetyczną urządzeń dźwigowych określa stosunek uzyskanej wielkości efektu użytkowego danego urządzenia, w typowych warunkach jego użytkowania i eksploatacji, do ilości energii zużytej przez to urządzenie, niezbędnej do uzyskania tego efektu. Efektem użytkowym uzyskanym w wyniku dostarczenia energii do danego urządzenia dźwigowego jest wykonanie pracy mechanicznej, zapewnienie odpowiedniej informacji, bezpieczeństwa użytkowania dźwigu i jego odpowiedniego oświetlenia (komfortu widzenia).

Od instalacji windowych wymaga się przede wszystkim bezpieczeństwa w użytkowaniu, a dopiero później aby były funkcjonalne, trwałe i estetyczne.

Zasadniczymi elementami rozpatrywanymi podczas projektowania instalacji windowych jest komfort jazdy, maksymalne wykorzystanie przestrzeni do ruchu obiektu windy, bezpieczeństwo, niezawodność i pewność działania. Takie podejście powoduje, że faktycznie tylko niecałe 20% energii elektrycznej wykorzystywane jest do celu transportu i przemieszczania się windy.

W zależności od konfiguracji pracy dźwigu, ilości przystanków, pracy dźwigu w grupie lub pojedynczo oraz współczynnika zrównoważenia C_{bal} , wartość energii pobieranej na cykl jest odpowiednio korygowana współczynnikami:

Tabela 29. C_{aml} – współczynnik średniego obciążenia silnika

Technologia	C_{aml}
Dźwig linowy zrównoważenie 50% bez układu rekuperacji energii	0,35
Dźwig linowy zrównoważenie 50% z wciągarką bezreduktorową z rekuperacją	0,35
Dźwig hydrauliczny bez przeciwwagi	0,30

Tabela 30. C_{atd} – współczynnik średniej drogi przejazdu

Ilość przystanków	Współczynnik średniej drogi c_{atd}
2 przystanki	Max wys. podnoszenia
Więcej niż 2 przystanki	0.5 * Max wys. podnoszenia
Więcej niż jeden dźwig w grupie i więcej niż 2 przystanki na dźwig	0.3 * Max wys. podnoszenia

Po określeniu wszystkich parametrów geometryczno - energetycznych dźwigu takich jak:

- wysokość podnoszenia
- ilość cykli jazdy rocznie
- energia jazdy i postoju
- współczynniki korekcyjne

należy ocenić zapotrzebowanie dźwigu na energię jazdy i energię postoju.

Energia jazdy [kWh]- energia potrzebna do wykonania zadanej pracy. Jest to energia cyklu pracy całego urządzenia pomniejszona o energię zużywaną podczas postoju dźwigu.

Energia potrzeb własnych [kWh] – energia zużywana przez mechanizmy, systemy sterowania i oświetlenia dźwigu zarówno gdy dźwig ten nie wykonuje jazdy czy nie.

Współczynnik efektu użytkowego (jazdy) urządzenia dźwigowego [mWh] - współczynnik efektywności układu napędowego określający ilość energii elektrycznej niezbędnej do podniesienia na wysokość 1 m i opuszczenia ładunku o masie 1 kg.

Wymaga się, aby współczynnik efektywności transportu dźwigu lub grupy dźwigów, czyli ilość energii zużywanej na podniesienie 1kg ładunku na wysokość 1m, był nie większy od wartości 0,36 mWh/(kg*m).

Ponadto zużycie energii na potrzeby własne dźwigu z pominięciem oświetlenia, powinno być mniejsze niż 100W.

Oświetlenie kabiny powinno być zaprojektowane w taki sposób, aby moc jednostkowa nie przekraczała 5 W/m² powierzchni podłogi kabiny. Spełnienie wymogów energetycznych musi być w pełni zgodne z normami dźwigowymi dotyczącymi instalacji nowych dźwigów w istniejących szynach (EN-PN 81-28)

2.3. Określenie zasad eliminacji mostków cieplnych w konstrukcji budynków (krótkie wytyczne konstrukcyjne)

Mostki cieplne to miejsca, w których mamy do czynienia z wielowymiarową wymianą ciepła, zazwyczaj większą od wymiany przez regularną część przegrody. Wyróżnia się dwa rodzaje mostków. Pierwsze z nich, geometryczne, występują wszędzie tam, gdzie powierzchnia przegrody od strony zewnętrznej jest różna od powierzchni przegrody od strony wewnętrznej. Drugi rodzaj mostków ciepła to mostki konstrukcyjne powstające w miejscach pocienienia lub przerwania warstwy izolacji oraz niejednorodności konstrukcji przegrody. Ten rodzaj mostków musi być bezwzględnie eliminowany z budynków wznoszonych w standardzie NF40 i NF15. Mostki cieplne konstrukcyjne dzielimy na liniowe – o jednakowym przekroju poprzecznym w jednym kierunku i punktowe – bez jednakowego przekroju poprzecznego, np. spowodowane przez kotwy w przegrodach wielowarstwowych.

Wykonane analizy energetyczne budynków mieszkalnych jednorodzinnych i wielorodzinnych dowiodły, że aby osiągnąć standard NF40 konieczne jest zastosowanie takich rozwiązań dotyczących detali konstrukcyjnych, aby wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła w miejscach mostków wynosiła maksymalnie 0,10 W/mK, za wyjątkiem płyt balkonowych dla których współczynnik nie powinien przekraczać 0,20 W/mK. Dla standardu NF15 wymagania są ostrzejsze, ponieważ współczynnik Ψ_e może być równy maksymalnie 0,01 W/mK [11]. Obydwa wymagania odnoszą się do wartości liniowych współczynników przenikania ciepła określonych w odniesieniu do wymiarów zewnętrznych. Mniejsze wymagania dotyczące płyty balkonowej w standardzie NF40 wynikają z faktu, że dla osiągnięcia współczynnika $\Psi_e \leq 0,20$ W/mK nie jest konieczne stosowanie samonośnych balkonów. Wystarczą

rozwiązania ograniczające w znacznym stopniu straty przez ten węzeł konstrukcyjny takie jak zaizolowanie płyty dookoła lub zastosowanie łączników z przekładką z materiału izolacyjnego. W standardzie NF15 tego typu rozwiązania będą niewystarczające.

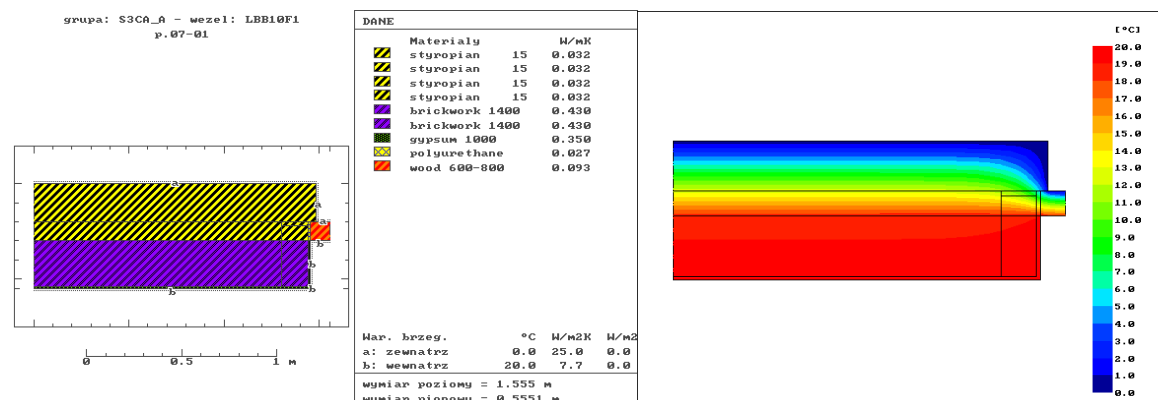
Tabela 31. Wymagane wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e dla standardu NF40 i NF15

Standard	Wartość Ψ_e (po wymiarach zewnętrznych), W/mK
NF40	$\Psi_e \leq 0,10$ W/mK $\Psi_e \leq 0,20$ W/mK – tylko dla płyt balkonowych
NF15	$\Psi_e \leq 0,01$ W/mK

Problem mostków cieplnych należy rozwiązać w budynkach o niskim zapotrzebowaniu na energię, już na etapie projektowym. Ograniczenie ilości mostków do minimum w konstrukcji budynku osiąga się poprzez zachowanie ciągłości warstwy izolacji w przegrodach zewnętrznych i na ich połączeniach. Do miejsc szczególnie narażonych na powstanie mostków cieplnych i wymagających poprawnego rozwiązania detali konstrukcyjnych należą:

- połączenia ościeznica-ościeże występujące w otworach pionowych okiennych i drzwiowych, puszki rolet, progi drzwi balkonowych i wejściowych,
- połączenie ościeznica-dach występujące przy oknach dachowych,
- płyty balkonowe, daszki, gzymsy, loggie, gdzie dochodzi do przerywania 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,
- podciągi, stropy nadwieszane, tarasy,
- kominy, systemy odprowadzania wody deszczowej,
- montaż barierek, daszków, elewacji drewnianych.

Na potrzeby projektowania detali konstrukcyjnych wolnych od mostków cieplnych należy stosować programy komputerowe, lub katalogi mostków cieplnych, które pozwolą na precyzyjne określenie wartości Ψ_e . Metodyka obliczeń wykorzystana w programach komputerowych powinna być zgodna z normą PN-EN ISO 10211 „Mostki cieplne w budynkach - Strumienie ciepła i temperatury powierzchni - Obliczenia szczegółowe”. Do sporządzania charakterystyk energetycznych budynków nie należy stosować wartości orientacyjnych podanych w załączniku normy PN-EN ISO 14683 „Mostki cieplne w budynkach. Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne”, gdyż są one obarczone zbyt dużym błędem (niepewność od 0 do 50%);



Rysunek 15. Przykład montażu stolarki okiennej w warstwie izolacji oraz izolacją nachodzącą na ramę okienną, współczynnik $\Psi = 0,01 \text{ W/mK}$ (źródło: EUROKOBRA)

Podstawowe reguły projektowania budynków wolnych od mostków cieplnych są następujące:

- warstwa izolacji powinna otaczać w sposób ciągły i nieprzerwany całą ogrzewaną część budynku,
- wszędzie tam, gdzie jest to możliwe, należy unikać przerw, pocienienia lub przebić w warstwie izolacji,
- jeżeli przebicie warstwy izolacji jest nie do uniknięcia, współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda \text{ W/mK}$ materiału przebijającego w obszarze warstwy izolacji powinien być możliwie jak najniższy. Materiały, które można stosować w miejscu przebić, to np. gazobeton, drewno, szkło piankowe, purenit,
- połączenia przegród powinny być zaizolowane w sposób ciągły i nieprzerwany, a więc np. warstwa izolacji dachu powinna łączyć się na całej długości z izolacją ściany zewnętrznej,
- w projekcie budynku powinno się unikać ostrych krawędzi, gdyż są one trudne do zaizolowania, np. szczególnie trudno jest zachować ciągłość izolacji w okolicach lukarn,
- należy stosować rozwiązania sprzyjające zachowaniu ciągłości izolacji, np. samonośne balkony i klatki schodowe oraz posadowienie na płycie fundamentowej.

2.4. Przykładowe rozwiązania detali konstrukcyjnych dla budynków w standardzie NF40 i NF15

Eliminacja mostków cieplnych w budynkach o niskim zapotrzebowaniu na energię ma kluczowe znaczenie dla osiągnięcia zakładanego zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania. Bez poprawnego rozwiązania detali konstrukcyjnych spełnienie wymagań standardów NF40 i NF15 może być niemożliwe. Poniżej przedstawiono przykłady detali [12] opracowanych przy pomocy programu Therm, którego metodyka obliczeniowa jest zgodna z wymaganiami normy PN-EN ISO 10211. Podstawowym kryterium jakie przyjęto było osiągnięcie odpowiedniej wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e : dla budynków w standardzie NF40 $\leq 0,10 \text{ [W/mK]}$ (poza płytą balkonową dla której $\Psi_e \leq 0,20 \text{ [W/mK]}$) a dla budynków w standardzie NF15 $\leq 0,01 \text{ [W/mK]}$. Program oblicza średnią wartość współczynnika przenikania ciepła U dla całego detalu. Na podstawie tej wartości, obliczonych wartości U dla przegrody i znanych wymiarów określana jest wartość Ψ_e .

Podane wielkości liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e zostały policzone w odniesieniu do wymiarów zewnętrznych z następującego wzoru:

$$\Psi_e = UL - U_A L_A - U_B L_B, [W / mK]$$

gdzie:

U – średni współczynnik przenikania ciepła policzony programem dla detalu, $[W/m^2K]$,

L - całkowita długość detalu, $[m]$,

U_A – współczynnik przenikania ciepła dla przegrody A, $[W/m^2K]$,

L_A - długość przegrody o współczynniku U_A po wymiarach zewnętrznych, $[m]$,

U_B – współczynnik przenikania ciepła dla przegrody B, $[W/m^2K]$,

L_B - długość przegrody o współczynniku U_B po wymiarach zewnętrznych, $[m]$.

Przykładowe rozwiązania obejmują detale: połączenia ościeznica-ościeże, ścianki attykowej, płyty balkonowej i połączenia ściana zewnątrz z dachem skośnym. Współczynniki przewodzenia ciepła λ , W/mK materiałów budowlanych przyjęte do obliczeń podano w poniżej tabeli.

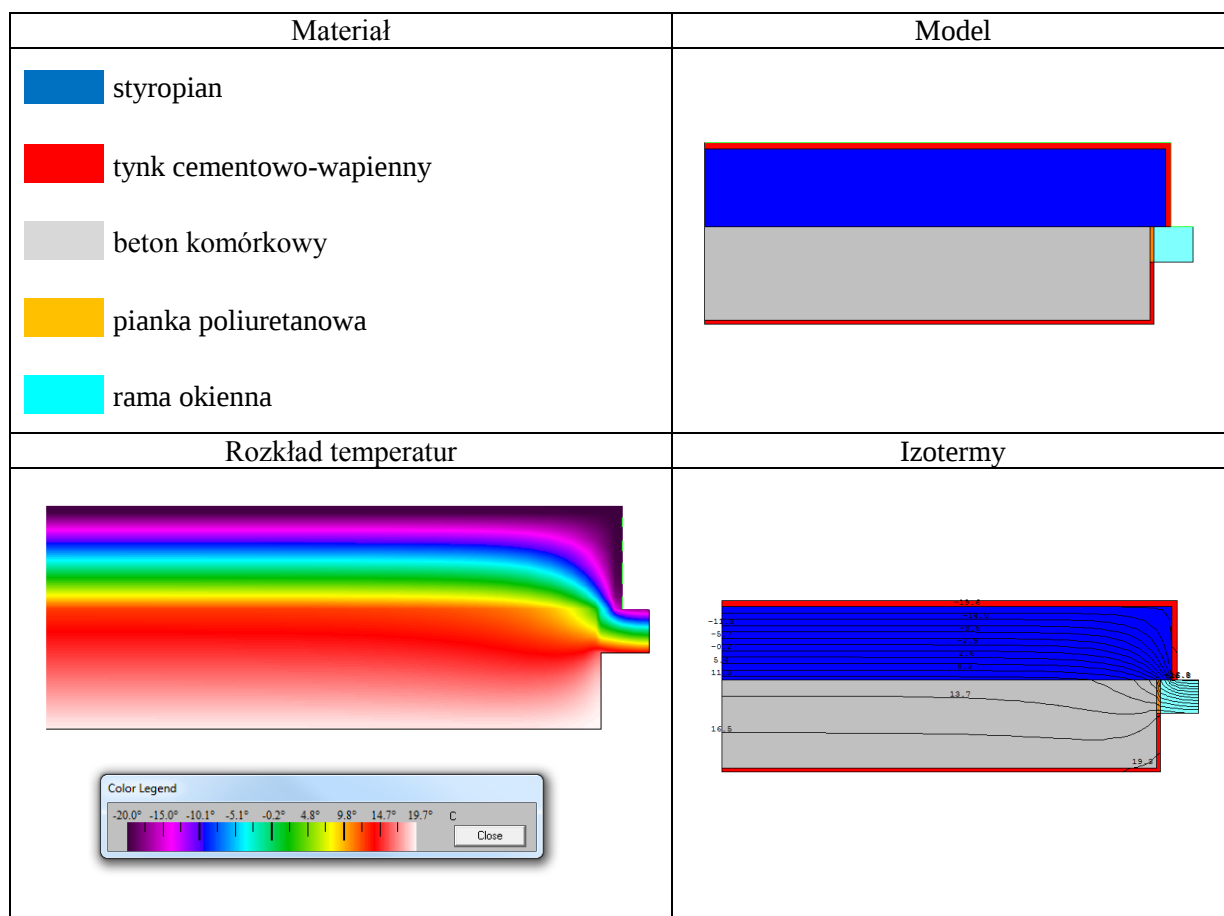
Tabela 32. Zestawienie użytych materiałów

Lp.	Materiał	Współczynnik przewodzenia ciepła λ $[W/mK]$
1.	 Styropian	0,044
2.	 Styropian (dla standardu NF40)	0,036
3.	 Styropian (dla standardu NF15)	0,032
4.	 Styropian XPS	0,036
5.	 Tynk cementowo-wapienny	0,68
6.	 Bloczki z betonu komórkowego	0,21
7.	 Wylewka	1,15
8.	 Parkiet z klepki dębowej	0,20
9.	 Pianka montażowa	0,036
10.	 Blacha ocynkowana	58
11.	 Papa	0,18
12.	 Wełna mineralna	0,039
13.	 Drewno	0,16
14.	 Bloczki keramzytobetonowe	0,42
15.	 Płyta gipsowo-kartonowa	0,23
16.	 Purenit	0,08
17.	 Beton	1,70
18.	 Beton zbrojony	1,70

2.4.1. Połączeni ościeżnica-ościeże

a. Rozwiązanie N40

Okno zmontowane na równo z zewnętrzną krawędzią ściany nośnej, izolacja nachodzi na ramę okienną na 3 – 4 cm.



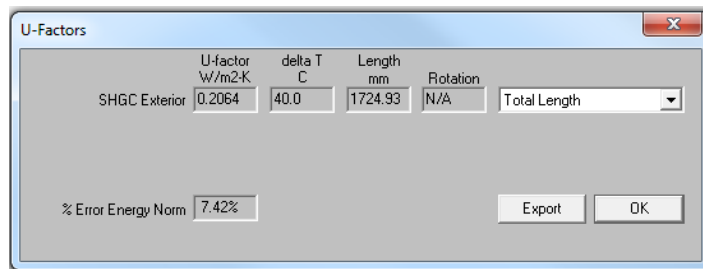
Wartość współczynnika przenikania ciepła U_A ściany zewnętrznej:

Opis	d	λ	R	U_c
	[m]	[W/mK]	[m²K/W]	[W/m²K]
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,13	-
Tynk cementowo-wapienny	0,01	0,68	0,015	-
Błoczki z betonu komórkowego	0,24	0,21	1,143	-
Styropian	0,2	0,036	5,556	-
Tynk cementowo-wapienny	0,015	0,68	0,022	-
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,04	-
Grubość całkowita i U_k	0,465	-	6,905	0,145

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla okna:

$$U_B = 1,3 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e :



$$U_A = 0,145 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$U_B = 1,3 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$L_A = 1,4 \text{ [m]}$$

$$L_B = 0,1 \text{ [m]}$$

$$L = 1,725 \text{ [m]}$$

$$\Psi = 0,2064 * 1,725 - 0,145 * 1,4 - 1,3 * 0,1 = 0,023 \left[\frac{W}{m * K} \right]$$

b. Rozwiązanie NF15

Okno zmontowane w warstwie izolacji poza ścianą nośną, izolacja nachodzi na ramę okienną na 3 – 4 cm.

Material	Model
styropian tynek cementowo-wapienny beton komórkowy pianka poliuretanowa rama okienna	
Rozkład temperatur	Izotermy

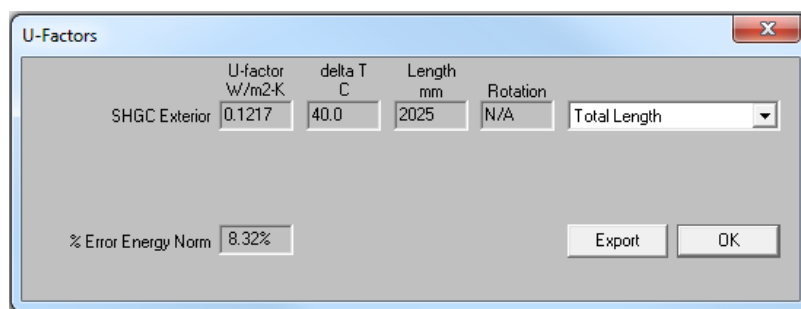
Wartość współczynnika przenikania ciepła U_A ściany zewnętrznej:

Opis	d	λ	R	U_c
	[m]	[W/mK]	[m²K/W]	[W/m²K]
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,13	-
Tynk cementowo-wapienny	0,01	0,68	0,015	-
Błoczki z betonu komórkowego	0,24	0,21	1,143	-
Styropian	0,3	0,032	9,375	-
Tynk cementowo-wapienny	0,015	0,68	0,022	-
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,04	-
Grubość całkowita i U_k	0,565	-	10,725	0,093

Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla okna:

$$U_B = 0,8 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e :



$$U_A = 0,093 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$U_B = 0,8 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$L_A = 1,7 \text{ [m]}$$

$$L_B = 0,1 \text{ [m]}$$

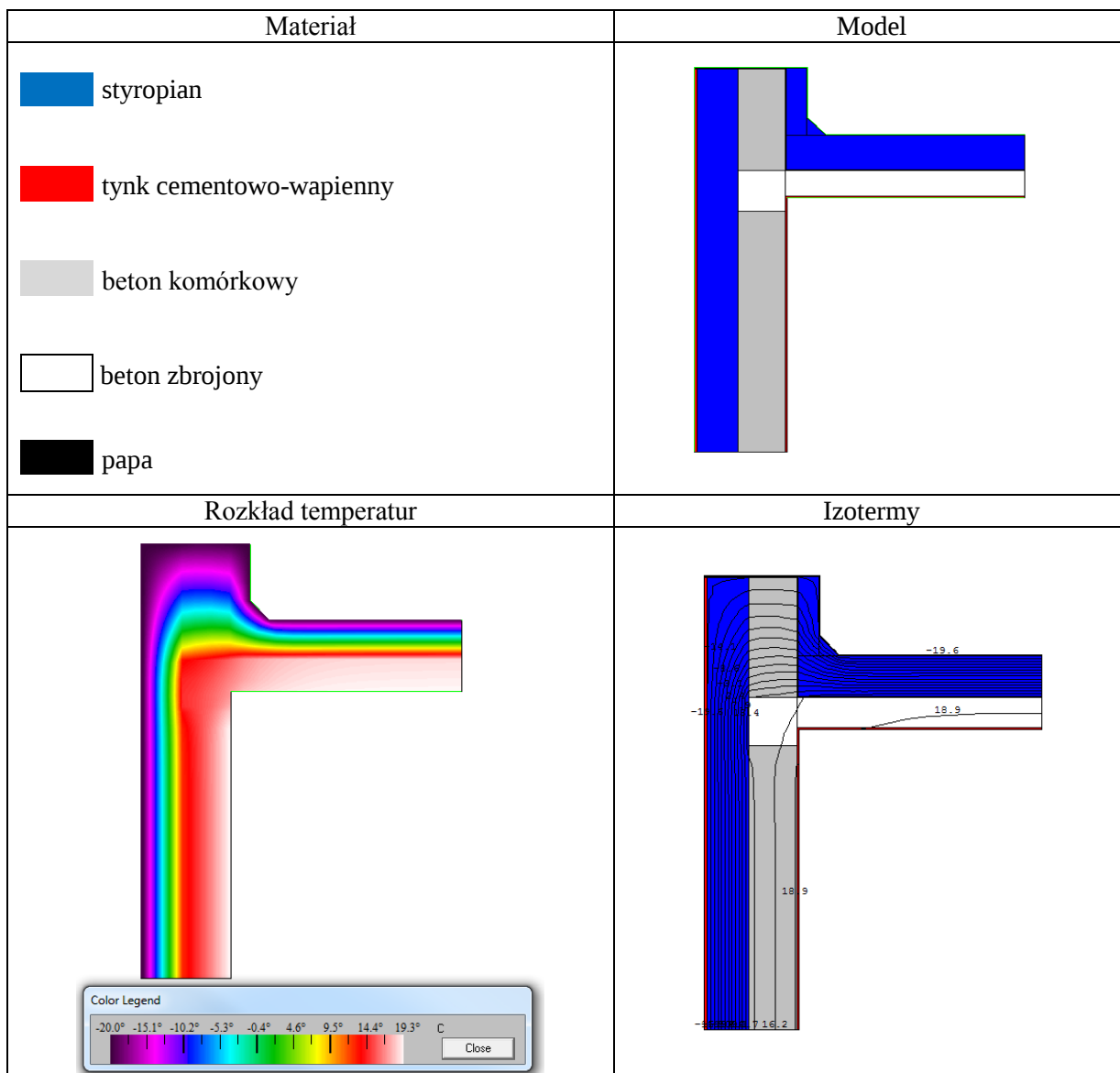
$$L = 2,025 \text{ [m]}$$

$$\Psi = 0,1217 * 1,775 - 0,093 * 1,7 - 0,8 * 0,1 = 0,008 \left[\frac{W}{m * K} \right]$$

2.4.2. Ścianka attykowa

a. Rozwiązanie NF40

Ścianka attykowa wykonana z materiału o współczynniku $\lambda \leq 0,20 \text{ W/mK}$, zaizolowana od strony wewnętrznej materiałem izolacyjnym o grubości 10 cm.



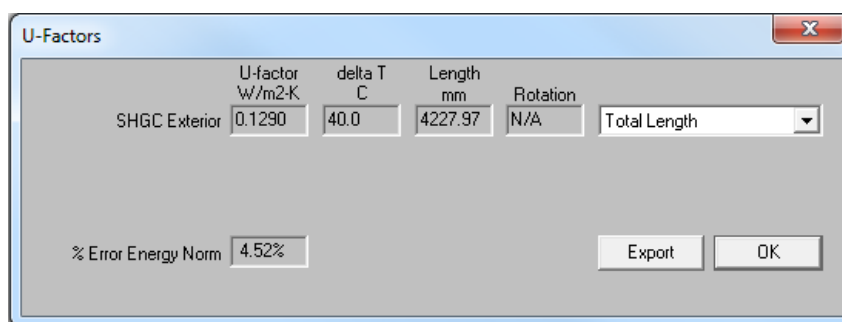
Wartość współczynnika przenikania ciepła U_A ściany zewnętrznej:

Opis	d	λ	R	U_c
	[m]	[W/mK]	[m²K/W]	[W/m²K]
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,13	-
Tynk cementowo-wapienny	0,01	0,68	0,015	-
Błoczki z betonu komórkowego	0,24	0,21	1,143	-
Styropian	0,2	0,036	5,556	-
Tynk cementowo-wapienny	0,015	0,68	0,022	-
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,04	-
Grubość całkowita i U_k	0,465	-	6,905	0,145

Wartość współczynnika przenikania ciepła U_B dachu płaskiego:

Opis	d	λ	R	U_C
	[m]	[W/mK]	[m²K/W]	[W/m²K]
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej (pionowy strumień ciepła)			0,10	-
Tynk cementowo-wapienny	0,01	0,68	0,015	-
Płyta żelbetowa	0,15	1,7	0,37	-
Folia PE	0,0002	0,17	0,001	-
Styropian	0,2	0,036	5,556	-
Papa	0,005	0,18	0,028	-
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,04	-
Grubość całkowita i U_k	0,3652	-	5,827	0,172

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e :



$$U_A = 0,145 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$U_B = 0,172 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$L_A = 1,85 \text{ [m]}$$

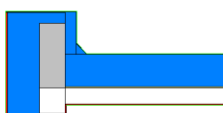
$$L_B = 1,20 \text{ [m]}$$

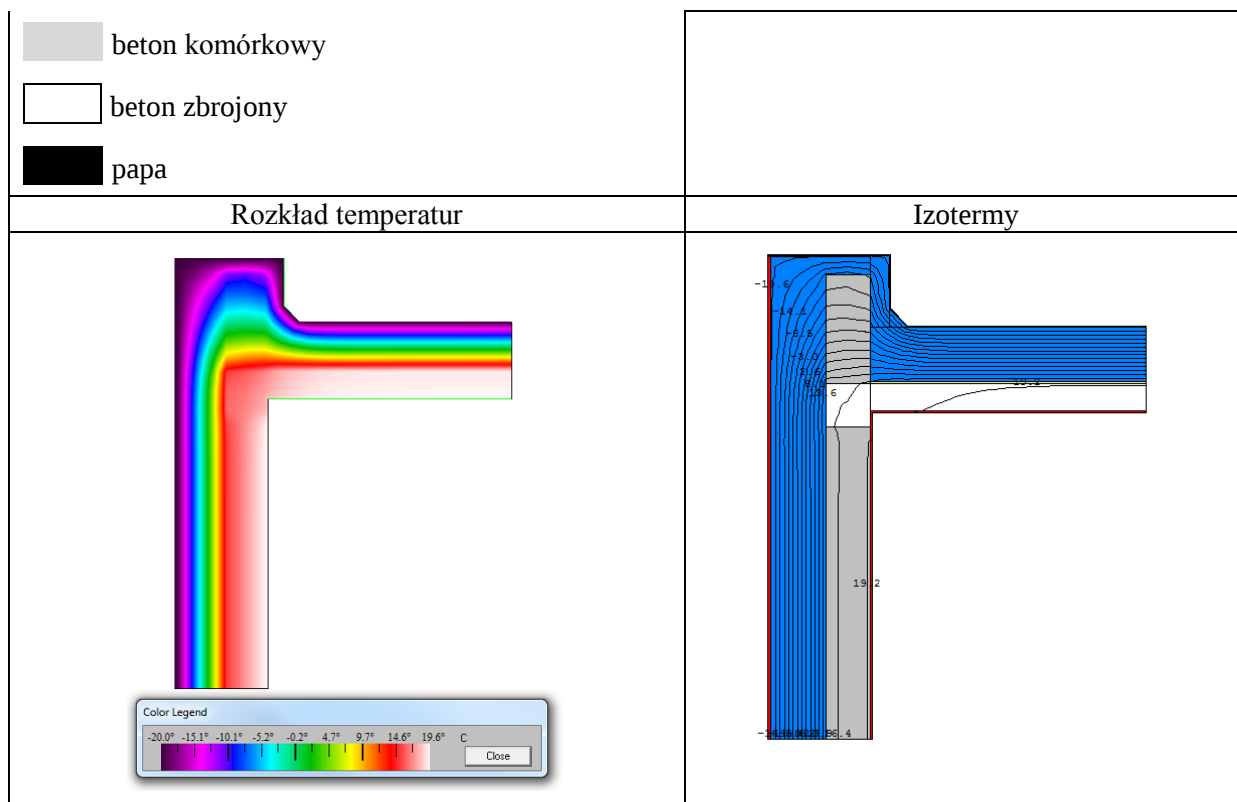
$$L = 4,228 \text{ [m]}$$

$$\Psi = 0,1290 * 4,228 - 0,145 * 1,85 - 0,172 * 1,20 = 0,072 \left[\frac{W}{m * K} \right]$$

b. Rozwiązanie NF15

Ścianka attykowa wykonana z materiału o współczynniku $\lambda \leq 0,20 \text{ W/mK}$, zaizolowana od strony wewnętrznej i od góry materiałem izolacyjnym o grubości 10 cm.

Materiał	Model
 styropian	
 tynk cementowo-wapienny	



Wartość współczynnika przenikania ciepła U_A ściany zewnętrznej:

Opis	d	λ	R	U_c
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,13	-
Tynk cementowo-wapienny	0,01	0,68	0,015	-
Błoczki z betonu komórkowego	0,24	0,21	1,143	-
Styropian	0,3	0,032	9,375	-
Tynk cementowo-wapienny	0,015	0,68	0,022	-
Opór przyjmowanie ciepła po stronie zewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,04	-
Grubość całkowita i U_k	0,565	-	10,725	0,093

Wartość współczynnika przenikania ciepła U_B dachu płaskiego:

Opis	d	λ	R	U_c
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
Opór przyjmowanie ciepła po stronie wewnętrznej (pionowy strumień ciepła)			0,10	-
Tynk cementowo-wapienny	0,01	0,68	0,015	-
Płyta żelbetowa	0,15	1,7	0,37	-
Folia PE	0,0002	0,17	0,001	-

Styropian	0,3	0,032	9,375	-
Papa	0,005	0,18	0,028	-
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,04	-
Grubość całkowita i U_k	0,4652	-	9,647	0,104

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e :

$$U_A = 0,093 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$U_B = 0,104 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$L_A = 2,25 \text{ [m]}$$

$$L_B = 2,06 \text{ [m]}$$

$$L = 5,033 \text{ [m]}$$

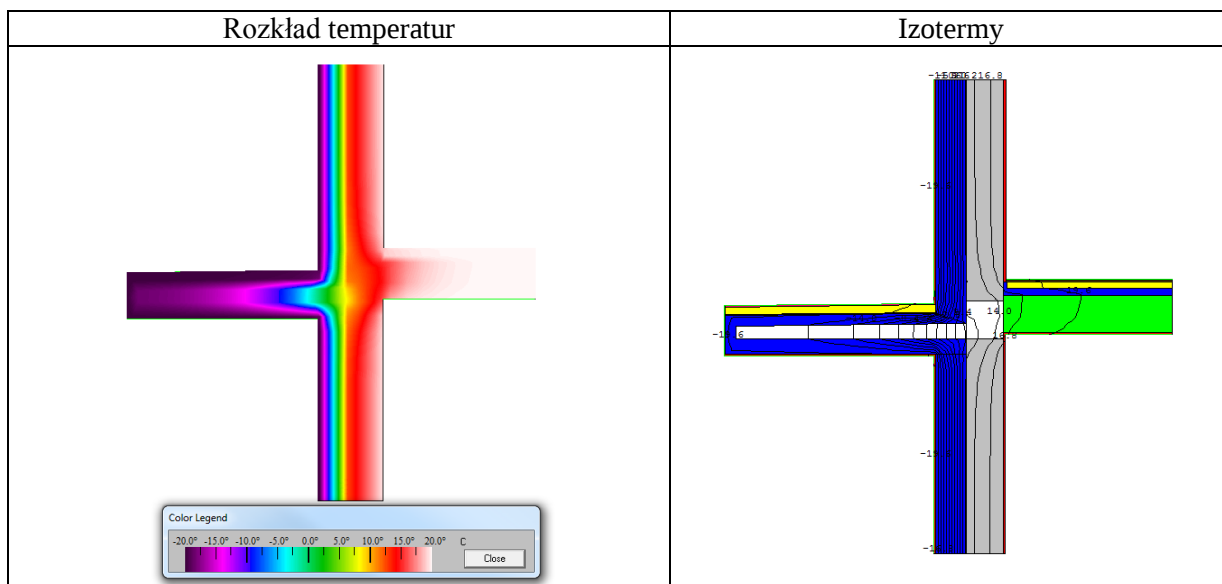
$$\Psi = 0,0831 * 5,033 - 0,093 * 2,25 - 0,104 * 2,06 = -0,005 \left[\frac{W}{m * K} \right]$$

2.4.3. Płyta balkonowa

a. Rozwiązanie NF40

Płyta balkonowa o grubości 10 cm wychodzi z dołu wieńca stropowego, zaizolowana od spodu i od góry 10 cm izolacji.

Material	Model
styropian beton komórkowy beton zbrojony wylewka strop gęstożebrowy	



Wartość współczynnika przenikania ciepła U_A ściany zewnętrznej:

Opis	d	λ	R	U_A
	[m]	[W/mK]	[m²K/W]	[W/m²K]
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,13	-
Tynk cementowo-wapienny	0,01	0,68	0,015	-
Błoczki z betonu komórkowego	0,24	0,21	1,143	-
Styropian	0,2	0,036	5,556	-
Tynk cementowo-wapienny	0,015	0,68	0,022	-
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,04	-
Grubość całkowita i U_k	0,465	-	6,905	0,145

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e :

U-Factors

SHGC Exterior

U-factor
W/m²·K

0.1060

delta T
C

40.0

Length
mm

5801.43

Rotation

N/A

Total Length

% Error Energy Norm

8.64%

Export

OK

$$U_A = 0,145 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$L_{A1} = 1,45 \text{ [m]}$$

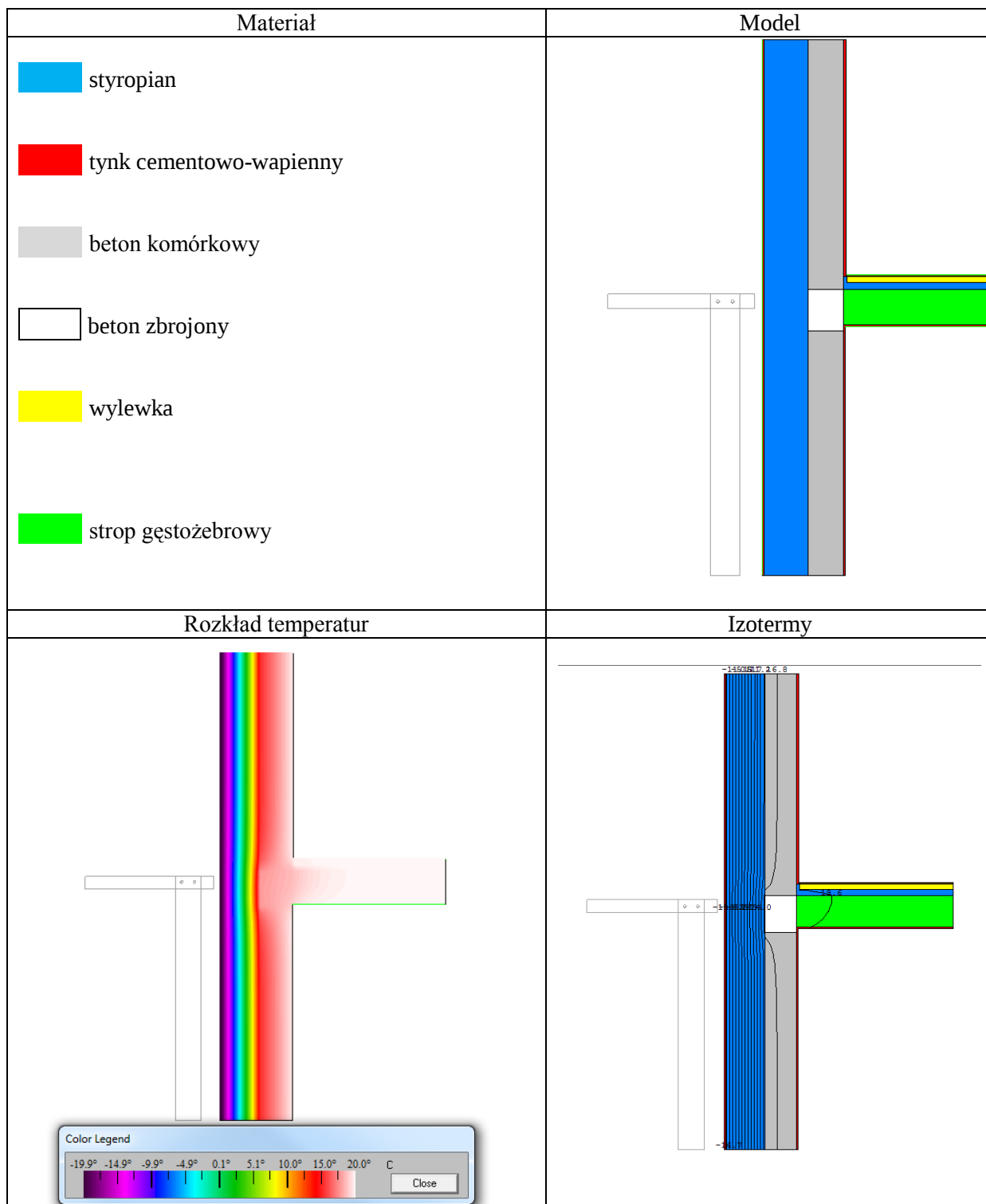
$$L_{A2} = 1,63 \text{ [m]}$$

$$L = 5,80 \text{ [m]}$$

$$\Psi_e = 0,1060 * 5,801 - 0,145 * 1,45 - 0,145 * 1,63 = 0,169 \left[\frac{W}{m * K} \right]$$

b. Rozwiązanie NF15

Brak płyty balkonowej, balkony samonośne dostawione do budynku.



Wartość współczynnika przenikania ciepła U_A ściany zewnętrznej:

Opis	d	λ	R	U_A
	[m]	[W/mK]	[m²K/W]	[W/m²K]
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,13	-
Tynk cementowo-wapienny	0,01	0,68	0,015	-
Błocki z betonu komórkowego	0,24	0,21	1,143	-
Styropian	0,3	0,032	9,375	-
Tynk cementowo-wapienny	0,015	0,68	0,022	-
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,04	-
Grubość całkowita i U_k	0,565	-	10,725	0,93

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e :

$$U_A = 0,093 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$L_A = 3,645 \text{ [m]}$$

$$L = 3,645 \text{ [m]}$$

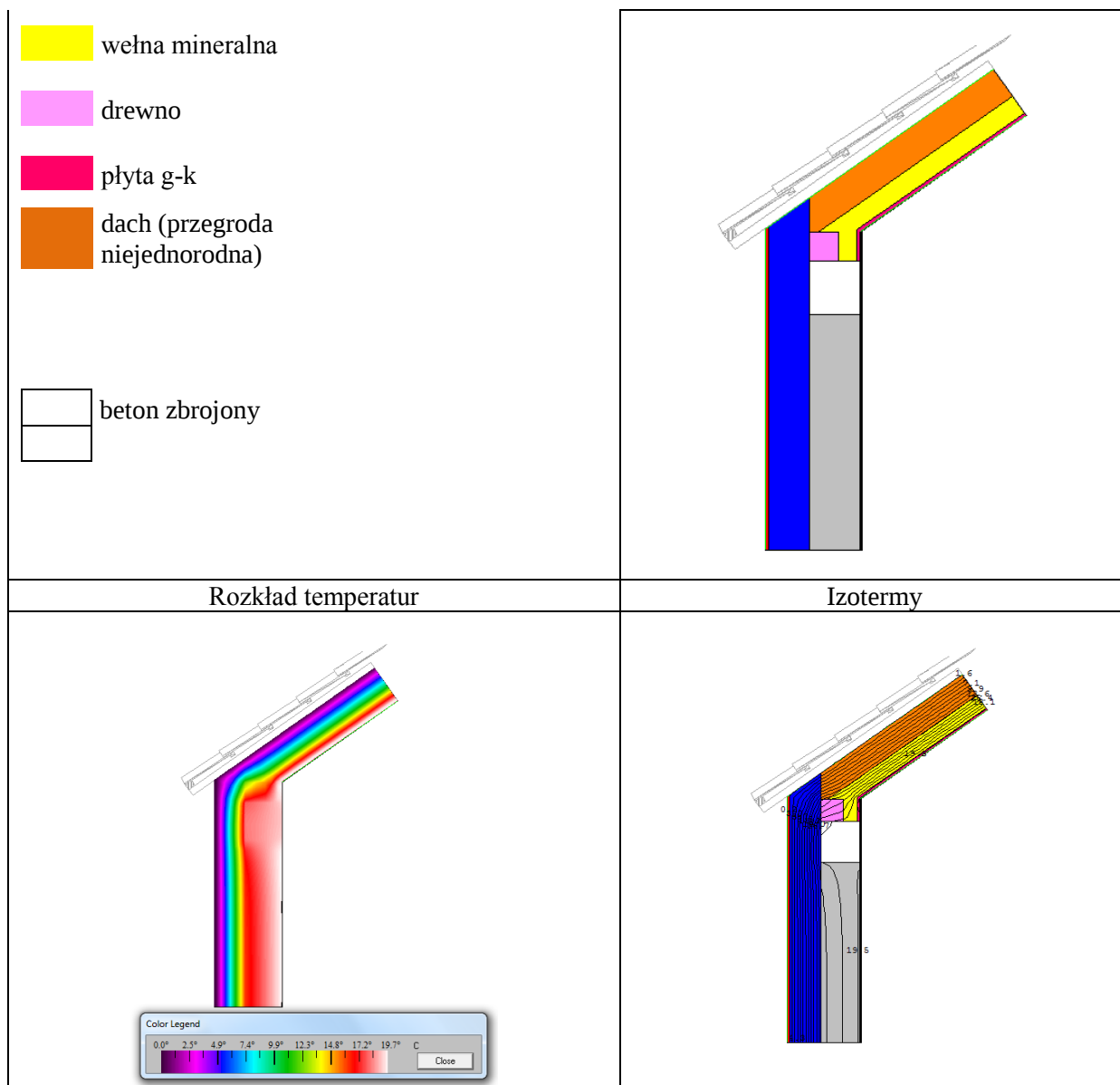
$$\Psi_e = 0,0942 * 3,645 - 0,093 * 3,645 = 0,003 \left[\frac{W}{m * K} \right]$$

2.4.4. Połączenie ściany zewnętrznej z dachem stromym

a. Rozwiązanie NF40

Izolacja w dachu ułożona w postaci dwóch warstw, jedna między krokwiami, druga dobita od spodu. Izolacja z dachu łączy się z izolacją na ścianie zewnętrznej.

Material	Model
 styropian	
 tynk cementowo-wapienny	
 beton komórkowy	



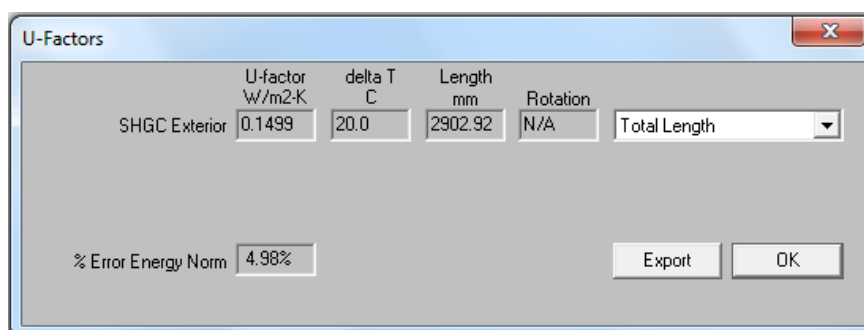
Wartość współczynnika przenikania ciepła U_A ściany zewnętrznej:

Opis	d	λ	R	U_A
	[m]	[W/mK]	[m²K/W]	[W/m²K]
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,13	-
Tynk cementowo-wapienny	0,01	0,68	0,015	-
Błoczki z betonu komórkowego	0,24	0,21	1,143	-
Styropian	0,2	0,036	5,556	-
Tynk cementowo-wapienny	0,015	0,68	0,022	-
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,04	-
Grubość całkowita i U_k	0,465	-	6,905	0,145

Wartość współczynnika przenikania ciepła U_B dachu:

Opis	d	λ	R	U_B
	[m]	[W/mK]	[m²K/W]	[W/m²K]
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej (pionowy strumień ciepła)			0,10	-
Płyta gipsowo kartonowa	0,015	0,23	0,065	-
Wełna mineralna	0,10	0,039	2,564	-
Dach stromy (przegroda niejednorodna)	0,16	0,049	3,265	-
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,04	-
Grubość całkowita i U_k	0,275	-	6,065	0,165

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e :



$$U_A = 0,145 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$U_B = 0,165 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$L_A = 1,55 \text{ [m]}$$

$$L_B = 1,35 \text{ [m]}$$

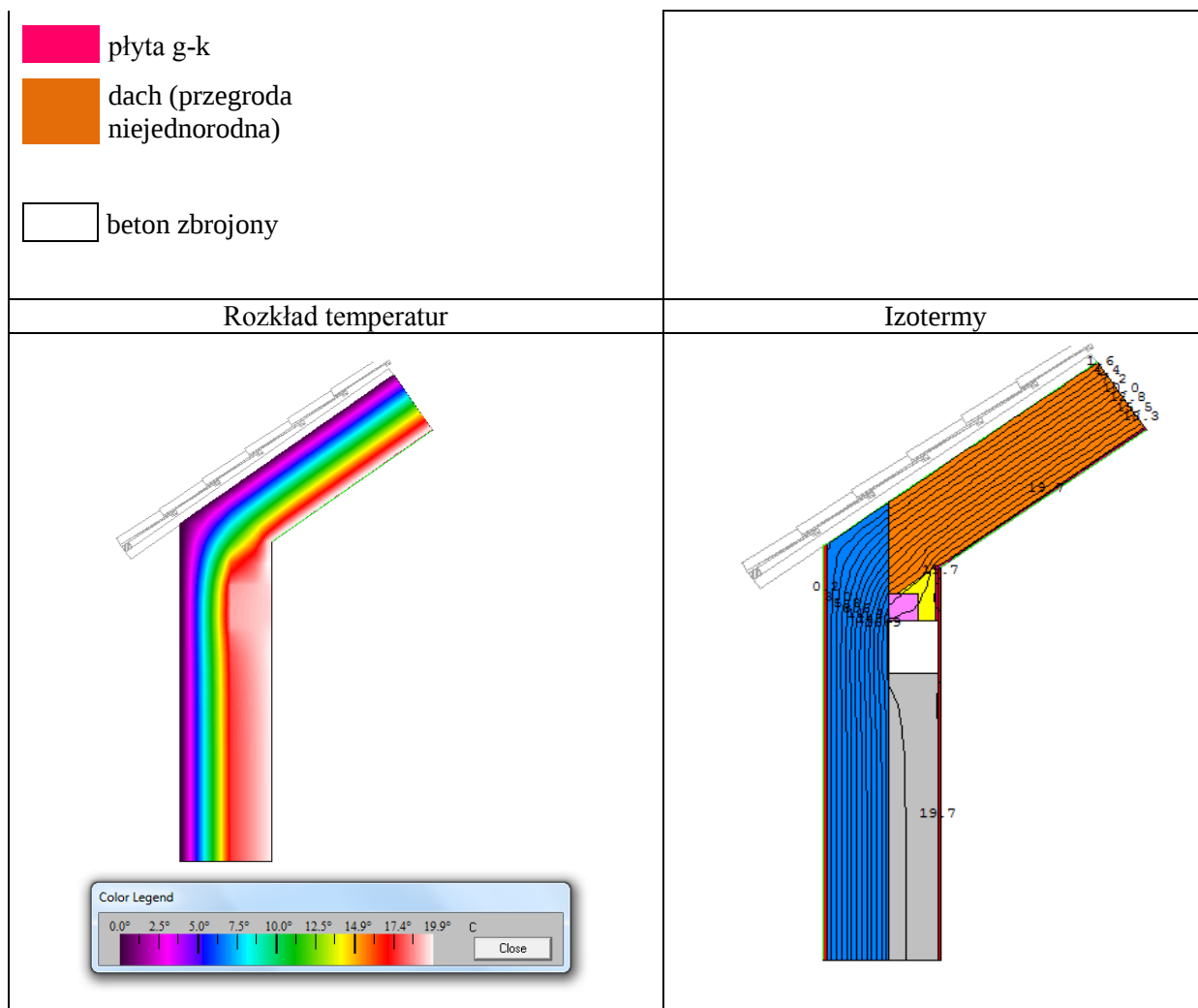
$$L = 2,865 \text{ [m]}$$

$$\Psi_e = 0,1499 * 2,90 - 0,145 * 1,4 - 0,165 * 1,0 = -0,012 \left[\frac{W}{m * K} \right]$$

b. Rozwiązanie NF15

Izolacja ułożona między belkami dwuteowymi łączy się z w sposób ciągły i nieprzerwany z izolacją na ścianie zewnętrznej.

Material	Model
styropian tynek cementowo-wapienny beton komórkowy wełna mineralna drewno	



Wartość współczynnika przenikania ciepła U_A ściany zewnętrznej:

Opis	d	λ	R	U_A
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,13	-
Tynk cementowo-wapienny	0,01	0,68	0,015	-
Błoczki z betonu komórkowego	0,24	0,21	1,143	-
Styropian	0,3	0,032	9,375	-
Tynk cementowo-wapienny	0,015	0,68	0,022	-
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,04	-
Grubość całkowita i U_k	0,565	-	10,725	0,093

Wartość współczynnika przenikania ciepła U_B dachu:

Opis	d	λ	R	U_B
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
Opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej (pionowy strumień ciepła)			0,10	-
Płyta gipsowo kartonowa	0,015	0,23	0,065	-
Dach stromy (przegroda niejednorodna)	0,40	0,042	9,524	-
Opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej (poziomy strumień ciepła)			0,04	-
Grubość całkowita i U_k	0,415	-	9,759	0,102

Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e :

$$U_A = 0,093 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$U_B = 0,102 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$L_A = 2,08 \text{ [m]}$$

$$L_B = 1,60 \text{ [m]}$$

$$L = 3,68 \text{ [m]}$$

$$\Psi_e = 0,0899 * 3,68 - 0,093 * 2,08 - 0,102 * 1,60 = -0,027 \left[\frac{W}{m * K} \right]$$

2.5. Określenie wytycznych dotyczących posadowienia budynku, zasad kształtowania powierzchni (biorąc pod uwagę ich funkcje użytkowe), usytuowania przeszkleń, stref buforowych, przejściowych i nieogrzewanych w budynkach

2.5.1. Bryła budynku

Zwartość bryły jest jedną z głównych cech budynków o niskim zapotrzebowaniu na energię [15]. Określa się ją za pomocą:

- stosunku powierzchni obudowy budynku do kubatury ogrzewanej (współczynnika kształtu), A/V m²/m³ lub
- stosunku powierzchni obudowy budynku do powierzchni ogrzewanej, A/A m²/m².

Im bardziej zwarta bryła budynku, tym mniejsza powierzchnia przegród w stosunku do kubatury ogrzewanej powoduje straty ciepła przez przenikanie. Zwarta bryła oznacza mniejszą powierzchnię przegród, które muszą być zaizolowane i utrzymane w przyszłości. Prosta bryła budynku bez dużej ilości lukarn, wykuszy,

balkonów to mniejsza liczba mostków cieplnych i nieszczelności. To również łatwiejszy etap wykonawczy i mniejsze koszty budowy.

Jak wykazały obliczenia, osiągnięcie przez budynki jednorodzinne standardu NF40, w przypadku gdy współczynnik kształtu $A/V > 0,7$, będzie wymagało zastosowania grubszych warstw izolacji, lepszych okien lub wyższej sprawności odzysku ciepła niż podane w tabelach. Osiągnięcie standardu NF15 przez budynek o $A/V > 0,7$ może się okazać niemożliwe przy wykorzystaniu dostępnych na rynku technologii.

W przypadku budynków wielorodzinnych osiągnięcie standardu NF40 i NF15 będzie łatwiejsze gdy powierzchnia lokali mieszkalnych będzie większa od 50 m². Małe mieszkania będą charakteryzowały się dużą krotnością wymian powietrza, trudno będzie wygospodarować miejsce pod centralę wentylacyjną i kanały oraz zagwarantować odpowiedni poziom hałasu. Już na etapie wstępnego projektu budynku mieszkalnego wielorodzinnego należy ustalić jak będą przebiegały przewody wentylacyjne i czy wysokość pomieszczeń będzie wystarczająca.

2.5.2. *Miejsce budowy i lokalizacja okien*

Jeżeli to możliwe budynki mieszkalne powinny być lokalizowane na słonecznych południowych stokach w celu wykorzystania energii promieniowania słonecznego w sposób pasywny i aktywny. Drzewa liściaste i nasadzenia przed budynkiem mogą pomóc w ograniczeniu ryzyka przegrzewania w lecie. Ważne jest zoptymalizowanie odległości między budynkami w taki sposób, aby nie zacięniały sobie nawzajem.

Główne okna powinny być zorientowane na kierunku od południowo-wschodniego do południowo-zachodniego w celu wykorzystania zysków ciepła od słońca w okresie zimy. Rodzaj zastosowanych okien zależy od standardu i lokalizacji budynku. Wielkość zysków zależy od udziału szyby w całkowitej powierzchni okna i współczynnika g przepuszczalności energii promieniowania słonecznego.

Duże okna skierowane na południe, wschód, zachód zwiększają ryzyko przegrzewania, dlatego muszą być wyposażone w elementy zacieniające. Rolę stałych elementów zacieniających mogą pełnić okapy, balkony i elementy dachu. Duże okna mogą powodować uczucie dyskomfortu w okresie zimy, jeżeli w ich pobliżu nie będzie grzejnika, który zbilansuje wymianę ciepła na drodze promieniowania. Ryzyko takie występuje zwłaszcza w budynkach NF15 ogrzewanych jedynie powietrzem. Maksymalna powierzchnia pojedynczej szyby potrójnej nie powinna przekraczać około 2,5 m² z uwagi na duży ciężar szyby i utrzymywanie wymaganych parametrów cieplno-wytrzymałościowych.

2.5.3. *Ochrona przed przegrzewaniem w lecie*

Wprowadzane w budynkach mieszkalnych zmiany mające na celu ograniczenie zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji mogą zwiększyć ryzyko przegrzewania budynków w lecie. Ryzyko to nie zwiększy się, jeżeli budynki zostaną poprawnie zaprojektowane i wykonane. W ciągu kilku upalnych dni, budynki w standardzie NF40 i NF15 mogą mieć problemy z utrzymaniem temperatury w strefie komfortu, bo 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 NF15 i NF40 będą lepiej chroniły przez 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 pod drugie pozwolą na ich szybkie usunięcie.

Istnieją cztery główne przyczyny przegrzewania się budynków:

- brak elementów zacieniających,
- niewłaściwa regulacja i eksploatacja systemu wentylacji mechanicznej i centralnego ogrzewania,
- brak otwieranych okien lub otworów wentylacyjnych umożliwiających wykorzystanie przewietrzania nocnego,
- wyeksponowanie zbyt dużej masy akumulacyjnej na działanie promieniowania słonecznego.

Pierwsza przyczyna przegrzewania to brak elementów zacieniających na oknach skierowanych na wschód, zachód i południe. 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:

- stałe elementy architektoniczne (na przykład wysunięte poza obrys budynku okapy, balkony, daszki), elementy te nie powinny ograniczać dostępu promieniowania słonecznego w zimie i powodować powstania mostków cieplnych,
- łamacze światła w postaci nadwieszonych nad nadprożem rusztów będą skuteczne tylko na elewacjach południowych
- zewnętrzne osłony przeciwsłoneczne, np. żaluzje, okiennice, markizy,
- wewnętrzne osłony przeciwsłoneczne, np. żaluzje (elementy takie jak vertikale, zasłony są nieskuteczne),
- elementy zacieniające w przestrzeni międzyszybowej, np. żaluzje
- odpowiednio zaprojektowana roślinność, drzewa i pnącza okresowo zielone nasadzone od strony południowej.

Zastosowanie osłon przeciwsłonecznych nie zapewni odpowiednich warunków, jeżeli mieszkańcy nie będą widzieli jak regulować i użytkować system ogrzewania/wentylacji oraz jak wpływa on 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 w okresie nocy, gdy temperatura powietrza zewnętrznego jest zazwyczaj o kilka stopni niższa od temperatury powietrza w wewnętrznego.

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%.

Skuteczność wychładzania budynku w okresie nocnym można zwiększyć stosując przewietrzanie nocne. Przepływ powietrza po budynku jest wywołany w sposób naturalny i zależy od różnicy temperatur, prędkości wiatru oraz wielkości otworów wentylacyjnych. Nie da się skorzystać z przewietrzania nocnego, jeżeli w budynku zastosuje się okna nieotwieralne lub liczba okien otwieranych/uchylanych będzie zbyt mała, a ich lokalizacja niewłaściwa. Okna otwierane/uchylane lub otwory wentylacyjne powinny być zlokalizowane w taki sposób, aby umożliwiały przewietrzanie całego budynku i powodowały powstanie ciągu wentylacyjnego. Przewietrzanie nocne nie powinno powodować lokalnych przeciągów a wymagana powierzchnia otworów to około 3% powierzchni podłogi.

Kolejną przyczyną przegrzewania budynków jest ryzyko wyeksponowania zbyt dużej masy akumulacyjnej na działanie promieniowania słonecznego. 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 połączeniu z małą wydajnością systemu wentylacji może prowadzić do długotrwałego przegrzewania budynku i powstania problemów z jego wychładzaniem.

Uniknięcie ryzyka przegrzewania wymaga zastosowania odpowiednich rozwiązań na etapie projektowania budynków w standardzie NF40 i NF15. Jednocześnie należy pamiętać, że nie tylko projekt, ale i regulacja instalacji oraz zachowanie użytkowników ma wpływ na wysokość temperatur wewnętrznych. Jeżeli wszystkie te elementy działają prawidłowo problem przegrzewania nie występuje.

Do chłodzenia powietrza nawiewanego do budynku można wykorzystać gruntowe wymienniki ciepła lub pasywny system chłodzenia. Rozwiązania takie nie przyczynią się do znacznego wzrostu zużycia energii, a mogą poprawić komfort w okresie lata. Zastosowanie pasywnego systemu chłodzenia polega na wykorzystaniu pionowych kolektorów gruntowych pompy ciepła. Roztwór glikolu krążący w kolektorach może oddawać ciepło do gruntu. Schłodzony czynnik będzie służył do chłodzenia powietrza nawiewanego do budynku lub powierzchni w przypadku zastosowania ogrzewania podłogowego, ściennego. Systemy chłodzenia pasywnego charakteryzują się wysoką efektywnością (COP około 30), co znacznie zmniejsza koszty produkcji chłodu oraz podnosi sprawność pracy pompy ciepła.

2.5.4. Strefowanie temperaturowe

Projektując układ pomieszczeń w budynku o niskim zapotrzebowaniu na energię należy dążyć do tego aby:

- pokoje dzienne, jadalnie, sypialnie, pokoje pracy były zlokalizowane od strony południowej,
- kuchnie, pomieszczenia gospodarcze, ciągi komunikacyjne, garderoby, przedpokoje znajdowały się od strony północnej,
- łazienki, WC powinny znajdować się możliwie centralnie,
- pomieszczenia takie jak kuchnie, WC, łazienki, pralnie, kotłownie znajdowały się blisko siebie, były zblokowane w celu ograniczenia długości instalacji i zmniejszenia strat na dystrybucji,
- garaże powinny być nieogrzewane i oddzielone termicznie od ogrzewanej części budynku.

2.6. Określenie wymagań w zakresie granicznych wartości współczynnika A/V

Przeprowadzone analizy pokazują, że wzrost wskaźnika A/V powoduje znaczne pogorszenie standardu

energetycznego budynku z uwagi na zwiększenie powierzchni przegród, przez które następują straty ciepła.

Wykonane w ramach niniejszej pracy analizy i symulacje pokazały, że:

- w przypadku budynków jednorodzinnych wymagania dotyczące standardu energetycznego NF15 i NF40 przy zastosowaniu racjonalnych rozwiązań technicznych i racjonalnych nakładach inwestycyjnych są możliwe do spełnienia dla wskaźnika $A/V \leq 0,70$,
- spełnienie wymagań standardu energetycznego NF15 i NF40 jest możliwe dla budynków wielorodzinnych, z uwagi na to, że budynki te charakteryzują się naturalnie niskim A/V , najczęściej $A/V \leq 0,50$.

Z uwagi na powyższe proponuje się wprowadzenie zalecania dla wielkości wskaźnika A/V wyłącznie w odniesieniu do budynków jednorodzinnych. Zalecenie to ma następującą postać:

$A/V \leq 0,70$ dla wszystkich budynków jednorodzinnych.

Odstępstwo od tego zalecenia może następować w przypadkach konieczności dostosowania wyglądu i kształtu budynku do otaczającej zabudowy i w przypadku, kiedy konieczność taka wynikałaby z zapisów Miejscowych Planów Zagospodarowania Przestrzennego lub innych przepisów prawa obowiązujących na terenie, na którym budowany byłby budynek. W przypadkach takich projektant zobowiązany byłby do użycia innych/dodatkowych środków technicznych zapewniających możliwość spełnienia wymagań określonych dla standardów NF15 lub NF40. Sytuacja taka występowała będzie jednak bardzo rzadko.

2.7. Określenie ewentualnych innych wymagań, istotnych dla zapewnienia wymaganych standardów

2.7.1. Metodyka określania powierzchni ogrzewanej

Roczne jednostkowe zapotrzebowanie energii użytkowej do ogrzewania i wentylacji w kWh/m²rok jest określane na podstawie powierzchni odniesienia podanej w m². Precyzyjne obliczenie powierzchni doniesienia jest kluczowe dla prawidłowego wyznaczenia zapotrzebowania jednostkowego. Obowiązujące „Rozporządzenie ministra infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej” nie precyzuje tej kwestii szczegółowo. Na potrzeby proponowanych standardów NF40 i NF15 konieczne jest uszczegółowienie tej kwestii. Powierzchnią odniesienia powinno być:

Pole powierzchni podłogi przestrzeni ogrzewanej budynku liczone po wymiarach wewnętrznych, po poziomie podłogi w stanie całkowicie wykończonym z wyłączeniem nieogrzewanych piwnic, garaży lub innych nie użytkowanych części przestrzeni, z uwzględnieniem powierzchni podłogi na wszystkich kondygnacjach, jeśli jest ich więcej niż jedna. W przypadku kondygnacji ze skośnym sufitem do powierzchni ogrzewanej należy doliczyć jedynie część powierzchni podłogi dla której wysokość w świetle jest równa 1,90 m i więcej. Dla budynków o powierzchni całkowitej użytkowej poniżej 120 m², do powierzchni ogrzewanej można wliczać 100% powierzchni o wysokości pomieszczeń równej 1,40 m i więcej.

2.7.2. Ograniczenie zużycia energii wbudowanej

Zastosowane do wznoszenia budynków o niskim zapotrzebowaniu na energię materiały budowlane oraz technologie powinny być przyjazne dla środowiska naturalnego. Należy dążyć do ograniczenia zużycia energii nie tylko na etapie użytkowania budynku, ale i podczas wznoszenia i rozbiórki. Zastosowane materiały powinny prowadzić do jak najmniejszego zużycia nieodnawialnej energii pierwotnej i uszczuplenia

zasobów mineralnych oraz poddawać się recyklingowi.

2.7.3. Podwyższenie szczelności powietrznej budynku

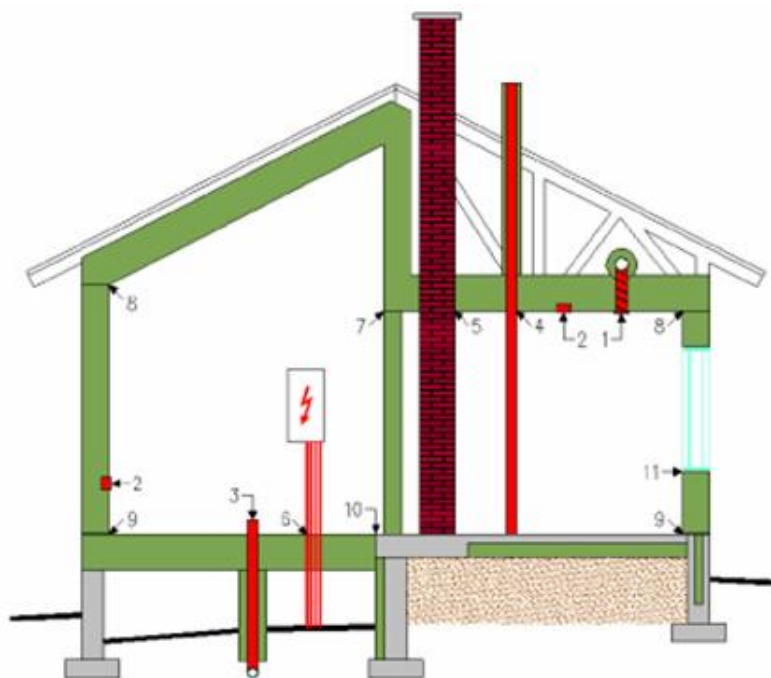
Niska szczelność powietrzna obudowy budynku prowadzi do niekontrolowanego przepływu powietrza przez szczeliny i pęknięcia w przegrodach. Przenikanie ciepłego, wilgotnego powietrza (na zewnątrz) przez konstrukcję budynku może prowadzić do międzywarstwowej kondensacji pary wodnej, spowodować pogorszenie izolacyjności cieplnej i trwałości przegrody. Niekontrolowane przenikanie powietrza do wewnątrz obniża, jakość środowiska wewnętrznego powodując lokalne przeciągi i zwiększa straty ciepła na podgrzanie powietrza infiltrującego. Dodatkowe straty ciepła mają znaczący wpływ na charakterystykę energetyczną budynków [13]. Jeszcze większego znaczenia nabierają w budynkach o niskim zapotrzebowaniu na energię, gdzie wszystkie rodzaje strat ciepła powinny być ograniczone do minimum. W niektórych sytuacjach osiągnięcie oczekiwanego standardu energetycznego bez szczelnej obudowy jest niemożliwe, pomimo że budynek jest wyposażony w system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła.

Zgodnie z obowiązującymi wymaganiami podanymi w WT 2008 „W budynku mieszkalnym, zamieszkania zbiorowego, budynku użyteczności publicznej, a także w budynku produkcyjnym przegrody zewnętrzne nieprzezroczyste, złącza między przegrodami i częściami przegród oraz połączenia okien z ościeżami należy projektować i wykonywać pod kątem osiągnięcia ich całkowitej szczelności na przenikanie powietrza.” Szczelne muszą być otwierane okna i drzwi balkonowe, dla których współczynnik infiltracji powietrza powinien wynosić nie więcej niż $0,3 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{daPa}^{2/3})$. Podane w WT 2008 wymagane krotności, wymiana powietrza $n_{50} \leq 3,0 \text{ 1/h}$ dla wentylacji grawitacyjnej i $n_{50} \leq 15 \text{ 1/h}$ dla wentylacji mechanicznej są niewystarczające dla budynków w standardzie NF40 i NF15. W przypadku budynków NF40 należy zagwarantować szczelność na poziomie $n_{50} \leq 1,0 \text{ 1/h}$ a dla NF15 $n_{50} \leq 0,6 \text{ 1/h}$ [14].

Tabela 33. Wymagane wielkość wymian powietrza n_{50} w warunkach różnicy ciśnienia 50 Pa dla standardu NF40 i NF15

Standard	Wielkość wymian powietrza n_{50}
NF40	$n_{50} \leq 1,0 \text{ h 1/h}$
NF15	$n_{50} \leq 0,60 \text{ h 1/h}$

Uzyskanie tak niskich wartości n_{50} nie jest łatwe i wymaga poprawnego rozwiązania detali konstrukcyjnych na etapie projektowym i ich starannego wykonania na etapie budowy. Projektując przebieg i rozwiązanie szczelnych powłok w budynku należy pamiętać, że powinny one w sposób ciągły i nieprzerwany otaczać całą część ogrzewaną budynku. Szczególnie istotne są połączenia poszczególnych powłok ze sobą, np. na styku ściany zewnętrznej i dachu skośnego. W tych miejscach trzeba zastosować rozwiązania gwarantujące trwałe szczelne połączenia, które są jednocześnie proste do wykonania i niedrogie. Najlepsze efekty uzyskuje się stosując połączenia klejone z dociskiem mechanicznym, np. taśma dwustronna rozprężna z łatą dociskową. W każdej przegrodzie powinna być tylko jedna powłoka odpowiadająca z szczelność powietrzną. Nieszczelności nie wolno eliminować przez dodanie kolejnej warstwy szczelnej przed lub za warstwą właściwą, np. układanie na niedokładnie poklejonej folii paroszczelnej płyt gipsowokartonowych. Ustalając lokalizację powłoki szczelnej w przegrodzie należy pamiętać, że opór dyfuzyjny powinien być największy do strony wewnętrznej i maleć w kierunku zewnętrznym. Powłoka szczelna powietrznie zazwyczaj pełni jednocześnie rolę warstwy paroszczelnej, dlatego musi znajdować się od strony wewnętrznej, przed warstwą izolacji. Oprócz powłok szczelnych i ich połączeń bardzo ważne jest uszczelnienie wszelkiego rodzaju przyłączy, otworów, gniazdek elektrycznych i innych miejsc pokazanych na poniższym rysunku.



Rysunek 16. Miejsca występowania głównych nieszczelności w budynku: 1 – nawiewniki i wywiewniki systemu wentylacji mechanicznej, 2 – gniazdka i włączniki elektryczne, 3 – przyłącza wodne i kanalizacyjne, instalacja c.o., 4 – elementy konstrukcyjne przechodzące przez powłoki szczelne, np. belki drewniane, 5 – kominy i ich przejścia przez dach, 6 – przyłącza energetyczne i teletechniczne, 7 – połączenia stropów i dachów ze ścianami wewnętrznymi, 8 – połączenia ścian zewnętrznych z dachem lub stropem poddasza, 9 – połączenia ścian zewnętrznych z podłogą na gruncie lub stropem nad nieogrzewaną piwnicą, 10 – połączenia stropów nad nieogrzewaną piwnicą ze ścianami wewnętrznymi, 11 – otwory okienne i drzwiowe (źródło: www.puuinfo.fi)

Szczelność powietrzną budynków w standardzie NF40 i NF15 należy sprawdzić na etapie budowy, po wykonaniu wszystkich powłok szczelnych i przechodzących przez nie instalacji za pomocą testu szczelności. Wykonanie tego testu służy zidentyfikowaniu i usunięciu ewentualnych wad, błędów i usterek w robotach budowlanych. Test wykonuje się zgodnie z normą PN-EN 13829 „Właściwości cieplne budynków. Określanie przepuszczalności powietrznej budynków. Metoda pomiaru ciśnieniowego z użyciem wentylatora” przy użyciu drzwi nawiewnych (Blower Door). Badanie należy wykonać przy nadciśnieniu i podciśnieniu, metodą B, w budynku niezamieszkałym. Wykonanie testu po zakończeniu robót budowlanych utrudni istotnie możliwość usunięcia usterek. Weryfikator musi uzyskać od inwestora protokół z wykonania testów szczelności potwierdzający osiągnięcie wymaganej szczelności powietrznej.

2.8. Zdefiniowanie zasad i zakresu dopuszczalnych odstępstw od wytycznych wyłącznie z uwagi na ograniczenia terenowe i możliwości usytuowania budynku na działce budowlanej

W opracowaniu określono wytyczne i zasady oraz minimalne wymagania dotyczące standardów ochrony cieplnej, jakości układów grzewczych i wentylacyjnych, które mają na celu spełnienie przez budynki standardu, warunkującego uzyskanie dofinansowania.

Przeprowadzone analizy wykazały, że z uwagi na konieczność spełnienia analizowanych standardów NF15 i NF40, wymagania dotyczące parametrów fizycznych i jakościowych użytych materiałów oraz ich grubości, jak również analogiczne wymagania dotyczące instalacji są stosunkowo ściśle określone i opisane w rozdziale 2. Spełnienie tych wymagań jednocześnie gwarantuje uzyskanie oczekiwanych standardów energetycznych.

Istotne jest również spełnienie wymagań dotyczących minimalnych parametrów sprawności instalacji

grzewczych i instalacji przygotowania ciepłej wody oraz wykorzystania w zasilaniu tych instalacji w maksymalnym stopniu odnawialnych źródeł energii.

Jednym z podstawowych warunków uzyskania wysokiego standardu energetycznego budynku jest efektywne wykorzystania wewnętrznych zysków ciepła w budynku, w tym przede wszystkim zysków energii słonecznej, co wiąże się zarówno z właściwym zaplanowaniem rozkładu pomieszczeń wewnętrznych, jak również właściwym sytuowaniu tych pomieszczeń (budynku) względem stron świata z uwzględnieniem wpływu przeszkód i obiektów sąsiadujących z budynkiem mających wpływ na wielkość zysków słonecznych.

Często istotne ograniczenia w tym względzie stwarza naturalny konflikt pomiędzy potrzebą jak najefektywniejszego wykorzystania powierzchni działki z uwagi na wielkość i powierzchnię budynku mieszkalnego, jaki może być na tej działce zlokalizowany.

Prawidłowe kształtowanie bryły budynku o niskim zapotrzebowaniu na energię wymaga usytuowania przestrzeni usługowych, gospodarczych, komunikacyjnych, garaży itp. (tzw. przestrzeni buforowych) od strony północnej, tak aby pozostałe pomieszczenia mieszkalne w jak największym stopniu korzystały z energii odnawialnej w postaci ciepła słonecznego wykorzystanego w sposób bierny w postaci zysków ciepła.

Zadanie spełnienia wszystkich wymogów w tym zakresie i optymalne zaprojektowanie przestrzeni budynku pod względem funkcjonalnym jest nie zawsze możliwe, co powoduje pogorszenie wykorzystania zysków słonecznych. Nie zawsze również istnieje możliwość eliminacji zewnętrznych przeszkód w postaci sąsiadujących budynków, małej architektury, otaczającej zieleni itp. umożliwiających efektywne wykorzystanie potencjału zysków słonecznych.

W związku z tym, że zyski słoneczne w przypadku budynków o niskim zapotrzebowaniu na energię stanowią istotny składnik bilansu energetycznego, dochodzący do 40% zapotrzebowania na ciepło, w przypadkach, kiedy od strony południowej, zachodniej i wschodniej, określony na podstawie normy PN EN 13790:2009 średni ważony współczynnik zacienienia Z jest mniejszy od 0,60 i standard NF 15 nie jest spełniony, proponuje się dopuścić dofinansowanie jak dla budynku o standardzie NF15 pod warunkiem, że byłby on spełniony obliczeniowo przy założeniu braku zewnętrznych elementów zacieniających budynek.

2.9. Określenie możliwości zastosowania w budynku Infrastruktury Sieci Domowych (Home Area Network) – zestawu urządzeń, wzajemnie komunikujących się ze sobą, służących między innymi do zarządzania zużyciem energii i przydomowej produkcji energii

Budynek energooszczędny zarówno w standardzie NF40 i jak i NF15 można zrealizować bez dodatkowego zestawu urządzeń wzajemnie komunikujących się ze sobą służących między innymi do zarządzania zużyciem energii i przydomowej produkcji energii (IEM), ale ich zastosowanie może spowodować dodatkowe oszczędności energii dochodzące do 25% oraz poprzez produkcję energii we własnym zakresie zmniejszyć koszty jej zakupu. Zastosowanie tych urządzeń może pozwolić również na łatwiejsze uzyskanie w praktyce standardu budynku NF40 i jak i NF15.

Inteligentne systemy zarządzania użytkowaniem energii (Intelligent Energy Management IEM) obejmują dwa następujące, powiązane ze sobą podsystemy:

- Inteligentne systemy zarządzania energią (cieplną i elektryczną) w budynkach, kojarzone z pojęciem budynku inteligentnego, oraz
- Inteligentne systemy energetyczne (sieci elektroenergetyczne, ciepłownicze, ewentualnie sieci gazowe).

Inteligentny budynek - to określenie wysoko zaawansowanego technicznie budynku, który posiada system czujników i detektorów oraz jeden, zintegrowany system zarządzania wszystkimi znajdującymi się w nim instalacjami.

Inteligentne budynki muszą spełniać wiele wymagań zarówno pod względem zaawansowania technologii urządzeń automatyki sterowania, jak również pod względem organizacji pracy układów automatyki. Zintegrowany system zarządzania obejmuje wiele autonomicznie pracujących układów automatyki i awaria któregokolwiek z nich nie może dezorganizować pracy pozostałych.

System powinien być typu "otwartego", tzn. powinien mieć możliwość rozbudowy istniejącej instalacji automatyki. Ponadto powinien pozwalać na łączenie ze sobą różnych urządzeń (różnych firm) oraz powinien umożliwiać dodawanie nowych stacji operatorskich i interfejsów komunikacyjnych, spełniających określone standardy komunikacyjne. Sieć systemu zarządzania powinna w pewnym sensie przypominać sieć telefoniczną, do której można dodawać (podłączać) tysiące nowych aparatów różnych producentów. W tym celu sieć systemu zarządzania ma charakter tzw. sieci rozproszonej, a poszczególne urządzenia automatyki, sterowane za pomocą odpowiednich układów elektronicznych, instalowanych w węzłach sieci, realizują określone zadania automatyki budynku. Dla zapewnienia pełnej kontroli układy te muszą prowadzić ciągłą wymianę informacji w całej sieci systemu zarządzania, tj. muszą wybierać adres odbiorcy informacji, wysyłać wiadomości (sygnały kontrolno-sterujące, tzw. telegramy) oraz przyjmować informacje, które są do nich wysyłane.

Zasadnicze znaczenie dla użytkownika stosowanych układów, urządzeń i podzespołów systemu ma ich niezawodność działania, wysoka jakość wykonania i łatwość obsługi, pozwalająca na konfigurowanie systemu i programowanie jego zadań według własnych potrzeb w możliwie prosty sposób. „Inteligencja” budynków jest zaprogramowana i „zaszyta” w pamięciach sterowników i komputerach układów automatyki w instalacjach inteligentnych budynków.

Inteligentny budynek jest wysoko zaawansowanym technicznie obiektem z automatycznym, bardzo elastycznym systemem zarządzania jego użytkowaniem. Inteligentny Budynek posiada czujniki i detektory oraz jeden, zintegrowany podsystem zarządzania wszystkimi znajdującymi się w tym budynku instalacjami. Dzięki informacjom pochodzącym z różnych elementów systemu, możliwa jest reakcja na zmiany środowiska wewnątrz i na zewnątrz budynku, maksymalizacja funkcjonalności, komfortu i bezpieczeństwa oraz minimalizacja kosztów eksploatacji. Należy także dodać, iż system Inteligentnego Budynku nie może wpływać negatywnie na ludzi znajdujących się w jego środowisku np. poprzez sterowanie parametrami klimatu wewnętrznych pomieszczeń tak, że część użytkowników odczuwa znaczny dyskomfort lub pojawiają się choroby np. astma.

Z punktu widzenia oszczędzania energii w Budynkach Inteligentnych najbardziej istotne są systemy sterowania oświetleniem, ogrzewaniem oraz klimatyzacją i wentylacją.

Sterowanie Oświetleniem

System sterowania oświetleniem umożliwia dostosowanie poziomu oświetlenia do obecności użytkowników poprzez czujniki obecności oraz możliwość zaprogramowania nawet kilku scen oświetleniowych („sceny”- patrz niżej) w jednym pomieszczeniu. Światło samoczynnie gaśnie za każdym razem, gdy czujniki nie wykrywają obecności użytkownika, ściemniacze natomiast dostosowują poziom natężenia do wymagań. W pomieszczeniach dużych lub reprezentacyjnych warto zaprogramować kilka scen (nastrojów) oświetleniowych. Innego oświetlenia potrzebujemy przy romantycznej kolacji, innego, gdy odwiedzą nas znajomi, jeszcze innego, gdy czytamy lub oglądamy telewizję. Scena oświetleniowa to kilka lamp włączonych równocześnie, każda z indywidualną mocą. Teraz można jednym przyciskiem zmienić „nastrój” z np. romantycznego na ogólny. W jednej chwili zapalamy wtedy kilka lamp, a gasimy inne. Wszystko po

naciśnięciu jednego przycisku. W skład każdej sceny mogą wchodzić także rolety, ogrzewanie i inne urządzenia, co znacznie zwiększa możliwości szybkiej zmiany nastroju. W ogrodzie, w którym zainstalowane są lampy również można stworzyć kilka scen oświetleniowych zależnie od okazji. Ich włączanie oraz sterowanie poszczególnymi lampami można wykonywać za pomocą pilota radiowego noszonego w kieszeni, bez konieczności wchodzenia do domu.

Sterowanie Ogrzewaniem

Tradycyjne systemy grzewcze utrzymują stałą temperaturę, nie uwzględniając funkcji pomieszczeń oraz czasu i pory użytkowania. Tymczasem inteligentny system zarządzania energią w budynkach wykonuje pomiary temperatury w poszczególnych pomieszczeniach, utrzymując ją na pożądanym poziomie. W trybie czuwania tj. po zarejestrowaniu wyjścia użytkowników z budynku obniża temperaturę o kilka stopni, a w trybie nocnym obniża tę temperaturę do wartości odpowiadającej mieszkańcom. Z kolei tryb komfort powoduje przejście do optymalnej temperatury przed powrotem domowników z pracy o ustalonej godzinie. Wydaje się, że to tak niewiele, jednak w wyniku sterowania ogrzewaniem, dzięki niezależnej regulacji temperatury w każdym pomieszczeniu, można zaoszczędzić ponad 30 proc. energii.

Sterowanie klimatyzacją i wentylacją

System sterowania w Inteligentnym Domu zapobiega także nieracjonalnemu zużyciu energii w procesie wentylacji i klimatyzacji. Instalacje te często przysparzają dodatkowych kosztów, pracując w niewykorzystywanych w danym momencie pomieszczeniach. Zastosowanie czujników obecności pozwala na przekazanie informacji do systemu o zaistnieniu konieczności dostarczenia komfortowych warunków klimatycznych w danej strefie.

Koszt instalacji urządzeń inteligentnego budynku to około 1-2% kosztu jego budowy, ale urządzenia te mają wpływ na obniżenie 75% kosztów eksploatacji budynku. Warto więc je zastosować, choć nie powinny one być obowiązkowymi wymaganiami stawianymi dla inwestorów i projektantów budynków w standardzie NF40 i NF15.

Pod pojęciem: Smart Grids – inteligentne systemy elektroenergetyczne, należy rozumieć rozwiązania techniczno-organizacyjne, które umożliwiają komunikację między wszystkimi uczestnikami rynku energii, mającą na celu dostarczanie usług energetycznych przy zapewnieniu obniżenia kosztów, zwiększenia efektywności oraz zintegrowania rozproszonych źródeł energii, w tym także energii odnawialnej.

Inteligentne sieci energetyczne (Smart Grid) to kompleksowe rozwiązania energetyczne, pozwalające na łączenie, wzajemną komunikację i optymalne sterowanie rozproszonymi elementami sieci energetycznych – po stronie producentów jak i odbiorców energii, służące ograniczeniu zapotrzebowania na energię. Sieci te wyposażone są w nowoczesną infrastrukturę (m.in. liczniki, wyłączniki, przełączniki, rejestratory), która umożliwia wzajemną wymianę i analizę informacji, a w efekcie - optymalizowanie zużycia energii (cieplnej, elektrycznej) lub np. dystrybucji gazu.

Inteligentne sieci energetyczne mają duże znaczenie z punktu widzenia ochrony środowiska. Po pierwsze, racjonalizując zużycie energii przyczyniają się do jej możliwie efektywnego wykorzystania. Po drugie, umożliwiają włączenie do systemu elektroenergetycznego niewielkich elektrowni, np. wiatrowych czy słonecznych, zainstalowanych w gospodarstwie domowym. Kiedy podaż energii przekracza zapotrzebowanie użytkownika może on jej nadmiar wprowadzić do systemu. Inteligentne sieci energetyczne zapewniają więc nie tylko oszczędność, ale także możliwość odbierania energii np. z lokalnego źródła w budynku i

przekazania do sieci. Dzięki temu obok efektywności energetycznej będą rozwijane odnawialne źródła energii.

2.10. Określenie możliwości wykorzystania OZE w budynku dla celów produkcji energii cieplnej i elektrycznej

2.10.1. Wstęp

Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (OZE) jest koniecznym warunkiem realizacji budownictwa energooszczędnego, pasywnego oraz niemal zero-energetycznego w szczególności, a urządzenia i systemy OZE znajdują zastosowanie we wszystkich obszarach zużycia energii w budynku.

W odniesieniu do źródeł energii odnawialnej bezpośrednio związanych z budynkiem należy w warunkach polskich rozważać wykorzystanie:

- energii promieniowania słonecznego:
 - poprzez zastosowanie rozwiązań architektury słonecznej, z włączeniem systemów pasywnych i oświetlenia światłem dziennym;
 - w aktywnych systemach grzewczych;
 - w instalacjach elektrycznych z ogniwami fotowoltaicznymi (PV);
- energii otoczenia budynku, zawartej w jego naturalnym środowisku (np. grunt, powietrze, wody gruntowe lub powierzchniowe) poprzez zastosowanie pomp ciepła;
- energii biomasy: w instalacjach z nowoczesnymi kotłami spalającymi paliwa drzewne;
- energii wiatru: za pomocą turbin wiatrowych,
- energii odpadowej poprzez rekuperację ciepła z układów wentylacyjnych, ścieków i innych.

Możliwe są inne rozwiązania niekonwencjonalne związane również z wykorzystaniem OZE, dotyczące pozyskiwania, magazynowania i utylizacji energii i odpadów, w tym:

- sezonowe magazynowanie energii cieplnej w gruncie;
- magazynowanie ciepła przy wykorzystaniu zjawiska zmiany stanu skupienia różnych materiałów;
- wstępne podgrzewanie lub chłodzenie powietrza wentylacyjnego w elementach rurowych pod ziemią;
- wykorzystanie naturalnej oczyszczalni ścieków;
- wykorzystanie wody deszczowej;
- zastosowanie ogniw paliwowych do produkcji energii elektrycznej i ciepła.

Technicznie w coraz większym stopniu realizowane są układy zintegrowane (pokrywające różne rodzaje potrzeb) oraz hybrydowe (wykorzystujące różne źródła odnawialne lub konwencjonalne wraz z odnawialnymi). Systemy energetyki wykorzystujące OZE powinny być szczególnie starannie dobierane w zależności od potrzeb obiektu i jego charakterystyk. Wszystkie dostępne na rynku, a zastosowane w budynku, urządzenia wykorzystujące OZE powinny mieć stosowne certyfikaty jakości.

2.10.2. Architektura słoneczna

Koncepcja i zaprojektowanie budynku, pod kątem maksymalnego wykorzystania energii promieniowania słonecznego do ogrzewania i oświetlenia, nazwane są architekturą słoneczną. Szczególnie istotnymi elementami, w zakresie projektu architektoniczno-budowlanego, przy zastosowaniu niekonwencjonalnych rozwiązań, związanych w sposób bezpośredni lub pośredni z wykorzystaniem energii promieniowania słonecznego, są m.in.:

- orientacja i kształt budynku;
- oświetlenie światłem dziennym;
- właściwe rozplanowanie pomieszczeń mieszkalnych i użytkowych;
- struktura, rodzaj i umiejscowienie następujących elementów budynku:
 - przegród zewnętrznych,
 - izolacji cieplnej,
 - okien;
- systemy pasywne, m.in. przestrzenie buforowe, podwójne fasady.

Istotne elementy architektury słonecznej to m.in. „otwartość” budynku od strony południowej. Budynek powinien być „otwarty” na oddziaływanie promieniowania słonecznego, poprzez zwiększone powierzchnie okien, dla uzyskania możliwie największych zysków cieplnych. O ile jest to możliwe, fasada południowa powinna być też największa. Aby zapobiec przegrzewaniu się pomieszczeń w lecie można stosować żaluzje, markizy, lamele lub okapy nad oknami. Budynek powinien być od strony północnej „szczelnie” oddzielony od otoczenia, co oznacza stosowanie tzw. „super” izolacji. Jednocześnie powinien być w sposób naturalny jak najbardziej osłonięty od negatywnych oddziaływań pogodowych. Ważny jest odpowiedni projekt zieleni z zasadzeniem od strony południowej drzew liściastych, a iglastych od północnej. W architekturze słonecznej zwraca się także uwagę na właściwe zlokalizowanie różnych pomieszczeń. Od strony południowej powinny znajdować się pokoje dzienne. Sypialnie mogą być umieszczone od strony wschodniej lub zachodniej. Od strony północnej (dobrze izolowanej, z ograniczoną liczbą oraz powierzchnią otworów okiennych) powinny znajdować się łazienki, pomieszczenia pomocnicze i zaplecze gospodarcze.

Należy zwrócić uwagę, że zmniejszenie zapotrzebowania na energię do oświetlenia można uzyskać poprzez systemy, czy właściwe zaplanowanie oświetlenia światłem dziennym (daylighting).

2.10.3. Pasywne systemy słoneczne

Zmniejszenie zużycia energii do ogrzewania pomieszczeń można osiągnąć dzięki stosowaniu pasywnych słonecznych systemów. Systemy takie stanowią elementy budynków, które odpowiednio zaprojektowane pochłaniają promieniowanie słoneczne, przepuszczają je, lub magazynują.

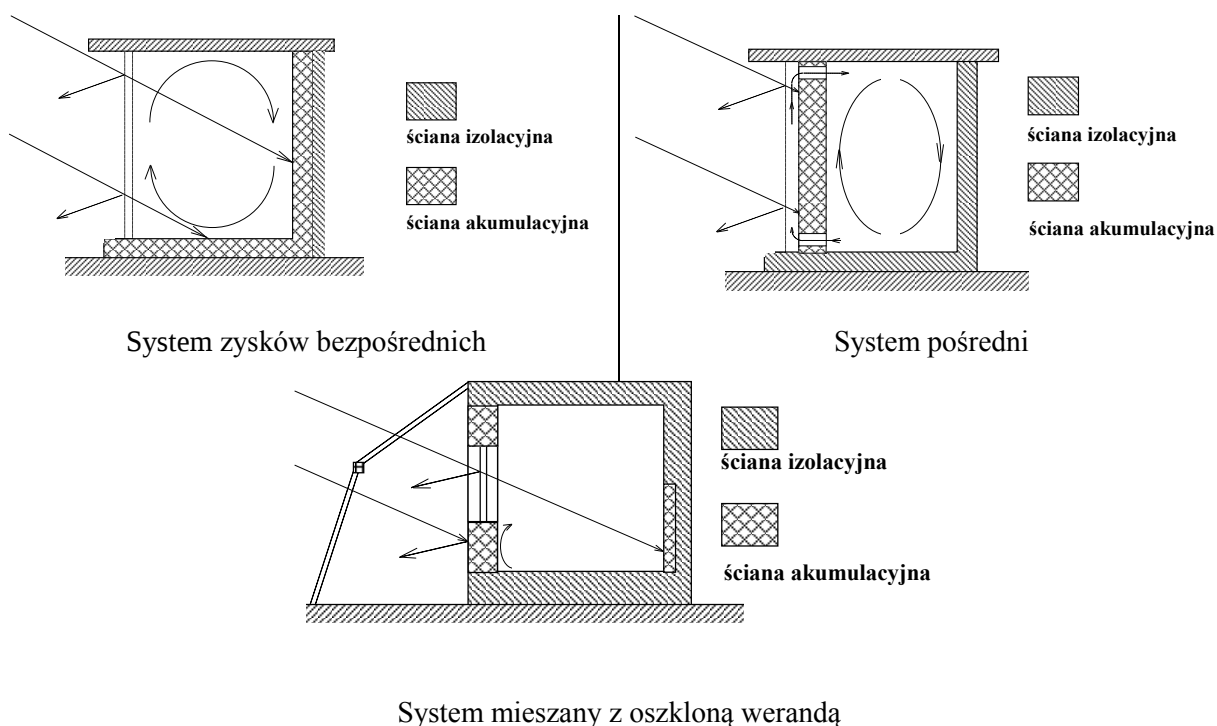
W odróżnieniu od systemów czynnych, w systemach biernych (pasywnych) nie występują układy, w których w sposób mechanicznie wymuszony (np. pompą) cyrkuluje medium pośredniczące w transporcie i przekazywaniu ciepła.

System zysków bezpośrednich to najprostszy pasywny system grzewczy. Okna w południowej ścianie umożliwiają bezpośrednią penetrację promieniowania słonecznego do wnętrza, gdzie jest ono pochłaniane i magazynowane w ścianach i podłodze, a także w znajdujących się w pomieszczeniu przedmiotach. Zmagazynowana energia jest następnie częściowo

przekazywana do powietrza wewnątrz obiektu podnosząc jego temperaturę. Warstwy ścian wewnętrznych mogą być specjalnie przystosowane do pochłaniania promieniowania słonecznego zmniejszając negatywne dobowe wahania temperatury. Najlepszym sposobem jest budowa przeciwległej do okna ściany z elementów akumulujących ciepło (np. klinkier).

Fluktuacje temperatury pomieszczenia, charakteryzujące system zysków bezpośrednich, są zazwyczaj większe niż tolerowane przez człowieka w zakresie odczuwalnego komfortu cieplnego. Efektywnym sposobem zmniejszenia tych wahań, z jednoczesną możliwością uzyskania przesunięcia okresu dostarczania energii do pomieszczenia na późniejsze godziny doby, jest odizolowanie wnętrza budynku od bezpośredniego promieniowania słonecznego za pomocą układu magazynującego (system pośredni). Konstrukcja taka, znana pod nazwą ściany Trombe'a, gromadzi energię słoneczną przenikającą przez osłony przezroczyste i pod wpływem występującej różnicy temperatury przewodzi ją do swej wewnętrznej powierzchni, skąd jest następnie oddawana do pomieszczenia na drodze konwekcji i promieniowania.

System tzw. mieszany stanowi np. układ z całkowicie oszkloną werandą. Ogrzewane pomieszczenie od strony południowej posiada masywną ścianę magazynującą odizolowaną od otoczenia oszkloną przestrzenią. Obszar werandy ogrzewany jest w sposób bezpośredni i charakteryzuje się dużymi wahaniami temperatury, podczas gdy przestrzeń mieszkalna uzyskuje energię słoneczną w sposób pośredni. System ten jest rekomendowany w polskich warunkach klimatycznych, przy konstrukcyjnym zabezpieczeniu oszklonej werandy przed nadmiernymi zyskami słonecznymi w okresie letnim oraz przy zapewnieniu wtedy odpowiedniej wentylacji dla uniknięcia jej, a pośrednio i pomieszczenia, przegrzewania.



Rysunek 17. Systemy pasywne wykorzystania energii promieniowania słonecznego

Metody ogrzewania pasywnego mogą być skuteczne jedynie w budownictwie o małym jednostkowym zapotrzebowaniu na energię do celów ogrzewczych i wymagają zastosowania systemu ogrzewania tradycyjnego o małej bezwładności. Stąd szczególne nimi zainteresowanie budownictwa pasywnego.

2.10.4. Aktywne słoneczne systemy grzewcze

Ciepłne kolektory słoneczne (płaskie, rurowo-próżniowe) są najbardziej rozpowszechnionymi w budownictwie urządzeniami do konwersji fototermicznej promieniowania słonecznego.

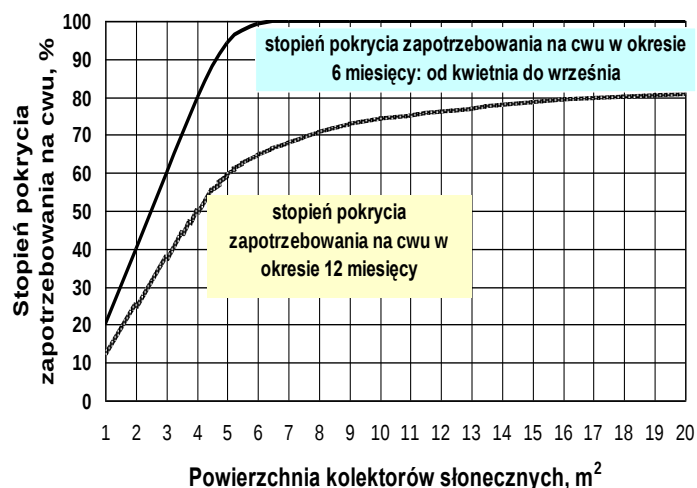
Kolektory słoneczne sytuuje się pochylając je pod pewnym kątem do płaszczyzny poziomej, co zwiększa jego napromieniowanie. Czynnikiem istotnym dla doboru kąta pochylenia kolektorów jest czas eksploatacji systemu słonecznego. Kolektor słoneczny skierowany na południe ma największą wydajność energetyczną, ale odchylenie do kilkunastu stopni w kierunku zachodnim lub wschodnim, skutkuje niewielkim jej obniżeniem. W sytuacji, gdy połać dachowa zachowuje odpowiedni kąt i pochylenie, kolektory słoneczne można montować nad powierzchnią dachu bez względu na jego pokrycie lub w połaci dachu z kołnierzem osłonowym. W zależności od materiału pokrycia powierzchni dachu należy stosować odpowiednie elementy mocujące kolektorów ze szczególnym uwzględnieniem szczelności wodnej. Możliwe jest ustawienie kolektorów na płaskim dachu lub też pochylonym, balkonie lub gruncie, na odpowiednim stelażu zapewniającym właściwe pochylenie oraz kierunek kolektorów. Nie należy umieszczać kolektorów tuż nad ziemią, zapewniając pewną minimalną wysokość dla uniknięcia zawilgocenia absorbera.

Zespoły lub pojedyncze moduły płaskich kolektorów słonecznych są najczęściej wykorzystywane w słonecznych instalacjach przygotowania ciepłej wody użytkowej.

Zyski energetyczne wynikające z zastosowania systemu słonecznego zależą bardzo od rodzaju instalacji, w której wykorzystuje się kolektory, od wymaganych temperatur pracy układu i od warunków klimatycznych, a w szczególności - nasłonecznienia i temperatury zewnętrznej. W planowaniu słonecznej instalacji podgrzewania ciepłej wody użytkowej, którego podstawowym elementem jest dobór powierzchni kolektorów słonecznych, należy odnieść się do zapotrzebowania uwarunkowanego ilością osób i przypadającym na osobę zużyciem ciepłej wody użytkowej, do dobowego, miesięcznego i rocznego rozkładu jej odbioru oraz do ilości energii docierającej w danym rejonie i lokalizacji do kolektora.

Dokładne przyjęcie wielkości powierzchni kolektorów słonecznych wymaga przeprowadzenia stosownych obliczeń. Najdokładniejsze są symulacje numeryczne uwzględniające warunki klimatyczne i pełne charakterystyki elementów instalacji. Do projektowania systemów słonecznych mogą być również wykorzystywane metody korelacyjne, w postaci graficznej lub funkcyjnej (np. *F-Chart*) podające zależności między zmiennymi bezwymiarowymi, określonymi przez parametry instalacji i warunki jej pracy. Metody te opracowywane są na podstawie wyników wielu szczegółowych obliczeń symulacyjnych oraz danych eksperymentalnych.

Przy doborze wielkości powierzchni kolektorów promieniowania słonecznego możliwe jest bazowanie na pewnych przyjętych standardach (np. często producenci sugerują dobór powierzchni kolektora o wielkości $1,5 \text{ m}^2$ na osobę, co jest w standardowej instalacji poprawne).



Rysunek 18. Stopień pokrycia zapotrzebowania 4 osobowej rodziny na ciepłą wodę użytkową w zależności od powierzchni kolektorów systemu słonecznego

W przypadku słonecznych systemów przygotowania ciepłej wody użytkowej zalecane jest planowanie instalacji tak, aby pokryła ona 60 ÷ 70% (średnio 65%) rocznego zapotrzebowania, 90 ÷ 100% latem, na ciepłą wodę użytkową.

Możliwe jest uzyskanie ok. 350 ÷ 550 kWh rocznie z 1 m² typowego płaskiego kolektora (450-600 kWh/m² w przypadku kolektora próżniowego) w instalacji słonecznego podgrzewania ciepłej wody użytkowej. Duże znaczenie dla zwiększenia zysków energetycznych instalacji ma nie tylko sprawność kolektora słonecznego wynikająca z jego typu, ale właściwy dla każdego rodzaju instalacji dobór zbiornika magazynującego, wymiennika ciepła, długości połączeń rurowych, odpowiedniej izolacji cieplnej elementów systemu.

Systemy słoneczne z kolektorami mogą być wykorzystane do przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz dla potrzeb centralnego ogrzewania (system słoneczny nazywany „kombi”). W związku z coraz bardziej powszechnym stosowaniem niskotemperaturowych systemów ogrzewania pomieszczeń (ogrzewanie podłogowe, ściennie) zwiększa się możliwość efektywnej pracy systemu słonecznego do celów ogrzewania pomieszczeń. Źródło energii jest niestety niekoherentne z zapotrzebowaniem na ciepło do ogrzewania. Stąd istotne wspomaganie systemu ogrzewania kolektorami słonecznymi (bez sezonowego magazynowania energii) może następować w okresie wiosennym. Ze względu na poziom temperatury, systemy słoneczne są nawet bardziej wskazane do ogrzewania niż do podgrzewu wody użytkowej. Przy niskotemperaturowych systemach grzewczych czynnik roboczy w obiegu grzewczym może mieć temperaturę na poziomie 40°C, natomiast w systemie ciepłej wody użytkowej, temperatura ciepłej wody jest wymagana na poziomie minimum 45÷50°C. Wykorzystanie systemu słonecznego do ogrzewania pomieszczeń wymaga znacznie większych powierzchni kolektorów słonecznych (od kilkunastu metrów kwadratowych), niż w przypadku instalacji jedynie do podgrzewania ciepłej wody. System ogrzewania z kolektorami słonecznymi, mający charakter uzupełniający w stosunku do konwencjonalnej instalacji grzewczej, jest też bardziej skomplikowany i w konsekwencji wymaga znacznie większych nakładów inwestycyjnych. W okresie letnim należy również zagospodarować nadmiar energii pozyskanej w kolektorach, w stosunku do potrzeb podgrzewania ciepłej wody użytkowej, np. do ogrzania wody w basenie.

Instalacje z kolektorami słonecznymi mogą być wykorzystane w systemach klimatyzacji i do produkcji chłodu (tzw. systemy słoneczne kombi plus).

2.10.5. Systemy konwersji fotoelektrycznej promieniowania słonecznego (panele fotowoltaiczne)

Konwersja fotowoltaiczna, czyli bezpośrednia zamiana energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną, odbywa się dzięki wykorzystaniu tzw. efektu fotowoltaicznego polegającego na powstawaniu siły elektromotorycznej w materiałach o niejednorodnej strukturze, podczas ich ekspozycji na promieniowanie elektromagnetyczne. Zainteresowanie systemami fotowoltaicznymi (PV) szybko wzrasta, a ich ceny znacząco maleją.

Stosowane są głównie ogniwa wykonane z krzemu monokrystalicznego, w zastosowaniach praktycznych o sprawności kilkanaście procent, polikrystalicznego o sprawności 8÷12%, amorficznego o sprawności ok. 8% i inne. Maksymalne sprawności uzyskiwanych w produkcji krzemowych ogniw fotowoltaicznych zbliżają się do 20%.

Ogniwa słoneczne łączy się ze sobą w układy zwane modułami fotowoltaicznymi, o mocy kilkudziesięciu wat, a te z kolei służą do budowy systemów fotowoltaicznych. Systemy fotowoltaiczne można podzielić na systemy podłączone do sieci trójfazowej elektroenergetycznej poprzez specjalne urządzenie zwane falownikiem oraz na systemy autonomiczne zasilające bezpośrednio urządzenia prądu stałego, zazwyczaj z wykorzystaniem okresowego magazynowania energii w akumulatorach elektrochemicznych.

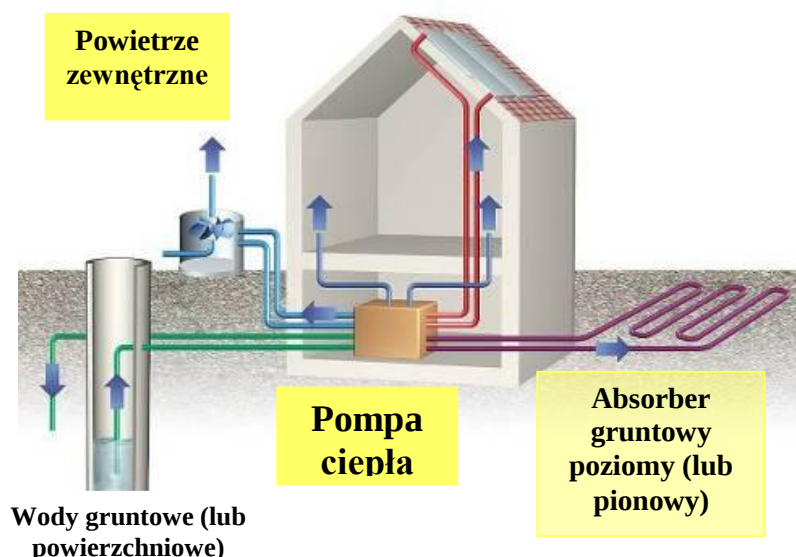
Nowoczesne systemy fotowoltaiczne mogą stanowić elementy okładzin ściennych, w tym również z chłodzeniem wewnętrznej powierzchni modułów ogniw i wykorzystaniem pozyskanego ciepła do celów ogrzewczych. Wykorzystując ogniwa PV do celów energetycznych, należy ponieść koszty inwestycyjne na baterie akumulatorów, układy sterowania i ewentualnie falowniki prądu, gdyż zarówno ogniwa, jak i akumulatory generują prąd stały.

2.10.6. 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. Pompy ciepła mają zastosowanie zarówno w powietrznych jak i wodnych systemach ogrzewania.

Dolne, odnawialne źródła pompy ciepła mogą stanowić:

- powietrze zewnętrzne,
- grunt,
- wody powierzchniowe (rzeki, jeziora, stawy),
- wody gruntowe,
- wody geotermalne,
- promieniowanie słoneczne.



Rysunek 19. Możliwe źródła ciepła przy wykorzystaniu pompy ciepła do ogrzewania pomieszczeń lub podgrzewania ciepłej wody użytkowej

Do funkcjonowania najczęściej stosowanej sprężarkowej pompy ciepła niezbędne jest dostarczenie energii elektrycznej do napędu silnika sprężarki. Stosunek pomiędzy mocą grzewczą pompy ciepła a niezbędną do napędu sprężarki mocą elektryczną wyrażany jest właśnie przez współczynnik wydajności cieplnej (COP) pompy ciepła. Z termodynamicznych podstaw pomp ciepła wynika, że ich efektywność energetyczna zależy przede wszystkim od różnicy temperatur między źródłami. Przyjmując, że wykorzystujemy źródła ciepła o temperaturze otoczenia, efektywność pompy ciepła będzie tym większa, im niższa będzie temperatura źródła górnego.

Średni sezonowy współczynnik wydajności grzejnej dla pomp ciepła w polskich warunkach klimatycznych zawiera się w przedziale od 2,5 do 6,0 i jego wartość zależy od rodzaju zastosowanego zewnętrznego wymiennika ciepła i typu instalacji grzewczej.

Średnie wartości COP współczesnych pomp ciepła są na poziomie:

- COP = 5,5 dla wód gruntowych jako dolnego źródła ciepła,
- COP = 4,4 dla gruntu jako dolnego źródła ciepła,
- COP = 3,2 dla powietrza jako dolnego źródła ciepła.

W odniesieniu do systemu z pompą ciepła należy określić współczynnik SPF (Seasonal Performance Factor), uwzględniający również wszelką energię zużywaną przez system np. energię zasilającą urządzenia pomocnicze systemu. Dzięki zmniejszaniu zużycia napędowej energii elektrycznej „na potrzeby własne pompy ciepła” oraz na potrzeby pomp do przetłaczania czynników w dolnym źródle, a także niskotemperaturowemu ogrzewaniu pomieszczeń, osiągane są wartości SPF na poziomie 6. Znacznie wyższe mogą być wartości COP (a co za tym idzie także SPF) dla instalacji chłodniczych, w których niewielkie są różnice temperatury między dolnym i górnym źródłem.

Ze względu na czynniki stanowiące dolne i górne źródło ciepła, można rozróżnić, następujące pompy ciepła najczęściej wykorzystywane do ogrzewania pomieszczeń i podgrzewania ciepłej wody użytkowej:

- pompa ciepła powietrze/powietrze (P-P): pompa odbiera ciepło od powietrza i do powietrza je przekazuje
- pompa ciepła powietrze/woda (P-W)
- pompa ciepła woda/woda (W-W)

- pompa ciepła grunt/woda
- pompa ciepła woda/powietrze
- pompa ciepła grunt/solanka/woda, gdzie ze względu na duże powierzchnie wymienników ciepła, nie stosuje się w absorberach bezpośredniego odparowania, lecz włącza się solankę jako pośredni nośnik ciepła

Wyróżnia się dwa podstawowe układy współpracy pompy ciepła z instalacją ogrzewania:

- Układ monowalentny z pompą ciepła jako jedynym źródłem zasilania instalacji ogrzewania. Będąc jedynym urządzeniem zaspakajającym zapotrzebowanie na energię, pompa ciepła musi posiadać takie charakterystyki, aby sama mogła zaspokoić średnie i szczytowe obciążenia. Wymagany jest dobór odpowiedniego źródła dolnego (np. grunt, woda gruntowa), które powinno mieć stałą temperaturę w ciągu sezonu grzewczego. Szczególnym rozwiązaniem monowalentnego układu sprężarkowej pompy ciepła jest układ z wodnym zasobnikiem ciepła wyposażonym w dodatkowe grzałki elektryczne. Wprawdzie grzałki te spełniają rolę źródła szczytowego, lecz pojęcie układu monowalentny można odnieść do rodzaju nośnika energii dostarczonej do systemu ogrzewania. W tym przypadku doprowadzona jest jedynie energia elektryczna, układ taki nazywa się też monoenergetycznym.
- Układ biwalentny z pompą ciepła jako układem podstawowym oraz dodatkowym (szczytowym) źródłem ciepła, którym może być podgrzewacz elektryczny, kocioł gazowy lub olejowy. Systemy biwalentne wykorzystują dwa wzajemnie uzupełniające się źródła ciepła.

2.10.7. Biomasa

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. Pozytywne aspekty ekologiczne spalania biomasy wiążą się z faktem, że w procesie spalania biopaliwa emisja dwutlenku węgla równa jest pochłanianiu CO₂ na drodze fotosyntezy w procesie odnawiania tych paliw. Dlatego przyjmuje się, że w procesie spalania biomasy emisja CO₂ jest zerowa. 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.

3. LITERATURA

1. Instrukcja ITB nr 334/2002 Bezspoinowy system ocieplenia ścian zewnętrznych budynków, Warszawa 2002,
2. Firląg Sz., Ideczak M., Okna w budynkach pasywnych - funkcje, wymagania, bilans energetyczny, komfort cieplny, Świat Szkła nr 7-8/2006(99).
3. Mijakowski M., Sowa J., Narowski P., Sprawność temperaturowa odzysku ciepła a średniosezonowe ograniczenie zużycia ciepła w systemie wentylacji – wpływ strategii odzysku ciepła z powietrza usuwanego, Czasopismo Techniczne, 2-B/2010 Zeszyt 4 Rok 107,
4. Panek A., Firląg Sz.: Wentylacja w budynkach pasywnych, materiały konferencyjne VII Ogólnopolskiej Konferencji Energodom 2004.
5. Firląg Sz., Rucińska J.: Simplified method of designing an air-ground heat exchanger, materiały konferencyjne CESB 07 Prague Conference Central Europe towards Sustainable Building 2007.
6. Firląg Sz.: System grzewczy w budynku pasywnym - podstawy projektowe, Rynek Instalacyjny nr 6/2006 str. 66 – 68,
7. Kędzierski P., Wybrane aspekty modernizacji instalacji ogrzewania, Materiały budowlane nr 11/2008
8. Nowoczesne węzły ciepłe, Rynek Instalacyjny, nr 06/2009,
9. Feist W., Einführung zur Passivhaus – Versorgungstechnik, Protokollband Nr. 20, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase II, Passivhaus - Versorgungstechnik, 1999 str. 1 – 9.
10. Stempniak A., Kompleksowa modernizacja centralnych instalacji c.w.u., Rynek Instalacyjny, nr 12/2002,
11. Peuhkuri R., Tschui A., Pedersen S., Application of the local criteria/standards and their differences for very low-energy and low energy houses in the participating countries, NORTHPASS European project, raport, 12.03.2010,
12. Prusakiewicz M., Katalog mostków cieplnych – budynki niskoenergetyczne i pasywne, praca inżynierska WIL PW, 2012,
13. Emmerich S. J., McDowell T. P., Anis W., Simulation of the impact of commercial building envelope airtightness on building energy utilization. (Report), ASHRAE Transactions, 01.07.2007,
14. Feist W., Kah O., Klimaneutrale Passivhaus-Reihenhausssiedlung Hannover-Kronsberg, CEPHEUS-Projektinformation Nr. 18, Passivhaus Institut, Darmstadt 2001.
15. Definicje budynków niskoenergetycznych w krajach Północnoeuropejskich, NORTHPASS European project, raport D17, 2012,