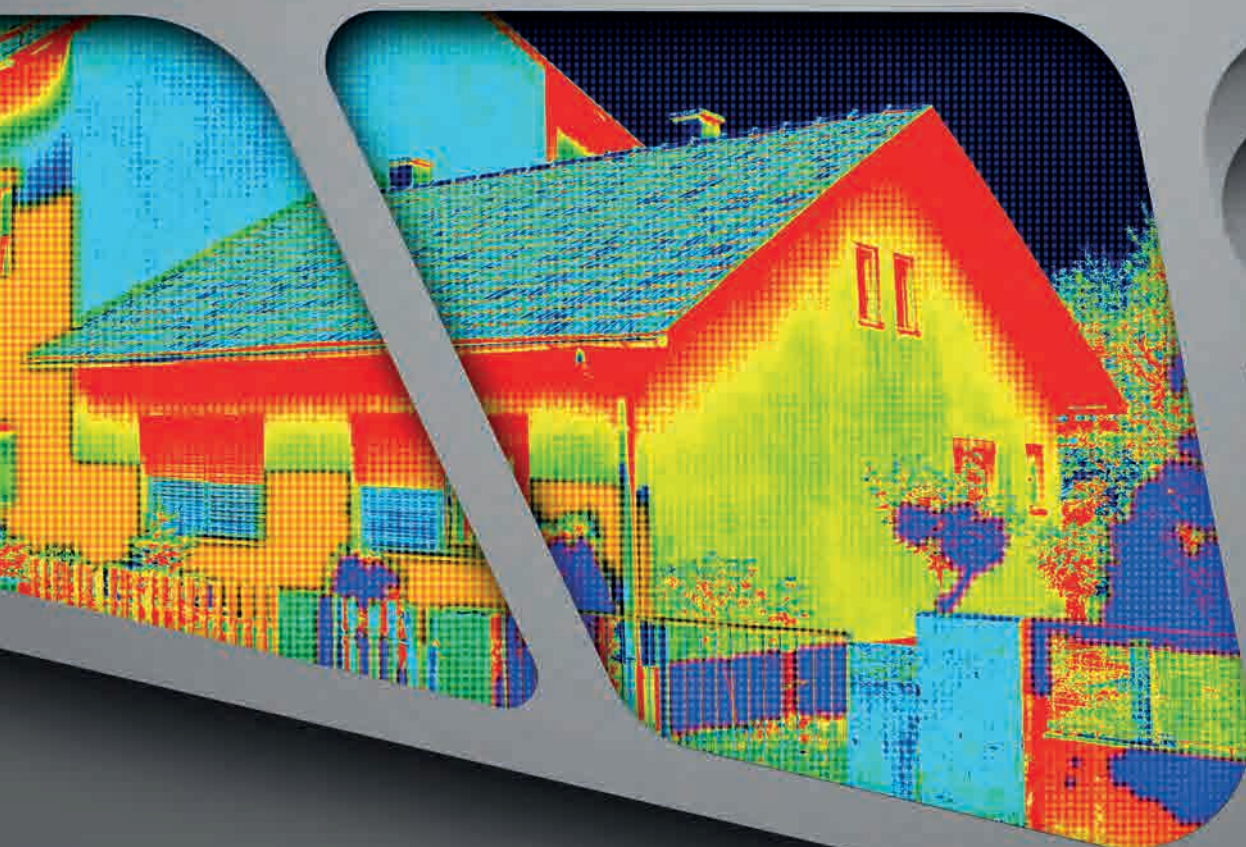



TERMO
MODERNIZACJA
to się opłaca!



KOMPLEKSOWA TERMOMODERNIZACJA BUDYNKÓW JEDNORODZINNYCH

PRACA ZBIOROWA POD REDAKCJĄ DR. INŻ. SZYMONA FIRŁĄGA



Fundacja „Ziemia i Ludzie” realizuje ideę zrównoważonego rozwoju, zakładającego rozwój społeczny i ekonomiczny w powiązaniu z ochroną środowiska naturalnego, bez zagrożenia możliwości zaspokojenia potrzeb przyszłych pokoleń.

Obszary działań Fundacji to edukacja na rzecz zrównoważonego rozwoju – w tym edukacja ekologiczna, konsumencka i obywatelska, ochrona środowiska naturalnego, działalność społeczno-kulturowa, aktywizacja jednostek i grup zagrożonych marginalizacją oraz wykluczeniem, jak również angażowanie społeczne biznesu.

Mamy nadzieję stworzyć wokół Fundacji społeczność, zaangażowaną w realizację działań na rzecz zrównoważonego rozwoju. Chcemy wzbudzić poczucie wspólnoty, odpowiedzialności, a także wiarę, że można odnosić sukces dbając o środowisko naturalne i wspierając postawy obywatelskie.

**KOMPLEKSOWA
TERMOMODERNIZACJA
BUDYNKÓW
JEDNORODZINNYCH**

PRACA ZBIOROWA POD REDAKCJĄ
DR. INŻ. SZYMONA FIRŁAGA

Redakcja:

dr inż. Szymon Firląg

Autorzy:

dr inż. Szymon Firląg

mgr inż. Martyna Gregoriou-Szczepaniak

dr inż. Agnieszka Kaliszuk-Wietecha

dr inż. Arkadiusz Węglarz

dr inż. Artur Miszczuk

mgr inż. Ewa Sobczyńska

Recenzenci:

dr hab. inż. Ryszard Robert Gajewski

prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz

Korekta: Danuta Żalewska

Skład:

Agencja Reklamowa M&P

Wydawca:



Copyright© Fundacja „Ziemia i Ludzie”

ul. Napoleona Bonaparte 47 B

04–965 Warszawa

www.ziemiaiuludzie.pl

Warszawa 2019

ISBN 978-83-943202-8-7

Patroni Merytoryczni:

- Politechnika Świętokrzyska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki
- Politechnika Łódzka, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska
- Politechnika Lubelska, Katedra Budownictwa Ogólnego
- Politechnika Warszawska, Instytut Inżynierii Budowlanej Wydziału Inżynierii Lądowej
- Instytut Budynków Pasywnych
- Koło Naukowe Budownictwa Ogólnego
- Zrzeszenie Auditorów Energetycznych
- Stowarzyszenie Na Rzecz Systemów Ociepleń

Patronat honorowy



Marszałek
Województwa
Mazowieckiego



Marszałek
Województwa Lubelskiego
Jarosław Stawiarski

Poparcie dla projektu:

- Urząd Marszałkowski Województwa Łódzkiego
- Urząd Marszałkowski Województwa Świętokrzyskiego
- Urząd Wojewódzki Województwa Łódzkiego
- Urząd Wojewódzki Województwa Świętokrzyskiego

Spis treści

1. Po co termomodernizować budynki jednorodzinne	5
1.1. Stan, ilość i wiek budynków w Polsce	5
1.2. Wpływ budynków na zużycie energii i emisję zanieczyszczeń w Polsce	6
1.3. Najczęściej wykorzystywane źródła ciepła, ich wiek oraz efektywność	8
1.4. Koszty użytkowania budynków, udział kosztów w budżecie domowym	9
1.5. Komfort życia w istniejących budynkach jednorodzinnych	10
1.6. Historyczne, obecne i przyszłe wymagania w zakresie efektywności energetycznej budynków	11
2. Możliwości sfinansowania lub wsparcia procesu termomodernizacji budynków jednorodzinnych	16
2.1. Program „Czyste Powietrze”	19
2.2. Fundusz Termomodernizacji i Remontów	19
2.3. Program PolREFF	20
2.4. Program Jawor	21
2.5. Program EKODom	22
2.6. Gdzie uzyskać porady dotyczące finansowania działań w zakresie termomodernizacji budynków jednorodzinnych?	23
3. Termomodernizacja – definicje, typowe przedsięwzięcia, właściwy przebieg procesu	24
3.1. Definicja i standardy termomodernizacji	24
3.2. Typowe przedsięwzięcia termomodernizacyjne i ich efekty	27
3.3. Optymalna kolejność prac termomodernizacyjnych	29
3.4. Typowe czasy zwrotu nakładów inwestycyjnych dla poszczególnych prac termomodernizacyjnych	30
3.5. Ocena prac termomodernizacyjnych w cyklu życia budynku	31
3.6. Przykładowe efekty termomodernizacji budynku jednorodzinnego	33
4. Ocieplenie ścian zewnętrznych	36
4.1. Funkcje i najczęściej spotykane konstrukcje ścian zewnętrznych	36
4.2. Typowe technologie ocieplania ścian zewnętrznych – wady i zalety, alternatywne nowoczesne rozwiązania	37
4.3. Określanie wymaganej grubości materiału izolacyjnego – przykładowe wymagane grubości ocieplenia dla najczęściej spotykanych konstrukcji ścian zewnętrznych	41
4.4. Procedura ocieplania ścian zewnętrznych – wymagania, newralgiczne momenty, sposoby kontroli, prace dodatkowe	44
4.5. Rozwiązywanie newralgicznych detali – eliminacja mostków cieplnych	46
4.6. Ocieplenie ścian wewnętrznych sąsiadujących z nieogrzewanymi pomieszczeniami	49
4.7. Przykładowe koszty ocieplania ścian zewnętrznych	50
5. Ocieplenie dachu, stropodachu	51
5.1. Najczęściej stosowane rozwiązania w starych budynkach	51
5.2. Wady stosowanych dawniej technologii	53
5.3. Obecnie stosowane rozwiązania	53
5.4. Ocieplenie stropów poddasza	56
5.5. Termomodernizacja dachów i stropodachów	57
6. Ocieplenie podłóg na gruncie i stropów nad nieogrzewanymi piwnicami	60
6.1. Podział podłóg	60
6.2. Konstrukcje najczęściej wykonywanych stropów oraz podłóg na gruncie	61
6.3. Termomodernizacja stropów oraz podłóg na gruncie	65
7. Dobór okien i drzwi zewnętrznych	70
7.1. Okna i drzwi w budynkach istniejących, najczęstsze wady	70
7.2. Typowe konstrukcje nowych okien i drzwi – wady i zalety, alternatywne nowoczesne rozwiązania	70
7.3. Wymagania dla okien i drzwi w budynkach poddawanych głębokiej termomodernizacji	72
7.4. Na co zwrócić uwagę kupując okna lub drzwi – jak znaleźć i odczytać informacje podane przez producenta	72
7.5. Wpływ okien na działanie wentylacji	73
7.6. Prawidłowy montaż okien	74
7.7. Koszty wymiany okien	75

8. Ograniczenie zużycia energii w procesie wentylacji	77
8.1. Wentylacja grawitacyjna	78
8.2. Wentylacja mechaniczna wywiewna i hybrydowa	80
8.3. Wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła	82
9. Sposoby modernizacji systemów ogrzewania	85
9.1. Wady istniejących systemów centralnego ogrzewania	85
9.2. Źródła ciepła – wymagania	88
9.3. Kryteria wyboru źródeł ciepła	90
10. Sposoby modernizacji instalacji ciepłej wody użytkowej	92
10.1. Budowa instalacji ciepłej wody użytkowej	92
10.2. Wady istniejących instalacji c.w.u.	94
10.3. Modernizacja instalacji c.w.u.	95
10.4. Wymagania stawiane instalacji c.w.u.	96
10.5. Sposoby ograniczenia zużycia c.w.u. i energii potrzebnej na jej podgrzanie	97
10.6. Bakteria Legionella	98
11. Wykorzystanie OZE w modernizowanych budynkach	99
11.1. Rodzaje odnawialnych źródeł energii	100
11.2. Kolektory słoneczne, rodzaje, zakres stosowania, koszty	100
11.3. Panele fotowoltaiczne, rodzaje, zakres stosowania, koszty	104
11.4. Małe elektrownie wiatrowe, rodzaje, zakresy stosowania, koszty	106
11.5. Kotły na biomasę, rodzaje, koszty	107
11.6. Możliwości sfinansowania lub wsparcia wykorzystania OZE w budynkach jednorodzinnych – program Prosument, programy WFOŚiGW	109
12. Prawidłowo wykonane audyty energetyczne	110
12.1. Analiza efektywności ekonomicznej przedsięwzięć termomodernizacyjnych	111
12.2. Kolejność i zakres prac modernizacyjnych	113
12.3. Uproszczone systemy eksperckie	114
12.4. System ekspercki – przykład oceny	118
13. Wybór firm wykonujących termomodernizacje	120
13.1. Jak znaleźć rzetelnego i sprawdzonego wykonawcę?	120
13.2. Przykładowe pytania do wykonawców	121
13.3. Przykładowe wzory umów z firmami wykonawczymi	121
13.4. Na co należy zwracać szczególną uwagę podczas realizacji prac	124
13.5. Sposoby powykonawczej kontroli jakości wykonanych prac	125
14. Problemy, jakie mogą spotkać inwestorów i wykonawców podczas termomodernizacji	128
14.1. Najczęstsze błędy popełniane w procesie ocieplania przegród	128
14.2. Mniejsze od zakładanych efekty termomodernizacji	132
14.3. Zastosowanie instalacji i rozwiązań nieopłacalnych ekonomicznie	132
14.4. Gdzie można uzyskać dodatkowe informacje na temat termomodernizacji domów jednorodzinnych?	133
15. Co zyskuje się na termomodernizacji budynków jednorodzinnych?	136
15.1. Zmniejszenie zużycia energii i kosztów użytkowania budynków	136
15.2. Zmniejszenie negatywnego wpływu budynków na środowisko	137
15.3. Podwyższenie jakości środowiska wewnętrznego i komfortu życia mieszkańców	137
15.4. Zwiększanie wartości nieruchomości	138
15.5. Polepszenie estetyki i funkcjonalności budynków	139
15.6. Wydłużenie żywotności budynków	139
15.7. Dobre przykłady termomodernizacji budynków jednorodzinnych	140

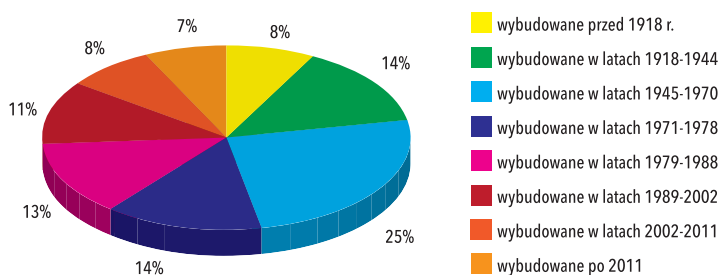


PO CO TERMOMODERNIZOWAĆ BUDYNKI JEDNORODZINNE

dr inż. Agnieszka Kaliszuk-Wietecka

1.1. Stan, ilość i wiek budynków w Polsce

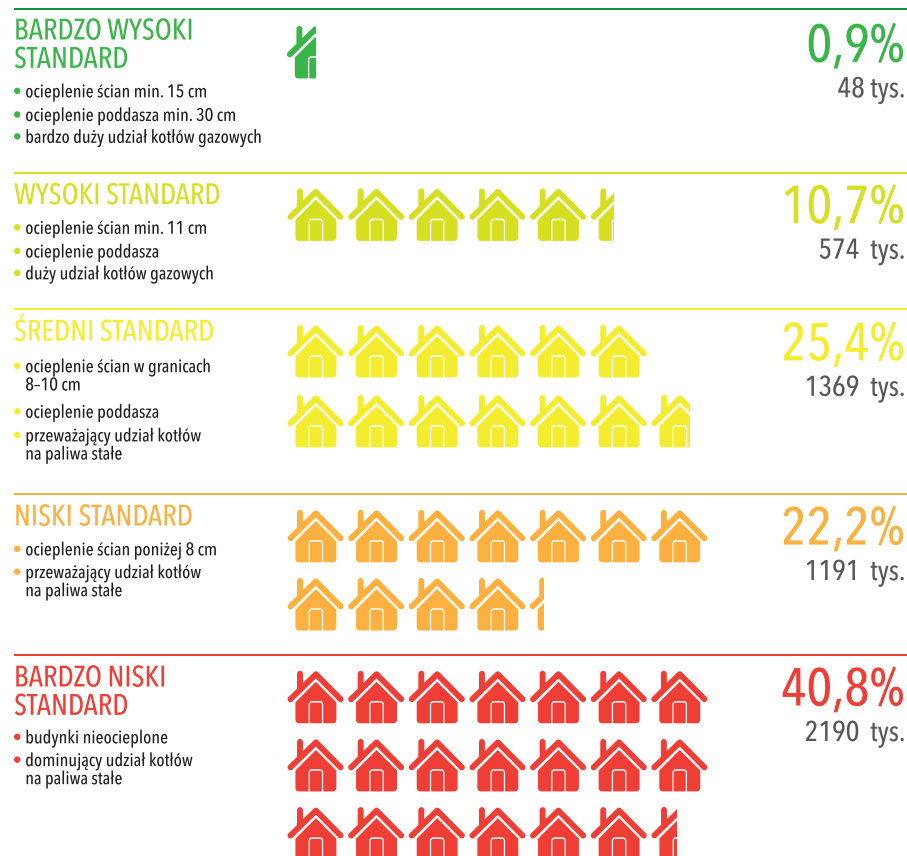
Wiek zasobów budowlanych w Polsce jest bardzo zróżnicowany. Dane podawane według różnych źródeł różnią się od siebie, ale można powiedzieć, że ponad 2/3 budynków to obiekty wybudowane około 40 lat temu i starsze (rysunek 1.1.) [1].



Rysunek 1.1. Przybliżona struktura wiekowa zasobów budowlanych w Polsce

Źródło: [1]

Liczbę budynków jednorodzinnych w Polsce oszacować można na około 5370 tys. Analizując stan tych budynków za kryterium przyjmując kryterium izolacyjności cieplnej można stwierdzić, że blisko 65% to standard niski lub bardzo niski, czyli są to budynki nieocieplone lub ocieplone niewielką grubością materiału izolacyjnego. Dodatkowo wśród budynków jednorodzinnych większość to budynki ogrzewane kotłami na paliwa stałe (rysunek 1.2.)



Rysunek 1.2. Szacowany standard budynków ze względu na kryterium izolacyjności cieplnej

Źródło: [2]

Ocieplanie i docieplanie budynków w Polsce rozpoczęło się wraz z dostępnością materiałów izolacyjnych. Pierwsze materiały izolacyjne charakteryzowały się znacznie słabszymi parametrami i niższą trwałością niż materiały współczesne. Początkowo ocieplano budynki niewielkimi grubościami materiałów izolacyjnych – od ok. 3–4 cm (w ścianach wielowarstwowych) do 6–8 cm. Dzisiejsze wymagania sprawiają, że obecnie ocieplenia przegród to od ok. 15 cm (ściany) do ok. 25 cm (dachy, stropodachy). Jakość doboru materiałów i stan docieplenia jest ściśle skorelowany ze świadomością i zamożnością inwestora (tabela 1.1.)

Tabela 1.1. Średnie grubości ocieplenia ścian w budynkach ocieplonych [3]

Średnia grubość ocieplenia ścian w budynkach ocieplonych		
Ogółem		9,9 cm
Lokalizacja budynku	Miasto	10,1 cm
	Wieś	9,7 cm
Lata budowy	Przed wojną	9,4 cm
	Lata 1945–1988	9,2 cm
	Lata 1989–2000	9,5 cm
	2001 i później	12,4 cm
Dochód netto gosp. domowego	Powyżej 4 tys. zł	10,3 cm
	Poniżej 4 tys. zł	9,0 cm

1.2. Wpływ budynków na zużycie energii i emisję zanieczyszczeń w Polsce

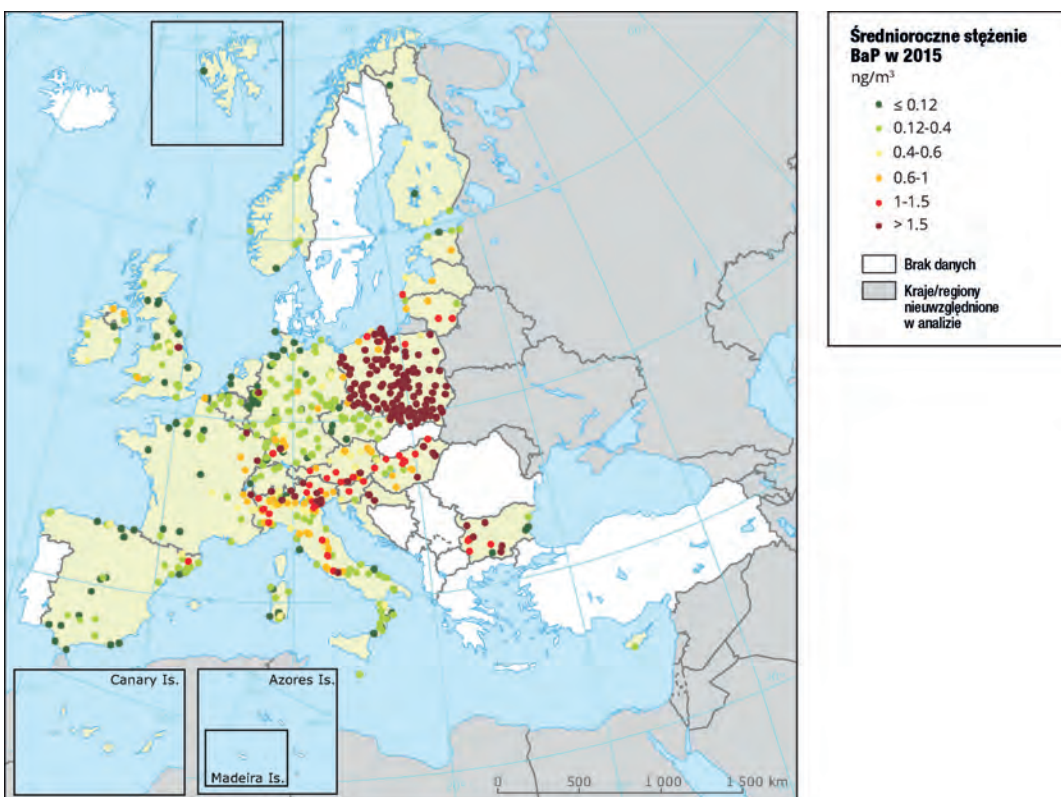
Budownictwo jest odpowiedzialne za zużycie około 40% zużywanej energii oraz za około 36% emisji CO₂ do atmosfery. Stąd podejmowane na poziomie centralnym Unii Europejskiej działania mające na celu ograniczenie zużycia energii i emisji CO₂. Pierwsza Detektywa Energy Performance of Buildings Directive zwana potocznie EPBD została wydana w 2002 roku i zobowiązywała kraje unijne do działań na szczeblu krajowym, takich jak opracowanie wspólnej metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynków i sposobów ich certyfikowania, opracowanie minimalnych

wymagań energetycznych oraz kontroli kotłów, klimatyzacji, instalacji grzewczych. Od tego czasu kolejne nowelizacje Dyrektywy EPBD oraz dyrektywy pokrewne wciąż rozszerzają działania mające na celu poprawę efektywności energetycznej budynków oraz zaostrzenia wymagań.

Pojęciem, które należy tu przywołać to pojęcie niskiej emisji, czyli emisji pyłów i szkodliwych gazów na wysokości do 40 m, które pochodzą z domowych pieców grzewczych i lokalnych kotłowni opalanych najczęściej węglem spalany w sposób nieefektywny. Niska emisja charakteryzuje się wprowadzaniem do powietrza niewielkich ilości zanieczyszczeń, ale przez liczne źródła. Przyczynami niskiej emisji są przede wszystkim:

- ogrzewanie domów słabej jakości paliwami stałymi, palenie w piecach śmieci,
- korzystanie z przestarzałych pieców, w których można spalać „wszystko”,
- niskie parametry energetyczne obudowy zewnętrznej budynków, przez co znaczna utrata energii w procesie ogrzewania,
- emisja komunikacyjna, czyli ruch samochodowy,
- mała popularność odnawialnych źródeł energii.

To właśnie niska emisja jest źródłem smogu, czyli zanieczyszczenia powietrza, m.in. pyłami PM_{2,5} i PM₁₀ oraz trwałych zanieczyszczeń organicznych w szczególności WWA (wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne), a więc najbardziej szkodliwe benzo(a)pireny oraz dioksyny, furany oraz metale ciężkie: rtęć, kadm, ołów, a także tlenki siarki i azotu i inne. Pyły PM₁₀ i PM_{2,5} stanowią poważny czynnik chorobotwórczy, gdyż osiadają na ściankach pęcherzyków płucnych utrudniając wymianę gazową, powodują podrażnienie naskórka i śluzówki, zapalenie górnych dróg oddechowych oraz wywołują choroby alergiczne, astmę, nowotwory płuc, gardła i krtani. Benzo(a)pireny mają silne działanie rakotwórcze (szczególnie nowotwory płuc) a także upośledzają płodność. Polska jest krajem w Europie o najwyższym stężeniu benzo(a)pirenu (rysunek 1.3.).



Rysunek 1.3. Stężenie średnioroczne benzo(a)pirenu w Europie w 2015 r.

Źródło: European Environment Agency

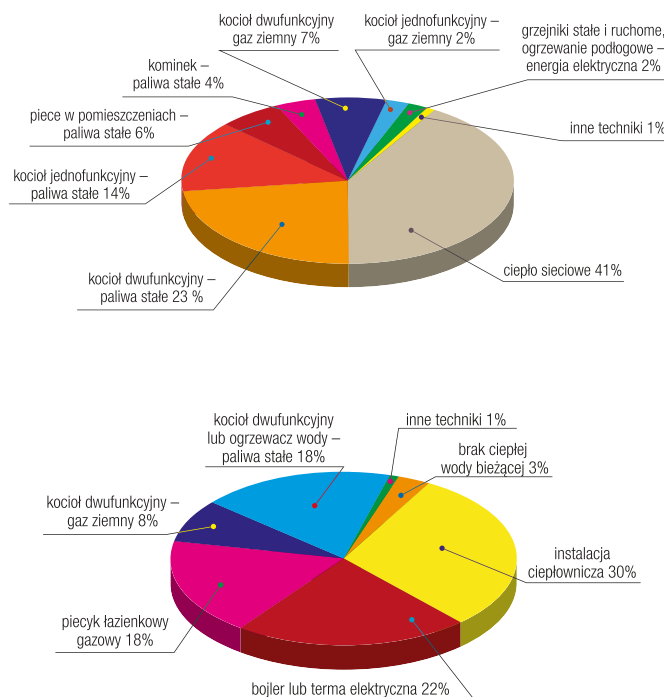
Grupą szczególnie narażoną na negatywne oddziaływanie pyłów są osoby starsze, dzieci, kobiety w ciąży oraz osoby cierpiące na choroby dróg oddechowych i układu krwionośnego. Przedwczesne zgony w wyniku zatrucia tymi

substancjami to ponad 2 miliony na świecie, w samej Europie ponad 350 tysięcy, a w Polsce 45 tysięcy. Niska emisja to nie tylko bezpośrednie oddziaływanie na ludzi, ale także wpływ na zmiany klimatyczne na całym świecie, kwaśne deszcze, przenikanie zanieczyszczeń do wód i gleb, a przez to do żywności oraz niszczenie zabytków i fasad budynków.

Najgorszy jest brak świadomości społecznej: spalanie śmieci, złych gatunkowo paliw stałych, nieizolowane przegrody zewnętrzne powodujące niekontrolowane straty ciepła, używanie starych samochodów bez katalizatorów i filtrów cząstek stałych. Niestety oprócz niewiedzy w Polsce mamy do czynienia z ubóstwem energetycznym czyli sytuacją, w której użytkownicy gospodarstwa domowego nie mogą pozwolić sobie na opłacenie usług energetycznych dla zapewnienia sobie codziennych potrzeb związanych z ogrzewaniem, gotowaniem, oświetleniem, itp. Zjawisko to ma znamiona błędnego koła, gdyż rozwiązania należy szukać w podnoszeniu efektywności energetycznej działaniami, takimi jak termomodernizacja budynku, a więc ocieplenie przegród, wymiana starych źródeł ciepła, zwiększenie sprawności instalacji, wymianie oświetlenia, inwestowanie w odnawialne źródła energii, a na to nie stać użytkowników.

1.3. Najczęściej wykorzystywane źródła ciepła, ich wiek oraz efektywność

Oszacowanie źródeł i paliw stosowanych do zaspokojenia potrzeb związanych z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej jest dość trudne, gdyż jak wynika z badań, uczestnicy ankiet nie zawsze chcą podać prawdziwe dane dotyczące własnych obiektów. Wartości różnią się nieco w różnych źródłach, można jednak przyjąć szacunkowo podział zbliżony do danych umieszczonych na rysunku 1.4.

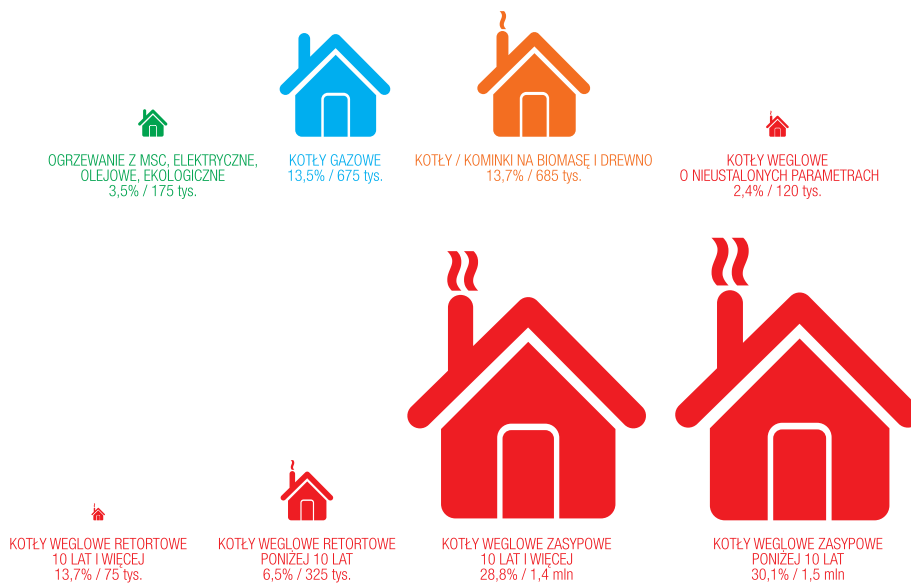


Rysunek 1.4. Ogrzewanie pomieszczeń i ogrzewanie wody według technik ogrzewania

Źródło: [3]

Z raportów i badań można przyjąć, że niemal 4500 tys. budynków jest ogrzewana paliwami stałymi i aż ok. 1700 tys. budynków wyposażonych jest w dużej części wyeksploatowane już kotły węglowe, w wieku 10 lat i więcej, a większość z nich to nieskomplikowane w konstrukcji kotły zasypowe, w których można spalać wszystkie dostępne typy paliw stałych, w tym najbardziej szkodliwe dla środowiska muły, floty oraz odpady bytowe czy budowlane. Raport z badań „Stan techniczny budynków jednorodzinnych w Polsce – źródła ogrzewania i standardy izolacyjności cieplnej” z maja 2017 roku przedstawia strukturę źródeł ogrzewania w Polsce w sposób jak na rys. 1.5.

Średni wiek urządzeń do ogrzewania pomieszczeń i ogrzewania wody mieści się, według badań, dla większości rodzajów urządzeń w przedziale od 5 do 11 lat. Nowsze urządzenia to zwykle te, które wykorzystują źródła odnawialne, a ich średni wiek to dla pomp ciepła – ponad 6 lat, kolektorów słonecznych – blisko 4 lata. Do urządzeń najstarszych należą piece na paliwa stałe, których średnia wieku przekraczała 24 lata.

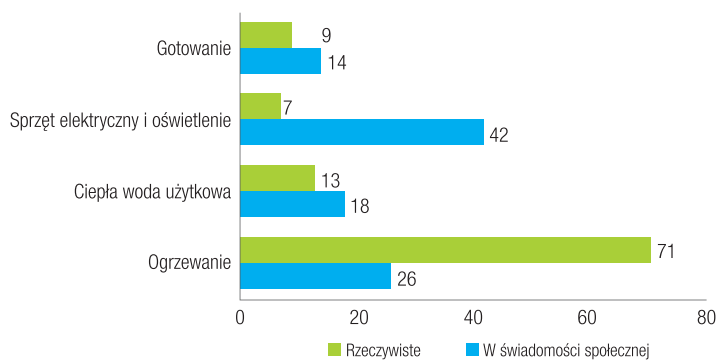


Rysunek 1.5. Struktura źródeł ogrzewania – oszacowanie liczby budynków

Źródło: [2]

1.4. Koszty użytkowania budynków, udział kosztów w budżecie domowym

Użytkowanie obiektu i uzyskanie określonego standardu użytkowania wiąże się z poniesieniem kosztów, które dla przeciętnego użytkownika stanowią zwykle znaczną część budżetu domowego, z czego nie zawsze zdaje on sobie sprawę (rysunek 1.6).



Rysunek 1.6. Uśrednione dane dotyczące zużycia energii w gospodarstwach domowych w Polsce: rzeczywiste oraz według świadomości społecznej

Źródło: [1]

Bardzo istotne jest, aby użytkownicy zdali sobie sprawę z wagi poszczególnych inwestycji dla możliwych do uzyskania oszczędności. Można zainwestować w energooszczędne sprzęty gospodarstwa domowego oraz energooszczędne oświetlenie, ale nie da to tak bardzo znaczących oszczędności jak inwestycja w termomodernizację budynku – ocieplenie przegród zewnętrznych, poprawienie sprawności poszczególnych elementów systemów grzewczych, wentylacyjnych i przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Zwykle inwestycje te powinny być zakrojone na szerszą skalę, co wbrew pozorom pozwala na zmniejszenie ponoszonych kosztów. Przykładem może być dzielenie inwestycji na mniejsze części, przez co niektóre elementy wykonuje się kilka razy np.: wymiana okien z wymianą obróbek blacharskich, a następnie docieplenie ścian, przy którym należy ponownie wymienić obróbki blacharskie.

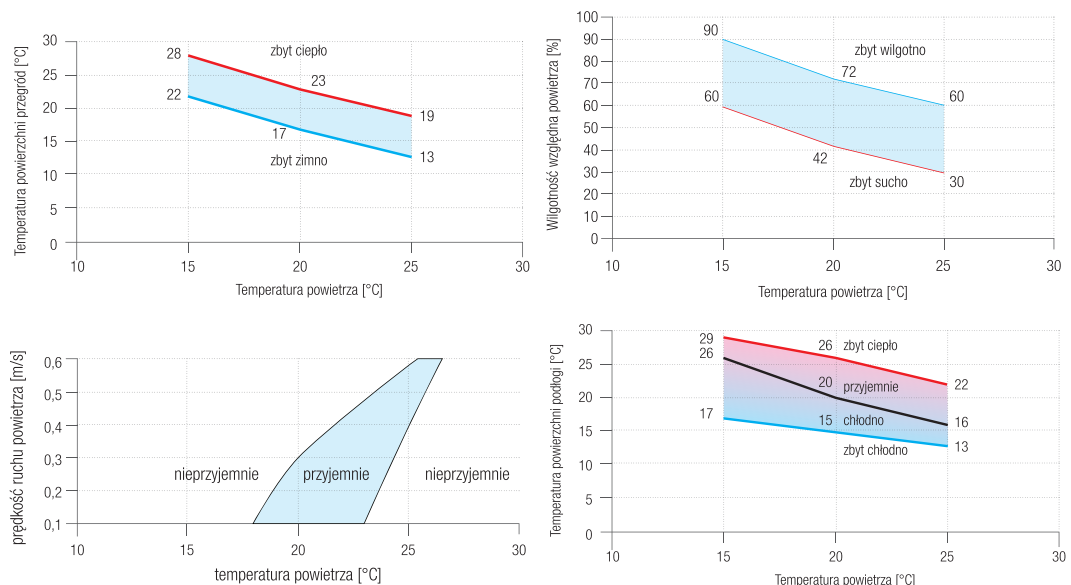
1.5. Komfort życia w istniejących budynkach jednorodzinnych

Mówiąc o mikroklimacie wnętrza ma się zwykle na myśli zapewnienie komfortu użytkownika. Oznacza to nie tylko stałą temperaturę powietrza wewnętrznego, ale także wilgotność względną dostosowaną do temperatury wnętrza, temperaturę wewnętrznych powierzchni przegród zewnętrznych na poziomie zbliżonym do temperatury wnętrza (ze szczególnym uwzględnieniem temperatury podłóg) oraz prędkości przepływu powietrza w pomieszczeniu (rysunek 1.7).

Konkretne parametry oraz ich wzajemne zależności wynikają między innymi z funkcji pomieszczenia, a co za tym idzie zakładanym sposobem użytkowania i rodzajem odzieży, w jakim użytkownicy przebywają w pomieszczeniach.

W budynkach, w których brak jest izolacji termicznej poszczególnych przegród, temperatura powierzchni wewnętrznych jest zwykle dużo niższa od temperatury powietrza wewnętrznego. Powoduje to, że osoba przebywająca w takim pomieszczeniu ma odczucie chłodu, które wynika z intensywnego promieniowania ciepła z ludzkiego ciała do powierzchni o niższej temperaturze. Konsekwencją tego jest podnoszenie temperatury wnętrza tak, aby „zrekompensować” odczucie chłodu. Podobnie, dyskomfort powoduje zbyt intensywny przepływ powietrza w pomieszczeniu, który może być spowodowany nieszczelnościami w przegrodach lub na połączeniach między nimi. To zjawisko jest często spowodowane wiekiem budynku i starzeniem się materiałów czy ich elementów, np. wypaczeniem się lub rozeschnięciem starych ram okiennych.

W starych budynkach występują również problemy z materiałami, które są niebezpieczne dla zdrowia. Jednym z najbardziej znanych są wyroby azbestowe, płyty włóknowo-cementowe znane pod handlową nazwą eternit, występujące najczęściej jako faliste pokrycia dachowe lub okładziny elewacyjne. Był on bardzo popularny ze względu na swoją wytrzymałość, odporność ogniową i niską cenę. Jednak badania wykazały, że włókna azbestowe są rakotwórcze i bardzo trudny jest proces ich usuwania i utylizacji. Nie przeprowadzono jeszcze pełnego spisu budynków zawierających azbest, ale szacuje się, że jest go około 15,5 mln ton.



Rysunek 1.7. Wykres zależności temperatury powietrza w pomieszczeniu od wilgotności i temperatury powierzchni przegród oraz zależności temperatury powietrza i prędkości przepływu powietrza

Inne szkodliwe substancje w materiałach budowlanych to: **benzen, toluen, chlorek winylu, fenole**. **Najniebezpieczniejsze** z nich to **benzen i toluen** występujące w żywicach, lepikach, klejach i farbach, powodujące bóle głowy, podrażnienia błon śluzowych, wątroby, nerek, zaburzenia układu nerwowego i choroby nowotworowe. W ramach okiennych, wykładzinach, panelach podłogowych oraz skrzydłach drzwi występował chlorek winylu, a w materiałach obiciowych mogą być zawarte fenole, które powoli uwalniają się podrażniając drogi oddechowe oraz skórę.

1.6. Historyczne, obecne i przyszłe wymagania w zakresie efektywności energetycznej budynków.

Obecnie wymagania ciepło-wilgotnościowe w stosunku do obiektów budowlanych przeznaczonych na stały pobyt ludzi można podzielić na grupy dotyczące:

1. Elementów obudowy zewnętrznej,
2. Bryły budynku jako całości,
3. Elementów instalacji systemów grzewczych i przygotowania ciepłej wody użytkowej.

W pierwszej grupie znajdują się wytyczne dotyczące następujących aspektów:

- ograniczenia strat przez przegrody budowlane,
- podanie granicznych wartości współczynnika przenikania ciepła $U_{(MAX)}$ dla poszczególnych rodzajów przegród przezroczystych i nieprzezroczystych składających się na skorupę zewnętrzną obiektu (ściany zewnętrzne, stropodachy, dachy, podłogi na gruncie, stolarka okienna i drzwiowa, itd.),
- uniknięcia niekorzystnych zjawisk związanych z kondensacją pary wodnej we wnętrzu przegrody,
- projektowania przegród zewnętrznych pod kątem zminimalizowania ryzyka wystąpienia kondensacji powierzchniowej umożliwiającej rozwój grzybów pleśniowych oraz kondensacji międzywarstwowej stanowiącej potencjalne źródło zawilgocenia elementów przegród,
- ograniczenie możliwości przegrzewania się pomieszczeń,
- optymalizowanie możliwych zysków od promieniowania słonecznego.

Druga grupa dotycząca obiektu jako całości dotyczy zagadnień związanych z:

- pokryciem zapotrzebowania budynku na energię na ogrzewanie, wentylację, przygotowanie ciepłej wody użytkowej, ewentualne chłodzenie oraz pracę napędów, ze szczególnym zwróceniem uwagi na aspekty środowiskowe – wskaźnik nieodnawialnej energii pierwotnej – EP,
- minimalizowaniem ryzyka przegrzewania się budynku w okresie letnim,
- uzyskaniem zakładanych parametrów szczelności na infiltrację zarówno przez elementy obudowy jak i ich złącza, co umożliwi ograniczenie strat związanych z wentylacją w budynku.

Trzecia grupa dotyczy minimalnych grubości ocieplenia poszczególnych elementów instalacji.

Pierwsze zalecenia/wymagania dotyczące przegród pojawiły się w normie PN-57/B-03404. Współczynnik przenikania ciepła K w roku 1957 [9] i były związane raczej z typowymi ówczesnie sposobami wykonania elementów budowlanych. Zalecenie dla ścian, gdzie współczynnik przenikania ciepła $U \approx 1,16 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ dotyczyło ścian murowanych „na dwie cegły”, które po otynkowaniu miały współczynnik przenikania ciepła $U \approx 1,16 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ oraz ściany z bali drewnianych (ok. 16 cm bale dawały ścianę nieco „cieplejszą”). Wraz ze zwiększeniem dostępności nowych materiałów, poprawie ich parametrów cieplnych, a także wzrostem cen energii i wymagań użytkowników, stopniowo zaostrzano wymagania, najpierw w latach 70, a potem 1989 roku [10, 11, 12]. Zmiany zaczęły się od stropodachów, których ocieplenie ze względu na możliwości techniczne było łatwiejsze, a kolejno obejmowały pozostałe przegrody. Początkowo wymagania były w stosownych normach, a w 2002 roku zostały one przeniesione do Dziennika Ustaw w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [5]. Kolejne nowelizacje Warunków Technicznych w roku od 2013 roku zaostrzały te wymagania [6].

Wartości graniczne współczynników przenikania ciepła U , obecnie podawana przez warunki techniczne, są wartościami całkowitymi U_c czyli uwzględniająca poprawki na nieszczelności (pustki powietrzne) w warstwie izolacji, łączniki mechaniczne przechodzące przez warstwę izolacji oraz wpływ opadów w przypadku konstrukcji dachu o odwróconym układzie warstw, obliczone zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi obliczania oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła oraz przenoszenia ciepła przez grunt. Wartości graniczne dla poszczególnych rodzajów przegród, uzależnione od obliczeniowej temperatury projektowanej w pomieszczeniu (bez rozróżnienia rodzajów budynków), przedstawiono w tabeli 1.1. i 1.2.

Tabela 1.1. Wymagania dla współczynnika przenikania ciepła dla różnych rodzajów ścian [13]

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu		Współczynnik przenikania ciepła $U_{c(max)}$ [W/(m ² ·K)]	
		2017	2021
Ściany zewnętrzne:	przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,23	0,20
	przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,45	0,45
	przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,90	0,90
Ściany wewnętrzne:	przy $\Delta t \geq 8^\circ\text{C}$ oraz oddzielające pomieszczenia ogrzewane od klatek schodowych i korytarzy	1,00	1,00
	przy $\Delta t < 8^\circ\text{C}$	bez wymagań	bez wymagań
	oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	0,30	0,30
Ściany przyległe do szczelin dylatacyjnych o szerokości:	do 5 cm, trwale zamkniętych i wypełnionych izolacją cieplną na głębokości co najmniej 20 cm	1,00	1,00
	powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny	0,70	0,70
	Ściany nieogrzewanych kondygnacji podziemnych	bez wymagań	bez wymagań

Tabela 1.2. Wymagania dla współczynnika przenikania ciepła dla dachów, stropów i stropodachów [13]

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu		Współczynnik przenikania ciepła $U_{c(max)}$ [W/(m ² ·K)]	
		2017	2021
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami:	przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,18	0,15
	przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30
	przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,70	0,70
Stropy nad pomieszczeniami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi:	przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25	0,25
	przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,3	0,3
	przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	1,00	1,00
Stropy nad ogrzewanymi pomieszczeniami podziemnymi i stropy międzykondygnacyjne:	przy $\Delta t \geq 8^\circ\text{C}$	1,00	1,00
	przy $\Delta t < 8^\circ\text{C}$	bez wymagań	bez wymagań
	oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	0,25	0,25
Podłogi na gruncie:	przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30
	przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	1,20	1,20
	przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	1,50	1,50

Oddzielne zestawianie wymagań obejmuje stolarkę okienną i drzwiową (tabela 1.3). Są to wymagania dotyczące całego zestawu okiennego U_w , a nie samego zestawu szybowego U_g , dla którego wartości współczynnika przenikania ciepła są zwykle lepsze.

Tabela 1.3. Wymagania dla współczynnika przenikania ciepła dla różnych rodzajów okien [13]

Okna, drzwi balkonowe i drzwi zewnętrzne		Współczynnik przenikania ciepła $U_{(max)}$ [W/(m ² ·K)]	
		2017	2021
Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne:	przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	1,1	0,9
	przy $t_i < 16^\circ\text{C}$	1,6	1,4
Okna połaciowe:	przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	1,3	1,1
	przy $t_i < 16^\circ\text{C}$	1,6	1,4
Okna w ścianach wewnętrznych:	przy $t_i \geq 8^\circ\text{C}$	1,3	1,1
	przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	bez wymagań	bez wymagań
	oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	1,3	1,1
Drzwi w przegrodach zewnętrznych lub w przegrodach między pomieszczeniami ogrzewanymi i nieogrzewanymi		1,5	1,3
Okna i drzwi zewnętrzne w przegrodach zewnętrznych pomieszczeń nieogrzewanych		bez wymagań	bez wymagań

W Polsce ograniczeniu podlega tylko energia pierwotna, a konkretnie wskaźnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP. Są one zróżnicowane w zależności od rodzaju budynku i podzielone w zależności od systemów instalacyjnych. Odpowiednio EP_{H+W} oznacza wskaźnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną dla systemów ogrzewania i ciepłej wody użytkowej, EP_C oznacza wskaźnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną dla systemu chłodzenia, a EP_L oznacza wskaźnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną dla systemu oświetlenia w przypadku budynków użyteczności publicznej. Wartości graniczne dla EP_{H+W} przedstawiono w tabeli 1.4 (dla wybranych rodzajów budynków).

Tabela 1.4. Wymagania dla współczynnika przenikania ciepła dla EP dla różnych rodzajów budynków [13]

Rodzaj budynku		Częstkowe maksymalne wartości wskaźnika EP_{H+W} na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej [kWh/(m ² ·rok)]	
		2017	2021
Budynek mieszkalny:	Jednorodzinny	95	70
	Wielorodzinny	85	65
-	Budynek zamieszkania zbiorowego	85	75
Budynek użyteczności publicznej:	Opieki zdrowotnej	290	190
	Pozostałe	60	45
-	Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny	90	70

Warunki techniczne jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie podają również wartości minimalnych grubości izolacji na przewodach instalacji ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej. Wymagania tabeli 1.5. są przejrzyste, ale stosowanie się do nich wpływa na wiele aspektów projektowania np.: światła przejść czy wysokości garaży.

Tabela 1.5. Wymagane wartości grubości izolacji instalacji [13]

Lp.	Rodzaj przewodu lub komponentu	Minimalna grubość izolacji cieplnej (materiał o współczynniku przewodzenia ciepła 0,035 W/(m·K) ¹⁾
1	Średnica wewnętrzna do 22 mm	20 mm
2	Średnica wewnętrzna od 22 do 35 mm	30 mm
3	Średnica wewnętrzna od 35 do 100 mm	równa średnicy wewnętrznej rury
4	Średnica wewnętrzna ponad 100 mm	100 mm
5	Przewody i armatura wg poz. 1–4 przechodzące przez ściany lub stropy, skrzyżowania przewodów	50% wymagań z poz. 1–4
6	Przewody ogrzewań centralnych, przewody wody ciepłej i cyrkulacji instalacji ciepłej wody użytkowej wg poz. 1–4, ułożone w komponentach budowlanych między ogrzewanymi pomieszczeniami różnych użytkowników	50% wymagań z poz. 1–4
7	Przewody wg poz. 6 ułożone w podłodze	6 mm
8	Przewody ogrzewania powietrznego (ułożone w części ogrzewanej budynku)	40 mm
9	Przewody ogrzewania powietrznego (ułożone w części nieogrzewanej budynku)	80 mm
10	Przewody instalacji wody lodowej prowadzone wewnątrz budynku ²⁾	50 % wymagań z poz. 1–4
11	Przewody instalacji wody lodowej prowadzone na zewnątrz budynku ²⁾	100 % wymagań z poz. 1–4

Uwaga:
 1) przy zastosowaniu materiału izolacyjnego o innym współczynniku przenikania ciepła niż podano w tabeli – należy skorygować grubość warstwy izolacyjnej.
 2) izolacja cieplna wykonana jako powietrznoszczelna.

Należy zwrócić uwagę, że po kilkunastu latach z Warunków Technicznych usunięto ograniczenie dotyczące powierzchni przeszklonych, przez wiele lat funkcjonujące zgodnie ze wzorem:

$$A_0 \leq A_{0MAX} = 0,15 \cdot A_z + 0,03 A_w$$

gdzie

A_z – suma pól powierzchni rzutu poziomego wszystkich kondygnacji nadziemnych (w obrysie zewnętrznym budynku) w pasie o szerokości 5 m wzdłuż ścian zewnętrznych,

A_w – suma pól powierzchni pozostałej części rzutu poziomego wszystkich kondygnacji po odjęciu A_z .

Stało się tak między innymi dlatego, że coraz lepsze parametry okien umożliwiają uzyskanie bilansu zerowego, a nawet dodatniego pomiędzy stratami na przenikanie, a zyskami od promieniowania.

Oprócz wymagań cieplnych warunki techniczne stawiają jeszcze przegrodom wymagania wilgotnościowe. Ich sprawdzenie jest szczególnie istotne, gdy wykonuje się docieplenia przegród od strony wewnętrznej, a nie jak to się czyni najczęściej od strony zewnętrznej.

Dawniej problem kondensacji powierzchniowej rozwiązywano sprawdzeniem, czy temperatura powierzchni przegrody nie jest niższa od temperatury punktu rosy czyli temperatury, od której rozpoczyna się kondensacja. Obecnie w Warunkach Technicznych sformułowanie dotyczące występowania kondensacji powierzchniowej zostało uściślone: „Na wewnętrznej powierzchni nieprzezroczystej przegrody zewnętrznej nie może występować kondensacja pary wodnej umożliwiająca rozwój grzybów pleśniowych”. Spełnienie tego warunku obowiązuje projektantów budynków mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej, produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych do takiego projektowania przegród zewnętrznych, aby charakteryzowały się czynnikiem temperaturowym f_{Rsi} o wartości nie mniejszej niż wymagana wartość krytyczna obliczeniowego współczynnika temperaturowego f_{Rsimin} [8].

Wymaganie Warunków Technicznych [13] dotyczy również zjawiska kondensacji węgłnej – nie może występować narastające w kolejnych latach zawilgocenie spowodowane kondensacją pary wodnej, a więc kondensacja węgłna może wystąpić w okresie zimowym, o ile struktura przegrody umożliwi wyparowanie kondensatu w okresie letnim i nie nastąpi przy tym degradacja materiałów budowlanych elementu na skutek tej kondensacji.

Oprócz omówionych warunków cieplno-wilgotnościowych ostatni punkt wymagań dotyczy szczelności budynku, która będzie omówiona dokładnie w odrębnym rozdziale.

W przypadku budynków termomodernizowanych wymagania minimalne, o których mowa w Warunkach Technicznych, uznaje się za spełnione, jeżeli przegrody oraz wyposażenie techniczne budynku podlegające modernizacji odpowiadają przynajmniej wymaganiom izolacyjności cieplnej określonym w rozporządzeniu i podanym w tabelach 1.1., 1.2., 1.3. i 1.5. Wymagania dotyczące granicznej wartości dla EP_{H+W} nie muszą być spełnione.

Literatura:

- [1] Budownictwo zrównoważone. Wybrane zagadnienia fizyki budowli. Agnieszka Kallszuk-Wietecha. PWN Warszawa 2017.
- [2] Stan techniczny budynków jednorodzinnych w Polsce – źródła ogrzewania I standardy izolacyjności cieplnej – Raport z badań, CEM Instytut Badań Rynku i Opinii Publicznej. Opracowanie wyników Łukasz Pytliński. Maj 2017.
- [3] Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2015 r. Opracowanie: Główny Urząd statystyczny, Warszawa 2017.
- [4] Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lipca 2015 roku w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690 z dnia 15 czerwca 2002, Dz.U. Nr 109/2004, poz.1156).

- [6] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 roku zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2013, poz. 926).
- [7] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz.U. 18 marca 2015 r. poz. 376).
- [8] PN-EN ISO 13788. Ciepłno-wilgotnościowe właściwości użytkowe komponentów budowlanych i elementów budynków. Określanie temperatury powierzchni wewnętrznej w celu uniknięcia krytycznej temperatury powierzchni i kondensacja międzywarstwowa. Metody obliczania.
- [9] PN-57/B-03404. Współczynnik przenikania ciepła K.
- [10] PN-64/B-03404. Współczynnik przenikania ciepła K dla przegród budowlanych.
- [11] PN-74/B-03404. Współczynnik przenikania ciepła K dla przegród budowlanych.
- [12] PN-82/B-02020. Ochrona cieplna budynków.
- [13] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 roku zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

2



MOŻLIWOŚCI SFINANSOWANIA LUB WSPARCIA PROCESU TERMOMODERNIZACJI BUDYNKÓW JEDNORODZINNYCH

dr inż. Szymon Firląg

Liczba jednorodzinnych budynków mieszkalnych przekracza w Polsce 5 mln [1]. Standard energetyczny aż 72% z nich (3,6 mln budynków) jest niski albo bardzo niski [2]. 29% budynków wykorzystuje przestarzałe, ponad 10-letnie kotły węglowe [3] a zaledwie 1% wszystkich budynków w Polsce można uznać za energooszczędne [2].

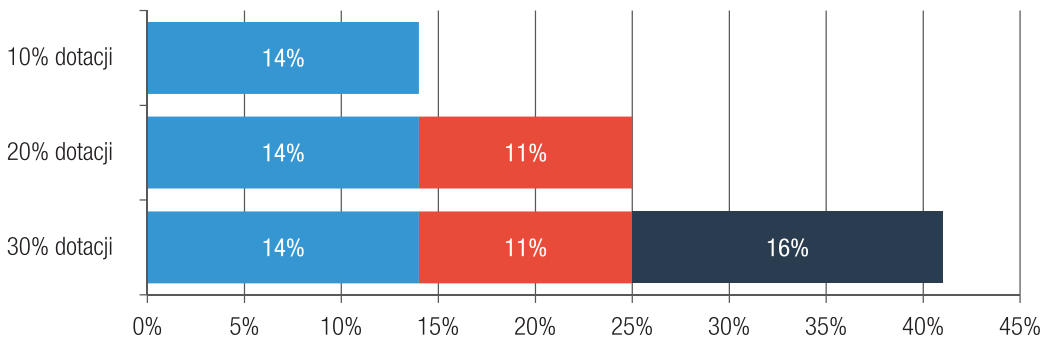
Dlaczego Polacy nie modernizują budynków i palą tanim węglem?

- Bo nie mają pieniędzy – z problemem ubóstwa energetycznego według szacunków Instytutu na rzecz Ekorozwoju borykało się w 2013 r. 17,1% Polaków [4]. Gdyby zostawało im więcej pieniędzy w kieszeni na koniec miesiąca to może by robili inaczej. Trzeba więc albo im tych pieniędzy więcej pozostawić, albo dać dotacje na planowane przedsięwzięcie.
- Bo nie mają know-how. Doradcy energetyczni mogą pomóc im w przygotowaniu i realizacji kompleksowych projektów.

Dlaczego instytucje finansowe nie finansują remontów budynków jednorodzinnych?

- Bo koszty transakcyjne są zbyt wysokie (małe projekty). Doradcy energetyczni lub gminy mogą wykonać część pracy za instytucje finansowe i powiązać projekty w pakiety, co może spowodować, że takie inwestycje staną się dla instytucji finansujących atrakcyjne. Uproszczona procedura oceny ułatwi i skróci czas potrzebny na przygotowanie projektu.
- Bo ryzyko związane z transakcjami w tym sektorze jest duże, a zdolność kredytowa klientów niewielka. Fundusz gwarancyjny mógłby pomóc ograniczyć ryzyko i zwiększyć zdolność kredytową.

Głównym źródłem (87,2%) środków finansowych na realizację przedsięwzięć termomodernizacyjnych są według Instytutu Ekonomii Środowiska zasoby własne. Poziom zainteresowania realizacją inwestycji termomodernizacyjnej (rysunek 2.1), właściciele budynków nieocieplonych, o wartości 30 tys. zł wzrasta wraz z wielkością dotacji: dla dotacji 10% wynosi 14%, dla dotacji 20% wynosi 25% a dla dotacji 30% wynosi 41% [2].



Rysunek 2.1. Zainteresowanie realizacją inwestycji termomodernizacyjnej, właściciele budynków nieocieplonych, o wartości 30 tys. zł przy różnych poziomach dotacji

Źródło: [2]

Koszt kompleksowej, głębokiej termomodernizacji budynku jednorodzinnego będzie przekraczał 30 tys. zł. Wynika to z większego zakresu pracy, które będą obejmować:

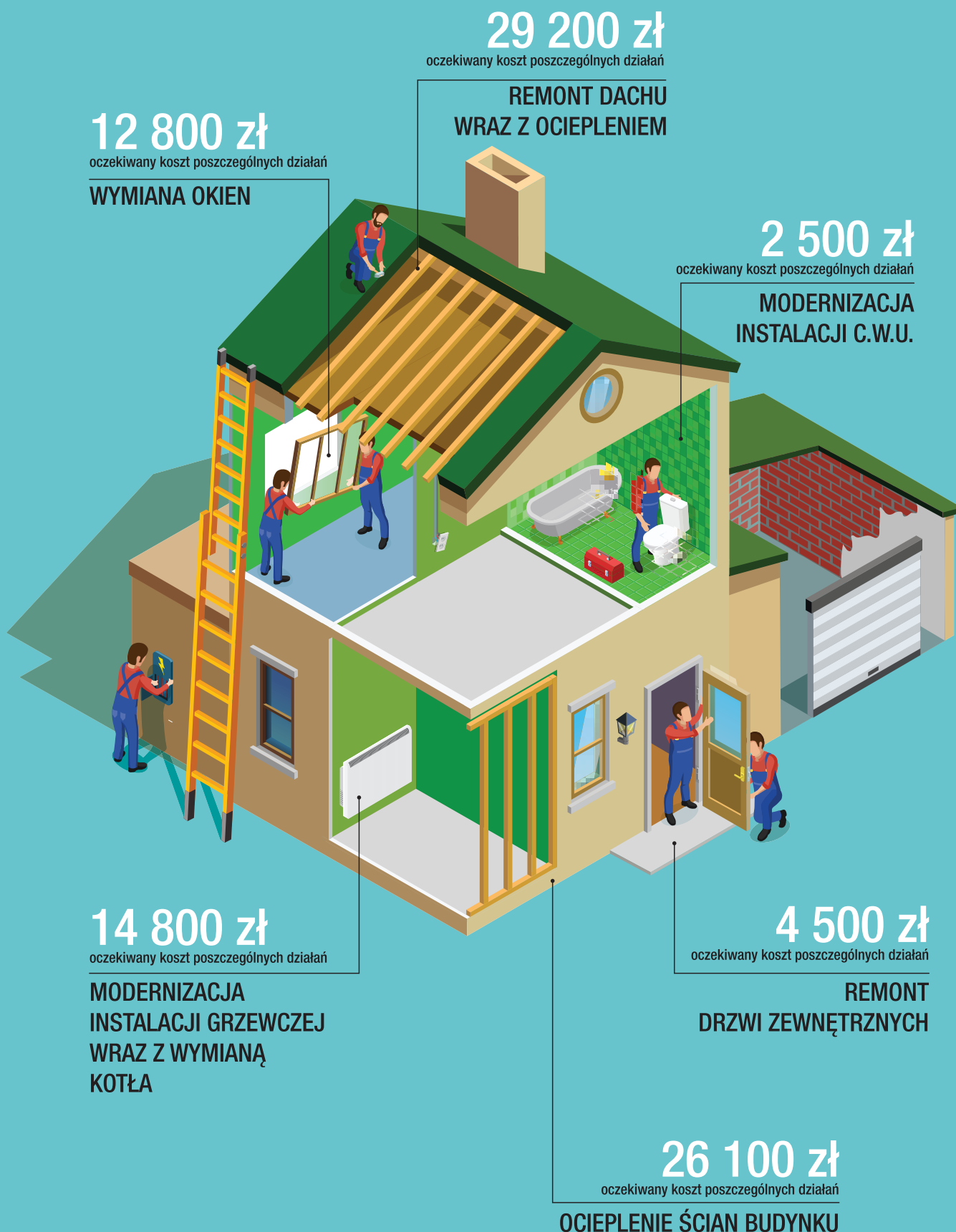
- wymianę lub modernizację źródła ciepła, instalacji c.o. i c.w.u.,
- ocieplenie przegród zewnętrznych,
- wymianę stolarki okiennej i drzwiowej,
- modernizację systemu wentylacji,
- zastosowanie OZE.

Taka głęboka termomodernizacja to dla właściciela budynku jednorodzinnego koszt około 80–100 tys. zł (rysunek 2.2).

Nie jest to kwota, którą będzie w stanie pokryć każdy inwestor tylko ze środków własnych. Decydując się na termomodernizację budynku jednorodzinnego możemy skorzystać z różnych programów wsparcia oferujących preferencyjne pożyczki lub dotacje. Do najważniejszych z nich (stan na wrzesień 2018) można zaliczyć:

- program priorytetowy „Czyste Powietrze” Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej,
- system wspierania przedsięwzięć termomodernizacyjnych – Fundusz Termomodernizacji i Remontów, którego administratorem jest Bank Gospodarstwa Krajowego,
- program PoIREFF, czyli Polski Program Finansowania Efektywności Energetycznej w Budynkach Mieszkalnych, który, został zainicjowany i jest rozwijany przez Europejski Bank Odbudowy i Rozwoju (EBOiR),
- program Priorytetowy „Jawor” – poprawa efektywności energetycznej, wdrażany przez Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie,
- program „EKODOM” wdrażany przez Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Toruniu,
- programy Wojewódzkich Funduszy Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz samorządów lokalnych, dofinansowujące wymianę kotłowni.

Wymienione powyżej programy wsparcia pozwalają uzyskać preferencyjny kredyt a nawet dotację. Część z nich ma zasięg krajowy, a część, jak „Jawor” i „EKODOM” wojewódzki lub lokalny w przypadku programów gminnych lub miejskich. W dalszej części rozdziału podano więcej szczegółów na temat zasad ich działania i mechanizmów przyznawania wsparcia.



Rysunek 2.2. Średnie oczekiwane koszty modernizacji poszczególnych elementów budynku jednorodzinnego

Źródło: [5]

2.1. Program „Czyste Powietrze”

Największe środki na wsparcie termomodernizacji budynków jednorodzinnych zostały przewidziane w programie „Czyste Powietrze”. Instytucją odpowiedzialną za jego wdrożenie jest Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) wraz z Wojewódzkimi Funduszami Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (WFOŚiGW). Założenia:

- na realizację programu związanego z ochroną powietrza i poprawą jego jakości w domach jednorodzinnych tj. termomodernizację, przewidziano wydatki w wysokości 103,0 mld zł, a łączny koszt inwestycji wyniesie 132,8 mld zł (suma budżetu programu i wkładu własnego beneficjentów),
- finansowanie programu w formie dotacji wyniesie 63,3 mld zł, a w formie pożyczek 39,7 mld zł,
- okres finansowania Programu obejmie lata 2018–2029,
- finansowanie Programu będzie pochodziło ze środków NFOŚiGW, WFOŚiGW oraz z środków europejskich nowej perspektywy finansowej,
- minimalny koszt realizowanego projektu to 7000 zł,
- zakłada się, że termomodernizacji zostanie poddanych ponad nawet 4 mln domów,
- właściciele domów, których dochody są najniższe otrzymają do 90 proc. dotacji na realizację przedsięwzięć finansowanych w ramach Programu,
- maksymalne koszty kwalifikowane (maksymalny całkowity koszt inwestycji) przewidziane do wsparcia dotacyjnego wynoszą 53 tys. zł,
- dotacje nie będą stanowiły przychodu podlegającego opodatkowaniu,
- pożyczki mogą być udzielane na okres do 15 lat z preferencyjnym oprocentowaniem, które na dzień dzisiejszy wynosi 2,4 proc.

Program może być bardzo dużym wsparciem dla osób planujących termomodernizację swojego domu. Podano również przykładowe maksymalne stawki jednostkowe dla głównych przedsięwzięć termomodernizacyjnych, które w programie wynoszą:

- ocieplenie przegród budowlanych oraz uzasadnione prace towarzyszące do 150 zł za m²,
- wymiana stolarki zewnętrznej w tym: okien, okien połaciowych, drzwi balkonowych, powierzchni przezroczystych nieotwieralnych do 700 zł za m²,
- instalacje wewnętrzne ogrzewania i ciepłej wody użytkowej do 10 000 zł za zestaw,
- pompy ciepła na cele centralnego ogrzewania oraz centralnego ogrzewania i centralnej wody użytkowej do 30 000 zł za zestaw,
- kotły gazowe kondensacyjne wraz z systemem odprowadzania spalin do 20 000 zł za zestaw.

Porównanie podanych stawek z kosztami podanymi na rysunku 2.2 pokazuje, że są one zaproponowane w dobry sposób i pozwolą na wykonanie zakładanych prac. Warunkiem przyznania dofinansowania ma być wykonanie audytu energetycznego lub uproszczonej oceny potwierdzającej skuteczność planowanych prac.

2.2. Fundusz Termomodernizacji i Remontów

Program oferuje dotacje na termomodernizację i remont istniejących budynków. Jest skierowany głównie dla budynków wielorodzinnych i użyteczności publicznej. Jest to program zarządzany przez Bank Gospodarstwa Krajowego (BGK) i od 1999 roku finansowany ze źródeł krajowych. Obecnie roczny budżet wynosi około 200 mln zł. W latach 1999–2014 termomodernizacji poddano prawie 43,3 tysięcy budynków, a całkowita suma dofinansowania wyniosła 2 324 mln zł. W odniesieniu do całkowitej ilości budynków w Polsce oznacza to, że tylko 0,6% zasobów budowlanych zostało zmodernizowane przy wykorzystaniu programu. Budynki wielorodzinne stanowiły 95% ogółu termomodernizowanych budynków, czyli ze wsparcia skorzystało 8% z nich. Działalność funduszu przyczyniła się do termomodernizacji tylko 0,01% istniejących budynków jednorodzinnych – jedynie 1,8% składanych wniosków dotyczyło domów. Program działa poprawnie, jednak skala dostępnych środków każdego roku jest zbyt mała w stosunku do potrzeb. Kolejnym problemem jest jego mała atrakcyjność dla właścicieli budynków jednorodzinnych. Wynika ona z zbyt dużych kosztów transakcyjnych (konieczność wykonania audytu, projektu) niepokrywanych przez program (tabela 2.1).

Tabela 2.1. Podstawowe informacje o Funduszu Termomodernizacji i Remontów

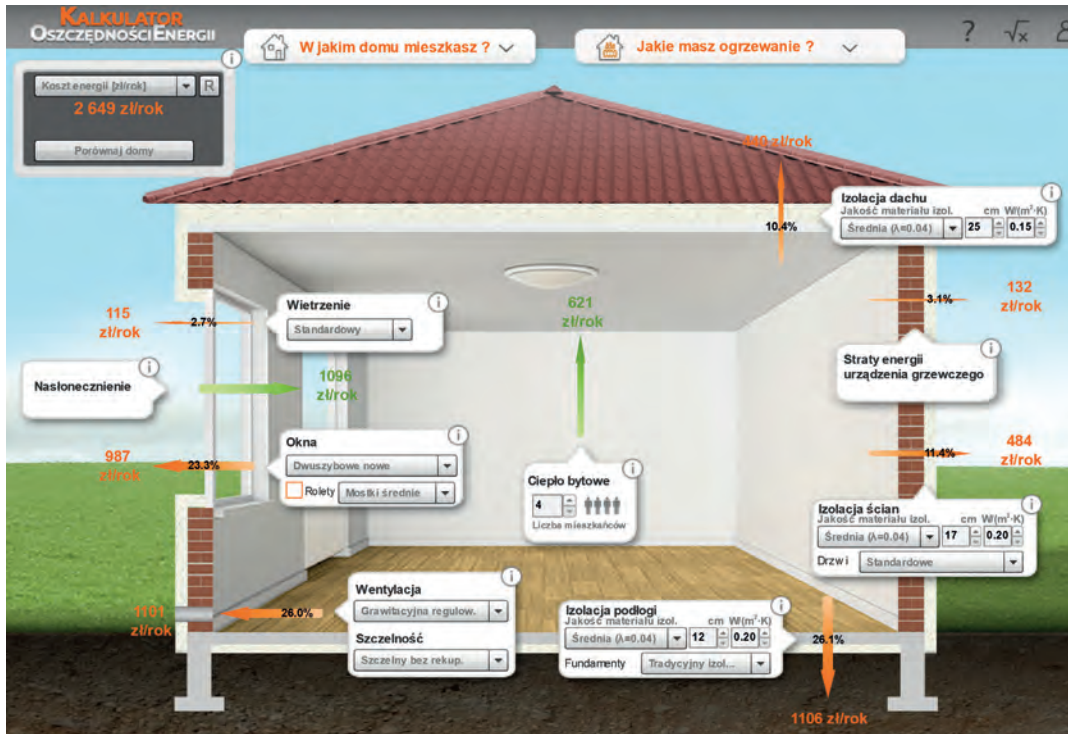
Nazwa Programu	Fundusz Termomodernizacji i Remontów			
Początek – Koniec	Od 1999 – nie określono			
Rodzaj wsparcia	Dotacja na termomodernizację i remont istniejących budynków			
Zadedykowany dla budynków	Mieszkalnych		Niemieszkalnych	
	Jednorodzinnych	Wielorodzinnych	Własność prywatna	Własność publiczna
	X	X	X	X
Budżet/źródło	Aktualny roczny budżet 200 mln zł (2 324 mln zł wydane w latach 2009–2017) – ze środków krajowych			
Administrator	Bank Gospodarstwa Krajowego (BGK)			
Przeznaczenie środków	<ul style="list-style-type: none"> · Termomodernizacja, · Prace remontowe, · Zmniejszenie strat w sieciach ciepłowniczych, · Zmiany źródeł ciepła. 			
Zasięg	Krajowe			
Kryteria	<p>Inwestor ma prawo do uzyskania dotacji na spłatę części kredytu, jeżeli z audytu energetycznego wynika, że projekt przyczyni się do:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) zmniejszenia rocznego zapotrzebowania na energię (do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej): <ol style="list-style-type: none"> a) w budynkach, w których tylko zmodernizowano system grzewczy – co najmniej o 10%, b) w budynkach, w których po 1984 roku zmodernizowano system grzewczy – co najmniej o 15%, c) w pozostałych budynkach – co najmniej o 25%. 2) zmniejszenia rocznych strat energii w sieci ciepłowniczej, co najmniej o 25%, 3) zmniejszenia rocznych kosztów pozyskania ciepła z nieodnawialnego źródła ciepła, co najmniej o 20%, 4) zmiany źródła energii na OZE lub kogenerację. 			
Skala wsparcia	<p>Kwota dotacji na termomodernizację nie może być większa niż:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 16% kosztów poniesionych na realizację projektu termomodernizacji, 2) dwukrotność przewidywanej rocznej oszczędności kosztów energii, ustalonych na podstawie audytu energetycznego, 3) 20% wykorzystanej kwoty kredytu zaciągniętego na projekt termomodernizacji. 			
Efekty programu	<p>Struktura wniosków o dofinansowanie (wszystkie rodzaje) w latach 1999 -2017 w:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Budynkach wielorodzinnych – 41 153, · Budynkach użyteczności publicznej – 1 299, · Budynkach jednorodzinnych – 761, · Lokalnych źródeł ciepła – 111, · Budynkach zamieszkania zbiorowego – 97, · Sieciach ciepłowniczych – 56, · Innych źródła ciepła – 6. <p>Niektóre dane:</p> <ul style="list-style-type: none"> · 5,26% – średnie oprocentowanie kredytów z dotacją w roku 2014, · 950 mln zł – kwota rocznych oszczędności kosztów energii, wynikających z realizowanych w latach 1999 do 2014 projektów termomodernizacji przy wsparciu Funduszu. 			

2.3. Program PolREFF

Program PolREFF, czyli Polski Program Finansowania Efektywności Energetycznej w Budynkach Mieszkalnych został zainicjowany i jest rozwijany przez Europejski Bank Odbudowy i Rozwoju (EBOiR). Zgodnie z informacją podaną na stronie internetowej celem programu jest zapewnienie wsparcia dla właścicieli mieszkań i domów mieszkalnych w procesie modernizacji i remontów, mających na celu poprawę komfortu życia oraz podniesienie efektywności energetycznej budynków. W ramach PolREFF, EBOiR przeznaczył 200 milionów euro, które za pośrednictwem banków uczestniczących w programie, ma być przekazane w formie celowych kredytów właścicielom mieszkań i budynków mieszkalnych, umożliwiając im realizację planowanych przedsięwzięć modernizacyjnych prowadzących do podniesienia efektywności energetycznej budynków. Unikalną korzyścią towarzyszącą finansowaniu wymienionych przedsięwzięć jest możliwość uzyskania bezpłatnej porady niezależnych ekspertów – inżynierów oraz skorzystanie z wiedzy i doświadczeń przez nich zgromadzonych na ogólnodostępnej stronie www.polreff.org.

Program skierowany jest przede wszystkim do osób indywidualnych – właścicieli mieszkań i domów mieszkalnych i dla tej grupy przygotowana jest obecnie oferta kredytowa Eurobanku.

Osoby zainteresowane uczestnictwem w programie mogą skorzystać z kalkulatora oszczędności (rysunek 2.3). Umożliwia on obliczenie szacunkowych oszczędności rocznych, które można uzyskać po zrealizowaniu planowanej modernizacji domu, czy mieszkania.



Rysunek 2.3. Kalkulator oszczędność

Źródło: PolREFF (Polski Program Finansowania Efektywności Energetycznej w Budynkach Mieszkalnych), www.polreff.org

Inwestorzy, którzy wiedzą jakie rozwiązania technologiczne lub materiały chcieliby zastosować w swoim budynku i są na etapie poszukiwania konkretnych produktów, mogą skorzystać z Wirtualnego Doradcy Technologicznego.

2.4. Program Jawor

Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie uruchomił program priorytetowy „Jawor” – poprawa efektywności energetycznej – termomodernizacja budynków jednorodzinnych. Celem programu jest poprawa jakości powietrza w Małopolsce, uzyskana dzięki ograniczeniu emisji zanieczyszczeń przez budynki jednorodzinne.

W ramach programu do dofinansowania zgłaszane mogą być zadania dotyczące:

- docieplenia ścian zewnętrznych budynków,
- docieplenia dachów, stropodachów, stropów nad ostatnią kondygnacją czy stropów nad piwnicami,
- docieplenia podłóg na gruncie,
- wymiany stolarki okiennej, drzwi zewnętrznych i bram garażowych.

Łączna powierzchnia termomodernizowanych przegród nie może być większa niż 600 m². Forma dofinansowania to preferencyjna pożyczka, która może zostać częściowo umorzona. Warunki finansowe pożyczki są następujące:

- do 90% kosztów kwalifikowanych brutto,
- oprocentowanie preferencyjne od 2,0% w skali roku,
- minimalna kwota pożyczki 20 000 zł,
- maksymalna kwota pożyczki 100 000 zł,
- możliwość umorzenia do 20% pożyczonego kapitału,
- brak opłat i prowizji.

Warunkiem przyznania pożyczki jest między innymi zrealizowanie przedsięwzięcia na terenie województwa małopolskiego i dostarczenie audytu energetycznego lub charakterystyki energetycznej oraz rzutów ścian i stropów budynku. Konieczne jest wykazanie, że zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku zostanie zmniejszone o min. 25%. Podobnie jak w proponowanym programie „Czyste Powietrze” określono maksymalne koszty wykonania przedsięwzięć termomodernizacyjnych:

- docieplenie ścian zewnętrznych – 150 zł brutto/m²,
- docieplenie dachu/stropodachu nad ogrzewanymi pomieszczeniami – 150 zł brutto/m²,
- docieplenie podłogi na gruncie/stropu nad nieogrzewaną piwnicą – 150 zł brutto/m²,
- wymiana stolarki okiennej, drzwi zewnętrznych, bramy garażowej – 400 zł brutto/m².

Kosztem kwalifikowanym jest również koszt wykonania audytu energetycznego – opracowania zawierającego opis stanu istniejącego termomodernizowanego obiektu, możliwych do wykonania działań mających na celu dostosowanie obiektu do obowiązujących lub przyszłych warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki, wraz z wyliczeniem oszczędności energii.

2.5. Program EKODom

Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Toruniu uruchomił program priorytetowy „EKODom”. Jego celem jest ograniczenie niskiej emisji poprzez poprawę efektywności energetycznej oraz wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w budynkach i lokalach mieszkalnych. Beneficjentami programu są osoby fizyczne będące:

- właścicielami, współwłaścicielami nieruchomości, stanowiących budynek mieszkalny jednorodzinny lub lokal mieszkalny wykorzystywany w całości na własne potrzeby mieszkaniowe,
- użytkownikami wieczystymi nieruchomości, na których posadowiony jest budynek mieszkalny jednorodzinny, wykorzystywany w całości na własne potrzeby mieszkaniowe.

W ramach programu do dofinansowania zgłaszane mogą być zadania dotyczące budynków istniejących obejmujące:

- docieplenie przegród,
- wymiana okien i drzwi,
- wymiana źródła ciepła,
- montaż kolektorów słonecznych,
- montaż mikroinstalacji fotowoltaicznej o mocy nie większej niż 10 kW.

W budynkach mieszkalnych nowobudowanych program obejmuje montaż pomp ciepła pod warunkiem jednoczesnego montażu mikroinstalacji fotowoltaicznej o mocy nie większej niż 10 kW, zaś w istniejących lokalach mieszkalnych wymianę źródeł ciepła.

Forma dofinansowania to preferencyjna pożyczka, która może zostać częściowo umorzona. Warunki finansowe pożyczki są następujące:

- dofinansowanie nie może przekroczyć 100% kosztu kwalifikowanego przedsięwzięcia,
- pożyczka podlega częściowemu umorzeniu, minimalny poziom umorzenia wynosi 5%, maksymalny poziom umorzenia wynosi 15%,
- okres spłaty pożyczki wynosi od 4 do 10 lat,
- brak możliwości umorzenia przy jednoczesnym finansowaniu przedsięwzięcia z innych źródeł, udzielonych w formie bezzwrotnej,
- minimalna kwota dofinansowania wynosi dla zadań (poza wymianą źródła ciepła) 10 000 zł,
- maksymalna kwota dofinansowania wynosi 200 000 zł,
- beneficjent jest zobowiązany do zachowania trwałości przedsięwzięcia przez okres spłaty pożyczki.

2.6. Gdzie uzyskać porady dotyczące finansowania działań w zakresie termomodernizacji budynków jednorodzinnych?

Informacje dotyczące wsparcia finansowego oraz pomoc techniczną – określenie optymalnego zakresu modernizacji, można uzyskać od:

- regionalnych doradców energetycznych działających w ramach programu „Ogólnopolski system wsparcia doradczego dla sektora publicznego, mieszkaniowego oraz przedsiębiorstw w zakresie efektywności energetycznej oraz OZE”; pełna lista doradców pod adresem: <http://nfosigw.gov.pl/o-nfosigw/doradztwo-energetyczne/kontakt/doradcy-regionalni>
- zweryfikowanych audytorów energetycznych należących do Zrzeszenia Audytorów Energetycznych – lista referencyjna audytorów <https://zae.org.pl/lista-audytorow/>
- certyfikowanych audytorów/ekspertów ds. energetyki – lista dostępna na stronach projektu Polseff2 <http://www.polseff2.org/pl/certyfikowani-eksperci-i-audytorzy>

Literatura:

- [1] Zamieszkane Budynki, Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań 2011, GUS 2013.
- [2] Efektywność Energetyczna w Polsce Przegląd 2013, IEŚ 2014.
- [3] Przeglądu Efektywności Energetycznej w Polsce 2015, IEŚ 2016.
- [4] Ubóstwo energetyczne a efektywność energetyczna – analiza problemu i rekomendacje, InE 2013.
- [5] Efektywność energetyczna w Polsce. Przegląd 2017, IEŚ 2018.



TERMOMODERNIZACJA – DEFINICJE, TYPOWE PRZEDSIĘWZIĘCIA, WŁAŚCIWY PRZEBIEG PROCESU

dr inż. Arkadiusz Węglarz, dr inż. Szymon Firląg

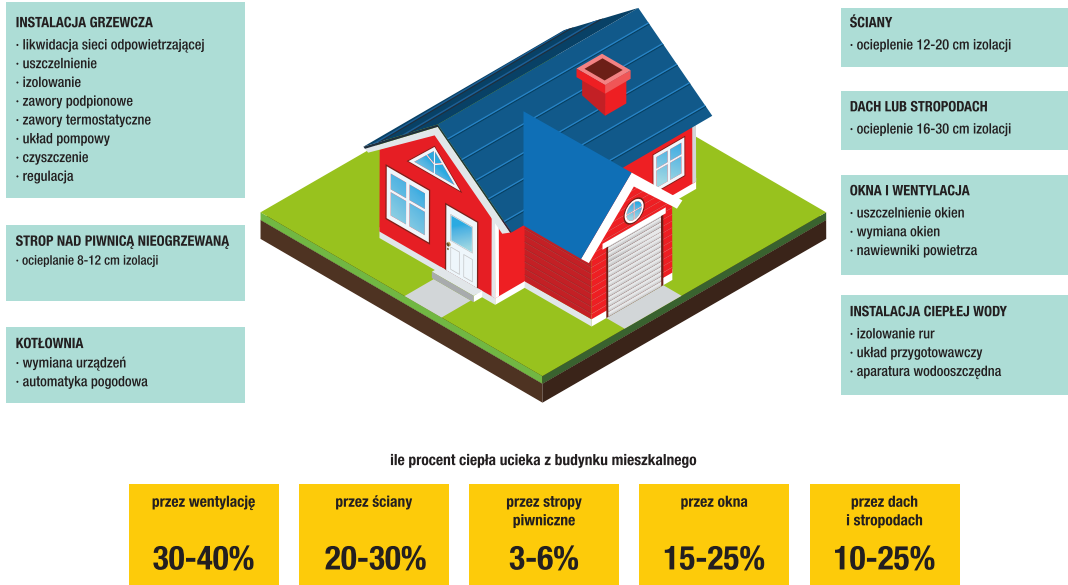
3.1. Definicja i standardy termomodernizacji

Termomodernizacja (rysunek 3.1) jest najczęściej rozumiana jako proces, w wyniku którego następuje zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło w budynku. Precyzyjnej definicji dostarcza Ustawa z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów. Zgodnie z nią za przedsięwzięcia termomodernizacyjne uznaje się przedsięwzięcia, których przedmiotem jest:

- a) ulepszenie, w wyniku którego następuje zmniejszenie zapotrzebowania na energię dostarczaną na potrzeby ogrzewania i podgrzewania wody użytkowej oraz ogrzewania do budynków mieszkalnych, budynków zbiorowego zamieszkania oraz budynków stanowiących własność jednostek samorządu terytorialnego służących do wykonywania przez nie zadań publicznych,
- b) ulepszenie, w wyniku którego następuje zmniejszenie strat energii pierwotnej w lokalnych sieciach ciepłowniczych oraz zasilających je lokalnych źródłach ciepła, jeżeli budynki wymienione w lit. a, do których dostarczana jest z tych sieci energia, spełniają wymagania w zakresie oszczędności energii, określone w przepisach prawa budowlanego, lub zostały podjęte działania mające na celu zmniejszenie zużycia energii dostarczanej do tych budynków,
- c) wykonanie przyłącza technicznego do scentralizowanego źródła ciepła, w związku z likwidacją lokalnego źródła ciepła, w wyniku czego następuje zmniejszenie kosztów pozyskania ciepła dostarczanego do budynków wymienionych w lit. a,
- d) całkowita lub częściowa zamiana źródeł energii na źródła odnawialne lub zastosowanie wysokosprawnej kogeneracji.

TERMOMODERNIZACJA OBNIŻENIE KOSZTÓW OGRZEWANIA BUDYNKU

poprawa jakości życia oraz stanu środowiska naturalnego



Rysunek 3.1 – Typowe przedsięwzięcia termomodernizacyjne

Możemy wyróżnić różne stopnie termomodernizacji, w zależności od jej kompleksowości i uzyskanych efektów (tabela 3.1).

Tabela 3.1. Stopnie termomodernizacji budynku

Stopień termomodernizacji budynku	Działania mające na celu uzyskanie pożądanego stopnia modernizacji
Lekka termomodernizacja	<ul style="list-style-type: none"> modernizacja lub wymiana systemu grzewczego obejmująca wymianę lub modernizację źródła ciepła;
Średnia termomodernizacja	<ul style="list-style-type: none"> modernizacja lub wymiana systemu grzewczego obejmująca wymianę lub modernizację źródła ciepła, wymiana stolarki okiennie-drzwiowej, docieplenie ścian zewnętrznych, ocieplenie dachu.
Kompleksowa termomodernizacja	<ul style="list-style-type: none"> modernizacja lub wymiana systemu grzewczego obejmująca wymianę lub modernizację źródła ciepła, zastosowanie odnawialnych źródeł energii, modernizacja lub wymiana systemu ciepłej wody użytkowej, wymiana zewnętrznej stolarki okiennie-drzwiowej, wykonanie docieplenia wszystkich przegród zewnętrznych (fasad, stropodachu oraz stro-pu/podłogi), likwidacja mostków cieplnych, np. wyniku remontu balkonów, modernizacja systemu wentylacji.

Najbardziej efektywnym z punktu widzenia ekonomicznego przedsięwzięciem będzie termomodernizacja do standardu niemal zeroenergetycznego (NZEB). W Polsce nie ma oficjalnej definicji takiego przedsięwzięcia, ale na podstawie dostępnych analiz można przyjąć, że wymagania dla budynków jednorodzinnych poddawanych termomodernizacji do standardu NZEB powinny być zdefiniowane w następujący sposób:

- wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji $EU_{co} \leq 60 \text{ kWh/m}^2 \text{ rok}$,
- zmniejszenie zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji, przygotowania c.w.u. i pracy urządzeń pomocniczych $\geq 75\%$.

Osiągnięcie tego standardu wymaga zastosowania kompleksowych działań. Niezależnie jaki standard chcemy uzyskać warto w procesie termomodernizacji wykorzystać zasadę Trias Energetica (rysunek 3.2). Została ona opracowana przez Politechnikę w Delft aby pomóc w dążeniu do zrównoważonego energetycznie sektora budowlanego. Zgodnie z Trias Energetica pierwszym etapem zawsze powinno być ograniczenie strat energii, przy jednoczesnym zachowaniu komfortu użytkownika. Dopiero gdy budynek charakteryzuje się minimalnym zapotrzebowaniem na energię, do jego pokrycia należy w pierwszej kolejności wykorzystać odnawialne źródła jak kolektory słoneczne, wiatr czy panele fotowoltaiczne. Takie podejście gwarantuje, że ograniczenie niekorzystnego wpływu budynków na środowisko będzie miało charakter trwały. Jeżeli nie ograniczymy strat energii a jedynie wprowadzimy OZE, np. w postaci biomasy, efekt może być nietrwały i dużo mniejszy. Ograniczone zapotrzebowanie na energię oznacza również mniejszą instalację i źródło o mniejszej mocy, pracujące efektywnie w całym zakresie użytkowania oraz mniejsze koszty inwestycyjne.



Rysunek 3.2. Zasada Trias Energetica – najtańsza energia to energia zaoszczędzona

Wykorzystanie paliw kopalnych powinno być ograniczone do minimum i mieć miejsce tylko w sytuacji, gdy OZE są niewystarczające. Jednocześnie produkcja energii z paliw kopalnych musi być efektywna a podobnie jak jej wykorzystanie. Jak wskazują zmiany ceny ropy naftowej, era nieokiełznanej podaży taniej energii się skończyła. Paliwa kopalne stają się coraz radsze, a czysta energia nie jest jeszcze w pełni skalowalna. Oszczędzanie energii zapewnia najbardziej bezpośredni i skuteczny sposób spowolnienia globalnego ocieplenia.

Do pozostałych globalnych korzyści z termomodernizacji budynków można zaliczyć:

- Korzyści ekonomiczne, wynikające z oszczędności w zużyciu energii, a także rozwoju aktywności gospodarczej i wzrostu liczby nowych miejsc pracy w sektorach związanych z termomodernizacją. Według szacunków Buildings Performance Institute Europe (BPIE) [1], roczne oszczędności energii, osiągnięte dzięki termomodernizacji, mogą w roku 2030 sięgnąć od 5% do 26% zużycia z roku 2013. To jednak nie wszystko, suma korzyści ekonomicznych może być znacznie większa. Rachuby U.S. Environmental Protection Agency (Agencji Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych) mówią o tym, że całkowite korzyści ekonomiczne wynikające z inwestycji w termomodernizację przekraczają półtorakrotnie wartość oszczędności zużycia energii. Ich źródłem jest m. in. przyspieszenie tempa wzrostu gospodarczego, wynikające ze wzrostu popytu na siłę roboczą, materiały, a także usługi dodatkowe, niezbędne podczas realizacji projektów budowlanych.
- Korzyści środowiskowe, wynikające z ograniczenia lokalnych zanieczyszczeń powietrza (pyły, benzo[a]piren, NO_x) i emisji dwutlenku węgla (CO₂) prowadzących do zmian klimatu. Zgodnie z analizami ekspertów z BPIE, potencjalne zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych do roku 2030 (w stosunku do roku 2010), osiągnięte w wyniku termomodernizacji budynków, może sięgać 8–59%. Wręcz ze zwiększeniem efektywności energetycznej budynków znacząco spadnie także zanieczyszczenie powietrza powstające w następstwie tzw. niskiej emisji, a więc spalania w domowych, nieefektywnych piecach, paliw stałych niskiej jakości. Kompleksowa termomodernizacja, najlepiej

połączona z wymianą lokalnych źródeł ciepła, a także w szczególnych przypadkach z zakazem palenia węglem, może znacząco zmniejszyć zapotrzebowanie na energię z niskoefektywnych pieców, a w rezultacie ograniczyć emisję szkodliwych substancji.

- Korzyści społeczne, wynikające przede wszystkim z ograniczenia zjawiska ubóstwa. Jeśli koszty zapewnienia odpowiedniej temperatury w pomieszczeniach, zarówno w zimie jak i w lecie, przekraczają od 10–20% budżet gospodarstwa domowego pozostaje zagrożonych 16%–25% gospodarstw domowych w Polsce [2]. Kompleksowa termomodernizacja mogłaby doprowadzić do obniżenia kosztów ogrzewania pomieszczeń nawet o połowę, a więc przyczynić się nie tylko do podniesienia komfortu życia, ale także do zwiększenia tzw. dochodu rozporządzalnego gospodarstw domowych. Efektem tych działań byłoby ograniczenie zjawiska wykluczenia społecznego osób o niskich dochodach.

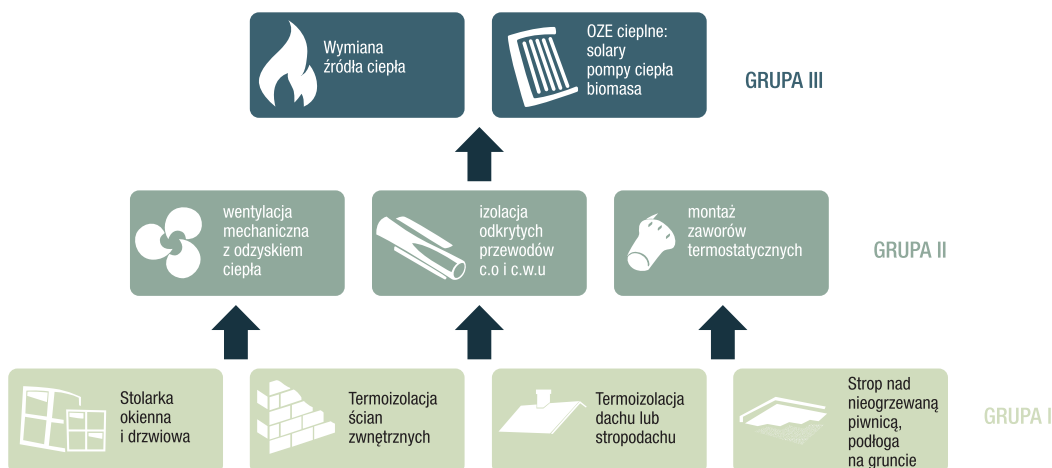
Indywidualne korzyści z termomodernizacji domu będą nieco inne. Do najważniejszych z nich można zaliczyć:

- Ograniczenie kosztów ogrzewania i przygotowania c.w.u. W wyniku przeprowadzenia kompleksowej, głębokiej termomodernizacji mogą się one zmniejszyć nawet o 60%.
- Podwyższenie komfortu mieszkania w domu. Ocieplone przegrody i zmodernizowany system grzewczy przyczyniają się do zapewnienia wysokiego poziomu komfortu cieplnego. Nowe źródło ciepła, np. kocioł gazowy zamiast węglowego, oznacza mniejszą ilość czasu konieczną do jego obsługi i konserwacji.
- Podwyższenie wartości nieruchomości. Wykonanie nowej elewacji, wymiana okien wpływa korzystnie na wycenę nieruchomości. Budynki zmodernizowane są atrakcyjniejsze dla kupujących z uwagi na niższe koszty eksploatacyjne, lepszą estetykę i komfort cieplny zamieszkania.
- Poprawa stanu technicznego budynku. Podczas wykonywania prac termomodernizacyjnych wykonuje się zazwyczaj dodatkowe przedsięwzięcia nie mające bezpośredniego wpływu na efektywności energetycznej, ale przyczyniające się do zwiększenia trwałości i bezpieczeństwa konstrukcji. Może to być wymiana pokrycia dachowego, wykonanie izolacji przeciwwodnych lub remont balkonów.

3.2. Typowe przedsięwzięcia termomodernizacyjne i ich efekty

Z punktu widzenia właściciela budynku jednorodzinnego proces termomodernizacji będzie najczęściej polegał na wprowadzaniu usprawnień, które przyczyniają się do zmniejszenia zapotrzebowania na energię do ogrzewania pomieszczeń oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej. Jednak zgodnie z ustawą może to być również zamiana istniejącego źródła ciepła na OZE lub podłączenie do sieci ciepłowniczej. Na rysunku 3.3 pokazano schematycznie drogę do kompleksowej termomodernizacji z podziałem na grupy przedsięwzięć. I grupa to przedsięwzięcia mające na celu podwyższenie izolacyjności cieplnej przegród budynku. II grupa to działania polegające na modernizacji systemów wentylacji, c.o. i c.w.u. Ostatnia III grupa to przedsięwzięcia wprowadzające OZE i wymiana źródła ciepła. Schemat ten jest praktycznym rozwinięciem zasady Trias Energetica.

DROGA DO KOMPLEKSOWEJ TERMOMODERNIZACJI



Rysunek 3.3. Kolejność prac termomodernizacyjnych

Termomodernizacja budynku ma na celu obniżenie jego kosztów użytkowania. Poniższa tabela 3.2 przedstawia szacunkowe oszczędności wynikające z realizacji poszczególnych przedsięwzięć modernizacyjnych. Jako koszt użytkowania budynku przyjęto roczny koszt ogrzewania i przygotowania c.w.u. Rzeczywista wielkość oszczędności może być inna od podanej w tabeli.

Tabela 3.2. Uporządkowane, szacunkowe zmniejszenie rocznych kosztów użytkowania budynku jednorodzinnego (ogrzewania i przygotowania c.w.u.) w wyniku realizacji prac modernizacyjnych

Usprawnienie	Szacunkowa oszczędność kosztów
Ocieplenie ścian zewnętrznych	13% - 26% dla $U \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 14% - 28% dla $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Wymiana źródła ciepła	8% - 16%
Instalacja wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła	8% - 16%
Ocieplenie dachu / stropodachu nad ogrzewanymi pomieszczeniami	6% - 13% dla $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 7% - 14% dla $U \leq 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Wymiana okien	5% - 11% dla $U \leq 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 6% - 12% dla $U \leq 0,75 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Montaż kolektorów słonecznych	4% - 9%
Ocieplenie podłogi na gruncie / stropu nad nieogrzewaną piwnicą	3% - 7% dla $U \leq 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 4% - 8% dla $U \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Modernizacja instalacji c.o. lub jej wymiana	3% - 7%
Zmodernizowana instalacja c.w.u. lub jej wymiana	3% - 6%
Wentylacja hybrydowa	2% - 4%
Wymiana drzwi zewnętrznych lub bramy garażowej	około 1%

Część z realizowanych przedsięwzięć modernizacyjnych pociąga za sobą konieczność wykonania dodatkowych prac celem uzyskania zakładanego efektu energetycznego oraz zagwarantowania wysokiej jakości środowiska wewnętrznego. Dotyczy to w szczególności wymiany stolarki okiennej i zastosowania pomp ciepła (tabela 3.3).

Tabela 3.3. Zestawienie usprawnień i koniecznych prac dodatkowych

Usprawnienie	Konieczne prace dodatkowe	Możliwe negatywne efekty
Wymiana okien	<ul style="list-style-type: none"> zamontowanie nawiewników okiennych zastosowanie wentylacji hybrydowej wentylacja z rekuperacją 	<ul style="list-style-type: none"> pogorszenie działania wentylacji naturalnej pojawienie się pleśni i kondensacji pary, np. na powierzchniach okien pogorszenie stanu zdrowia mieszkańców
Wymiana źródła ciepła – pompa ciepła	<ul style="list-style-type: none"> wymiana instalacji centralnego ogrzewania i wykonanie instalacji niskotemperaturowej, np. ogrzewania podłogowego 	<ul style="list-style-type: none"> znaczące obniżenie efektywności energetycznej pompy ciepła – większe zużycie i koszty energii problemy z dogrzaniem budynku

W każdym indywidualnym przypadku efekty realizacji poszczególnych przedsięwzięć modernizacyjnych są różne i mogą być inne od tych podanych w tabeli 3.2. Dokonując takich analiz należy uwzględnić wzajemne oddziaływania odmiennych sposobów uzyskiwania oszczędności energetycznych realizowanych jednocześnie, gdyż zazwyczaj nie prowadzi to do prostego sumowania ich skutków. Jeżeli np. ocieplenie ścian zewnętrznych do $U \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ pozwala na uzyskanie 13% - 26% oszczędności, a wymiana źródła ciepła 8% - 16% oszczędności, to nie można wspólnego efektu wyliczyć jako $13\% + 8\% = 25\%$ lub $26\% + 16\% = 42\%$. Bardziej poprawne jest, że wymiana źródła ciepła pozwala na uzyskanie oszczędności od zużycia już zmniejszonego przez ocieplenie ścian zewnętrznych.

Przy podejmowaniu decyzji o przystąpieniu do działań termomodernizacyjnych należy kierować się następującymi ogólnymi zasadami:

- Termomodernizację przegród należy realizować jednocześnie z modernizacją systemu ogrzewania i wymianą źródła ciepła. Tylko wtedy można osiągnąć pełny efekt oszczędnościowy.

- Termomodernizację najlepiej wykonywać jednocześnie z remontem elewacji i pokrycia dachowego lub w ramach remontu kapitalnego. Możliwe jest wtedy znaczne obniżenie sumarycznych kosztów.
- Na ogół opłacalne jest uzyskiwanie lepszej izolacyjności cieplnej przegród (niższego współczynnika U) niż wymagana w obowiązujących przepisach. Optymalną grubość warstw izolacji termicznej należy określić na podstawie analizy kosztów i efektów ocieplenia.
- W ocieplonym i uszczelnionym budynku zmieniają się warunki pracy wentylacji naturalnej, w związku z tym może być konieczne wprowadzenie nawiewników powietrza w stolarnie okiennej, zastosowanie wentylacji hybrydowej lub nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła.
- Głównym celem termomodernizacji jest obniżenie kosztów użytkowania, dlatego decyzję o jej przeprowadzeniu i jej zakresie należy poprzedzić analizą efektywności ekonomicznej (audytem energetycznym).

Ocieplenie wszystkich przegród zewnętrznych budynku, jak pokazano w tabeli 3.2 przynosi duże efekty, ale te oszczędności energii mogą być zmarnowane, jeśli się nie dokona adaptacji i modernizacji systemu grzewczego do zmienionych warunków. Dzieje się tak z kilku powodów. Po pierwsze istniejący kocioł będzie przewymiarowany i będzie działał z mniejszą sprawnością. Po drugie instalacja c.o. będzie wymagała regulacji hydraulicznej. Po trzecie w przypadku nowoczesnego kotła potrzebne będą elementy automatyki, takie jak sterownik pokojowy, sterownik pogodowy, zawory termostatyczne. Po czwarte w przypadku głębokiej termomodernizacji na przykład do poziomu domu pasywnego w ogóle klasyczny system grzewczy nie będzie potrzebny, wystarczy dogrzewanie powietrza wentylacyjnego przy pomocy nagrzewnicy elektrycznej. W przypadku termomodernizacji domu jednorodzinnego do poziomu pasywnego lub niemal zeroenergetycznego zasadnym będzie zastosowanie systemów zarządzania energią np. w postaci instalacji inteligentnego budynku, która będzie sterować systemem grzewczym i roletami, dając dodatkowo możliwość uniknięcia zjawiska przegrzewania zmodernizowanych budynków w okresie letnim.

3.3. Optymalna kolejność prac termomodernizacyjnych

Jak już wielokrotnie wspomniano, termomodernizacja domów jednorodzinnych składa się z wielu przedsięwzięć. Niestety nie można ich wykonać w dowolnej kolejności biorąc pod uwagę tylko koszty inwestycyjne. Generalnie w pierwszej kolejności eksperci rekomendują działania na przegrodach zewnętrznych (grupa I), a następnie modernizację instalacji w budynku w tym wymianę źródła ciepła (grupa II i III). Ale i w tych dwóch głównych grupach kolejność działań może być istotna, jeśli weźmie się pod uwagę inne niż koszty inwestycyjne kryteria. Do najważniejszych z nich zaliczamy:

- możliwość sfinansowania kolejnych przedsięwzięć termomodernizacyjnych z oszczędności kosztów zakupu energii uzyskanych w wyniku wcześniejszych działań,
- barak możliwości blokowania kolejnych prac,
- poprawa komfortu wewnętrznego w budynku.

W Niemczech tylko 17% renowacji wykonywanych jest „za jednym zamachem”. Pozostałe 83% skupia się na modernizacji pojedynczych elementów budynku. Takie budynki modernizowane są etapowo, krok po kroku. Aby uzyskać wysoki standard energetyczny, wszystkie działania modernizacyjne muszą zostać wykonane w odpowiedniej kolejności. Termomodernizacja już od samego początku musi być rozpatrywana jako długofalowy proces.

Modernizacja realizowana krok po kroku może prowadzić do „blokowania” kolejnych przedsięwzięć modernizacyjnych lub obniżenia efektywności całego procesu. Przykładowo, jeżeli jako pierwszy krok zaplanowano ocieplenie dachu należy pamiętać o odpowiednim wysunięciu okapu, tak aby był w stanie objąć ścianę zewnętrzną pogrubioną o warstwę izolacji termicznej planowaną do zamontowania w przyszłości. Odpowiednie planowanie i przewidywanie jest wymagane na każdym etapie termomodernizacji.

Poniżej przedstawiono najczęstsze przykłady blokowania kolejnych przedsięwzięć. Na rysunku 3.4 widzimy nowy dach, który nie posiada przedłużonego okapu. W tym wypadku ściany zewnętrzne nie mogą zostać poprawnie zaizolowane.



Rysunek 3.4. Brak okapu wystającego poza obrys budynku utrudnia zaizolowanie ściany szczytowej

Źródło: Peter Mellwing IFEU

Rysunek 3.5 przedstawia nowo wykonane balkony. Zostały one wykonane na styk, bez zostawienia miejsca pomiędzy balkonem a sąsiednią ścianą. Takie rozwiązanie uniemożliwia zaizolowanie ściany zewnętrznej w budynku sąsiednim.



Rysunek 3.5. Wykonanie nowych balkonów zbyt blisko ściany zewnętrznej sąsiedniego budynku utrudnia jej zaizolowanie

Źródło: Peter Mellwing IFEU

Planowanie długofalowe powinno dotyczyć nie tylko samego procesu termomodernizacji budynku, ale uwzględnić również przyszłą możliwość rozbudowy lub przebudowy budynku.

3.4. Typowe czasy zwrotu nakładów inwestycyjnych dla poszczególnych prac termomodernizacyjnych

Termomodernizacja może obejmować różny zakres prac, w zależności od aktualnego stanu technicznego budynku oraz możliwości finansowych właściciela. Poszczególne prace termomodernizacyjne przynoszą różne oszczędności, a ich opłacalność mierzona najczęściej prostym okresem zwrotu nakładów finansowych, też jest różna. Dlatego jeżeli fundusze inwestora nie pozwalają na wykonanie termomodernizacji w pełnym zakresie, należy wykonywać przede wszystkim te usprawnienia, które są najbardziej opłacalne i nie spowodują zablokowania w przyszłości innych prac termomodernizacyjnych.

Najbardziej efektywna, a jednocześnie niezbędna, jest modernizacja instalacji grzewczej, poprzez doprowadzenie jej do wysokiej sprawności. Prosta modernizacja instalacji grzewczej polegająca na przepłukaniu i ociepleniu przewodów zasilających grzejniki, montażu zaworów termostatycznych na grzejnikach, sterowników pokojowych i pogodowych daje szybkie okresy zwrotu nakładów rzędu 2 do 4 lat. Demontaż starej i montaż od nowa instalacji niskotemperaturowej z wymianą grzejników na stalowe zwiększa wartość prostego okresu zwrotu nakładów nawet do 10 lat. Natomiast wymiana źródła ciepła z całkowitą modernizacją instalacji przynosi zwrot poniesionych nakładów nawet po 15-nastu latach. Czasami warto wykonać przyłącze do scentralizowanego źródła ciepła z jednoczesną likwidacją istniejącego lokalnego źródła, wówczas SPBT dla takiej modernizacji wynosi około 10 lat.

Podstawowe znaczenie w termomodernizacji ma ocieplenie przegród zewnętrznych budynku. Koniecznie należy ocieplić dach (gdy poddasze jest ogrzewane) lub strop pod poddaszem, gdyż ocieplenie tych części budynku jest szczególnie efektywne, choć SPBT dla tych przedsięwzięć może być większe od 10 lat. Ociepla się także wszystkie ściany zewnętrzne i podłogę na gruncie (w domu niepodpiwniczonym). Proste okresy zwrotu nakładów inwestycyjnych dla ocieplenia ścian zewnętrznych wahają się nawet od 10 lat w przypadku ogrzewania elektrycznego do 35 lat w przypadku ogrzewania z wykorzystaniem taniej biomasy stałej. Ocieplenie podłogi na gruncie w zależności od konstrukcji zwraca się od 10 do 25 lat.

Ocieplenie stropu nad nieogrzewaną piwnicą w niewielkim stopniu zmniejsza zużycie ciepła. Wymiana okien i drzwi balkonowych jest ekonomicznie średnio opłacalna, wykonuje się ją raczej ze względu na zalety użytkowe nowych okien (lepsze izolowanie, szczelność, wyciszenie zewnętrznych hałasów, prosta konserwacja, estetyka). Czasy zwrotu poniesionych nakładów na wymianę okien są zależne od izolacyjności termicznej okna i tak przy przejściu z okien o współczynniku $U=2,6 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ na okna o $U=1,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ wynosi około 15 lat, ale dla wstawionego w to samo miejsce okna pasywnego o $U=0,8 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, SPBT wynosi już 25 lat.

Warto usprawniać instalację zaopatrzenia budynku w ciepłą wodę użytkową. W przypadku modernizacji instalacji ciepłej wody użytkowej dobre rezultaty daje zaizolowanie rur, zastosowanie armatury wodooszczędnej i perlatorów oraz ocieplenie zbiorników akumulujących ciepłą wodę. Koszty inwestycyjne tych przedsięwzięć zwykle szybko się zwracają. Proste okresy zwrotu nakładów w tym przypadku mieszczą się w przedziale od 6 miesięcy do 3 lat. W przypadku wymiany kotła c.o. należy rozważyć zastosowanie kotła dwufunkcyjnego, tj. przeznaczonego zarówno do ogrzewania, jak i do przygotowania ciepłej wody. SPBT dla takiego przedsięwzięcia oscyluje wokół 6-ściu lat.

W przypadku przeprowadzania kompleksowej termomodernizacji jej opłacalność mierzona przy pomocy SPBT powinna być porównywana z okresem trwałości przedsięwzięć termomodernizacyjnych. Większe remonty w domach jednorodzinnych przeprowadza się mniej więcej co 20 lat i takie są również okresy trwałości wielu urządzeń używanych w termomodernizacji. Biorąc ten fakt pod uwagę przeprowadza się termomodernizację w taki sposób, aby budynek zużywał na potrzeby ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej nie więcej energii niż budynek obecnie budowane, a koszty termomodernizacji powinny się zwrócić w okresie nie dłuższym niż 10-15 lat.

3.5. Ocena prac termomodernizacyjnych w cyklu życia budynku

W przypadku termomodernizacji domów jednorodzinnych do poziomu budynków energooszczędnych (np. spełniających wymagania warunków technicznych, które będą obowiązywały dla nowych budynków 2021 roku WT 2021), wielkość kosztów inwestycyjnych jest w sposób bezpośredni powiązana z kosztami eksploatacyjnymi. Czasami niewielki wzrost kosztów inwestycyjnych spowoduje znaczne obniżenie kosztów eksploatacyjnych. Dlatego w przypadku termomodernizacji domów jednorodzinnych do poziomu budynków energooszczędnych tych najwyższych klas (WT2021, budynki pasywne, niemal zeroenergetyczne) warto stosować do wyboru konkretnych rozwiązań technicznych analizę kosztów w cyklu życia budynku (LCC). Główna różnica pomiędzy tradycyjnym rachunkiem inwestycyjnym i LCC polega na rozszerzeniu perspektywy cyklu życia w LCC, co oznacza, że obejmuje nie tylko koszty inwestycyjne, ale także operacyjne podczas szacowanego cyklu życia budynku. W obliczeniach kosztów

inwestycyjnych, można dla uproszczenia pominąć pozycje, które są takie same w rozpatrywanych wariantach oraz te, które nie mają wpływu na poziom charakterystyki energetycznej. W analizach aspektu energetycznego i jego wpływu na koszty w cyklu życia budynku powinno się przyjmować pełen okres eksploatacji (np. 50 lat dla jednorodzinnych budynków mieszkalnych). W praktyce przyjęto, że wystarczająco dobry pogląd na kwestię wyboru technologii termomodernizacyjnej dają okresy krótsze, to jest takie, jaka jest najmniejsza trwałość urządzeń lub materiałów wykorzystanych w termomodernizacji. Przyjęto się uważać, że jest to okres 20 lat dla termomodernizowanych jednorodzinnych budynków mieszkalnych. Aby wybrać optymalny wariant w danych warunkach ekonomicznych należy policzyć dla każdego wariantu termomodernizacji sumę kosztów inwestycyjnych i zdyskontowanych kosztów eksploatacyjnych w okresie 20 lat i wybrać ten wariant, który ma najniższą wartość tej sumy kosztów [3, 4].

Ogólne zasady obliczeń (wszystkich) składników kosztów, zarówno inwestycyjnych, jak i eksploatacyjnych są następujące [5]:

- należy uwzględnić przewidywany wzrost cen energii i jej nośników,
- należy uwzględnić przewidywany wzrost cen elementów przewidzianych do wymiany w okresie obliczeniowym,
- z zasady nie uwzględnia się wskaźników inflacji, chyba że przewiduje się, że inflacja może mieć istotny wpływ na wyniki analizy.

Analizę LCC dla przedsięwzięć termomodernizacyjnych sprowadza się do określenia kosztów (inwestycyjnych) nabycia (K_n) i kosztów eksploatacji przedsięwzięcia.

Aktualną wartość netto kosztów eksploatacyjnych przedsięwzięcia w różnych latach (K_{e_n}) określa się według poniższego wzoru, jako:

$$K_{e_n} = \frac{K_{e_1}}{(1+i)^n}$$

Suma tych kosztów od 1...n w poszczególnych latach eksploatacji stanowi zdyskontowany koszt eksploatacji przedsięwzięcia. Dyskontowaniu podlegają wszystkie koszty ponoszone w cyklu życia przedsięwzięcia LCC wyznaczone w następujący sposób:

$$LCC = \sum_{n=0}^{15} \frac{K}{(1+i)^n}$$

gdzie:

K – ponoszone koszty;

i – stopa dyskonta;

n – lata eksploatacji (przyjęto n= 15 lat).

Ponieważ koszty inwestycyjne K_i w większości przypadków ponoszone są w roku bazowym (n = 0), powyższy wzór można zapisać następująco:

$$LCC = K_i + \sum_{n=1}^{15} \frac{K}{(1+i)^n}$$

Koszty eksploatacyjne podobnie jak inwestycyjne dzielą się na część stałą, niezależną od zastosowanych rozwiązań energetycznych i zależną od nich. Tak np. w przypadku zastosowania wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła należy dodatkowo w kosztach przewidzieć koszty okresowego czyszczenia kanałów wentylacyjnych oraz wymiany filtrów powietrza. Kosztów tych natomiast nie ma w przypadku zastosowania wentylacji grawitacyjnej. Zawsze natomiast występuje koszt okresowych przeglądów instalacji grzewczych i źródeł ciepła w budynku [5].

3.6. Przykładowe efekty termomodernizacji budynku jednorodzinnego

Na rysunku 3.6 przedstawiono zdjęcie budynku jednorodzinnego wybudowanego w 1980 roku w Warszawie. Charakteryzuje się on rozwiązaniami konstrukcyjno-materiałowymi typowymi dla budownictwa jednorodzinnego sprzed 1989 roku. Przedstawiony budynek został przyjęty jako referencyjny i posłużył za model obliczeniowy do dalszej analizy.



Rysunek 3.6. Zdjęcie elewacji frontowej budynku jednorodzinnego

Budynek wybudowany w technologii tradycyjnej, ma dwie kondygnacje nadziemne i jest całkowicie podpiwniczony. Ściany murowane ze słabo wentylowaną szczeliną powietrza. Stropy między kondygnacyjne oraz konstrukcja stropodachu pełnego wykonane w technologii stropu gęstożebrowego DZ-3. Wentylacja naturalna. W tabeli 3.4 przedstawiono dane geometryczne budynku.

Tabela 3.4. Dane geometryczne budynku

Liczba kondygnacji	3
Powierzchnia zabudowy	107 m ²
Kubatura części ogrzewanej	326 m ³
Powierzchnia o regulowanej temperaturze	125,4 m ²
Współczynnik kształtu A/V	0,57

Przegrody budynku nie były ocieplane, a ich współczynniki przenikania ciepła wynoszą 0,82 W/(m²·K) dla ściany zewnętrznej, 1,02 W/(m²·K) dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą i 0,69 W/(m²·K) dla stropodachu. Przyjęto współczynnik przenikania ciepła dla wymienionej stolarki okiennej 1,6 W/(m²·K) i drzwianej równy 2,5 W/(m²·K). Źródłem ciepła w budynku jest stary kocioł węglowy zasypowy. Grzejniki nie są wyposażone w zawory termostatyczne. Ciepła woda użytkowa jest przygotowywana w podgrzewaczu starego typu zasilanym z kotła węglowego.

W ramach analizy rozpatrywano dwa warianty termomodernizacji:

- tylko wymiana źródła ciepła na nowy kocioł spełniający obecne wymagania
- działanie kompleksowe obejmujące wymianę źródła ciepła na nowy kocioł, modernizację systemu ogrzewania i przygotowania c.w.u., ocieplenie ścian zewnętrznych, stropodachu i stropu nad nieogrzewaną piwnicą.

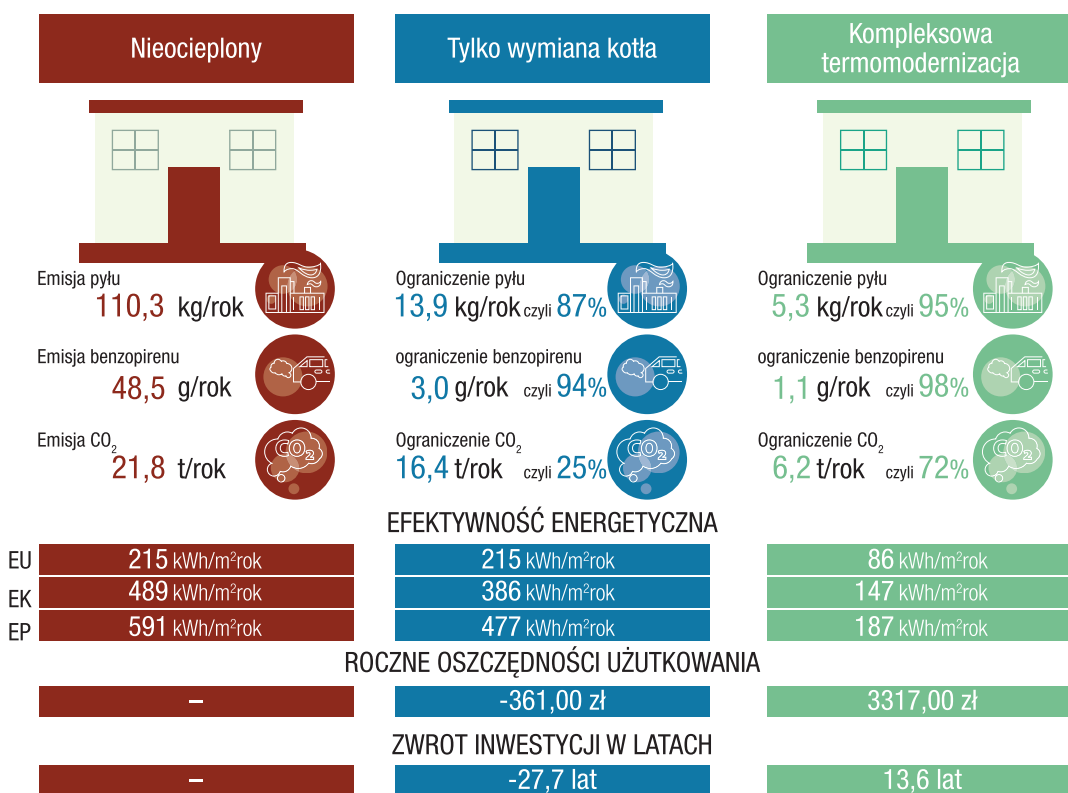
Termomodernizacja ścian zewnętrznych, stropodachu i stropu nad piwnicą do parametrów cieplnych określonych dla modernizowanych budynków zgodnie z WT2021 (tabela 3.5).

Tabela 3.5 Zestawienie technologii docieplenia, grubości izolacji i otrzymanego współczynnika przenikania ciepła dla przeźród termomodernizowanych

Lp.	Element termomodernizowany	Technologia docieplenia/materiał	d [cm]	λ [W/(m·K)]	U_{mod} [W/(m ² ·K)]
1.	ściana zewnętrzna	ETICS - styropian	12	0,033	0,20
2.	strop nad piwnicą	natrysk pianki	7	0,023	0,25
3.	dach - stropodach	styropapa	20	0,038	0,15

Modernizacja instalacji c.o. i c.w.u. obejmowała wymianę źródła ciepła na kocioł węglowy 5 klasy, montaż zaworów termostatycznych (10 kpl.) i wymianę podgrzewacza c.w.u.

Dla każdego z wariantów oraz stanu istniejącego obliczono wielkość emisji zanieczyszczeń oraz zapotrzebowanie na energię. Warianty termomodernizacji porównano z pod kątem oszczędności w kosztach użytkowania i prostego czasu poniesionych nakładów. Koszt modernizacji instalacji wyniósł 12,3 tys. zł, a kompleksowej termomodernizacji 45,0 tys. zł (rysunek 3.8).



Rysunek 3.7. Efekty procesu termomodernizacji budynku modelowego

Źródło: Termo Organika

Przeprowadzona analiza pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

- Sama wymiana starych kotłów węglowych na nowe kotły 5 klasy przyczyni się do wzrostu kosztów użytkowania budynków – 361 zł rocznie w analizowanych przypadku;
- Wzrost kosztów użytkowania budynków może zwiększyć skalę ubóstwa energetycznego i spowodować, że oczekiwane efekty (zmniejszenie emisji w wyniku wymiany kotła) będą nietrwałe – powrót do wykorzystywania taniego paliwa;
- Przeprowadzenie wymiany kotła przed ociepleniem budynku spowoduje, że trzeba będzie zastosować urządzenie o ponad dwukrotnie większej mocy – przewymiarowane po późniejszym ociepleniu budynku;

- Największe oszczędności w kosztach użytkowania budynków daje kompleksowa termomodernizacja – 3,3 tys. zł rocznie w analizowanym przypadku;
- W stosunku do samej wymiany kotła lub ocieplenia przegród, kompleksowa termomodernizacja pozwala na największą redukcję emisji zanieczyszczeń – w analizowanym przypadku o 95% dla pyłów, o 98% dla B(a)P, o 80% dla SO₂, o 43% dla NO_x, o 97% dla CO i o 72% dla CO₂;
- W stosunku do wariantu bazowego redukcja zapotrzebowania na energię użytkową (EU) do ogrzewania i wentylacji wynosi 60%, na energię końcową (EK) do ogrzewania i przygotowania c.w.u. 70%, a na energię pierwotną (EP) 68% po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji.

Literatura:

- [1] Strategia modernizacji budynków: Mapa Drogowa 2050, Kraków 2014.
- [2] Europejskie badanie dochodów i warunków życia (EU-SILC) w 2012 r.
- [3] Węglarz A. Analiza kosztów budowy domów, Budujemy dom. Nr 4/2018, str 60-66.
- [4] Węglarz A. Termomodernizacja domów jednorodzinnych, Budujemy dom. Nr 5/2018, str 74-84.
- [5] Węglarz A., Pierzchalski M., Koc D. Koszty w cyklu życia budynku, Konferencja nt. Cena lub koszt cyklu życia – nowe uwarunkowania w zamówieniach..., Ciechocinek 2016.



OCIEPLANIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

dr inż. Agnieszka Kaliszuk-Wietecka

4.1. Funkcje i najczęściej spotykane konstrukcje ścian zewnętrznych

Ściany jako pionowe przegrody w zależności od lokalizacji w budynku, obciążenia i funkcji dzieli się na ściany zewnętrzne i wewnętrzne. Wśród ścian zewnętrznych wyróżnia się ściany nośne, samonośne lub osłonowe, a wśród ścian wewnętrznych nośne i działowe. Ściany zewnętrzne, tak jak zewnętrzne przegrody poziome: stropodachy, dachy, stropy, podłogi na gruncie, oprócz zdolności do przenoszenia obciążeń związanych z pracą konstrukcji oraz oddziaływań zewnętrznych (np.: parcie wiatru) mają za zadanie zapewnić użytkownikowi:

- odpowiednie warunki mikroklimatu wewnątrz, oddzielając go od środowiska zewnętrznego,
- ochronę przed zmiennymi czynnikami atmosferycznymi,
- ochronę przeciwdźwiękową, czyli ochronę przed hałasem i drganiami.

Analizując zmienne czynniki atmosferyczne bierze się pod uwagę zapewnienie stateczności cieplnej przegród i pomieszczeń bez względu na zmieniające się warunki otoczenia, a więc zapewnienie możliwie stałej temperatury. Szczególnie zwraca się uwagę na nieprzegrzewanie się pomieszczeń w okresie lata. Równie istotne jest utrzymanie stałej temperatury w przypadku awarii ogrzewania zimą.

Ściany zewnętrzne można podzielić ze względu na zastosowane materiały i technologię ich wznoszenia na:

- murowane z elementów drobnowymiarowych – ceramicznych, betonowych i silikatowych,
- monolityczne – wykonywane na budowie – wylwanie elementów żelbetowych,
- drewniane – wykonane z bali drewnianych lub w systemach szkieletowych,
- prefabrykowane – montowane na budowie z gotowych elementów przygotowanych wcześniej,
- systemowe – z wykorzystaniem gotowych elementów np.: styropianowych pełniących rolę szalunku traconego dla wylanego elementu żelbetowego.

Innym podziałem ścian jest podział na ściany jednorodne i niejednorodne.

Ściany jednorodne to takie, w których w obrębie jednej warstwy znajduje się tylko jeden materiał, a poszczególne warstwy ograniczone są równoległymi do siebie płaszczyznami. Do ścian jednorodnych należą zatem ściany jedno- i wielowarstwowe, a do ścian niejednorodnych ściany szkieletowe.

Najczęściej spotykaną ścianą w Polsce są ściany jednowarstwowe murowane. Historycznie są to ściany ceglane. W późniejszym czasie coraz więcej przegród powstawało z betonu komórkowego (gazobetonu), a wraz z rozwojem materiałów budowlanych z ceramiki poryzowanej i keramzytobetonu. Należy jednak pamiętać, że materiały, które powstawały 40 lat temu to nie są te same materiały, które powstają współcześnie. Współczesne ściany z lżejszych betonów komórkowych charakteryzują się wartościami współczynnika przenikania ciepła $\lambda = 0,1 \div 0,16 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, przy parametrach kiedyś $\lambda = 0,22 \div 0,35 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Wynika to również ze zmiany technologii wznoszenia ścian. Nie są to już przegrody murowane, gdzie spoiny były centymetrowej grubości. Obecnie powstający mur charakteryzuje się tym, że elementy drobnowymiarowe połączone są ze sobą przez cienkowsarstwowe ciepłochronne zaprawy i kleje. Wykorzystuje się też, tworząc pustaki ceramiczne z wypełnieniem, połączenie ceramiki z materiałami izolacyjnymi jak wełna mineralna czy styropian.

Analogicznie sytuacja wygląda, jeśli chodzi o ceramikę budowlaną. Cegły pełne są zastępowane pustakami drażonymi o poryzowanej strukturze. I tu również uzyskiwane elementy mają coraz lepsze parametry cieplne coraz częściej porównywalne z betonami komórkowymi, oczywiście w przypadku zastosowania ciepłochronnych zapraw klejowych. Kiedyś współczynnik przenikania ciepła dla ceramicznych elementów drażonych wynosił $\lambda = 0,56 \div 0,62 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, a obecnie na rynku są pustaki ceramiczne o parametrach nawet $\lambda = 0,09 \div 0,23 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Renesans przeżywają również pustaki keramzytobetonowe i pokrewne. Są one wykonywane z mieszanki keramzytu i odpowiednio dobranych i modyfikowanych lepiszczy cementowych – uzyskując $\lambda = 0,12 \div 0,47 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, a czasem nawet granulatu styropianowego.

Bardzo popularnymi dziś rozwiązaniami są również tak zwane silikaty czyli wyroby wapienno-piaskowe (wapienno-krzemowe), które są produkowane z naturalnych surowców takich jak piasek, wapno i woda. W procesie produkcji (nasycane parą wodną) twardnieją tworząc strukturę przypominającą kamień o dużej wytrzymałości, bardzo dobrych parametrach akustycznych, a o $\lambda = 0,46 \div 0,61 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

4.2. Typowe technologie ocieplania ścian zewnętrznych – wady i zalety, alternatywne nowoczesne rozwiązania

Dzisiejsze wymagania cieplne, szczególnie te dotyczące współczynnika przenikania ciepła U, ale również pośrednio te dotyczące zapotrzebowania na energię, powodują, że większość istniejących ścian wymaga ocieplenia. Im lepsze parametry cieplne przegród zewnętrznych, a w tym ścian, tym obudowa zewnętrzna budynku będzie bardziej energooszczędna, a straty ciepła z budynku mniejsze. Jednocześnie ocieplenie przegród od strony zewnętrznej pozwala na zapewnienie większej stateczności cieplnej przegród, czyli daje większe możliwości akumulowania ciepła oraz jego późniejszego wykorzystania. Dlatego do ocieplenia przegród stosuje się coraz nowocześniejsze materiały izolacyjne służące do ograniczenia wymiany ciepła między dwoma ośrodkami. Mówiąc o izolowaniu obiektów budowlanych izolacje cieplne służą do ograniczenia strat ciepła między obiektem przez nie zaizolowanym, a otoczeniem [8].

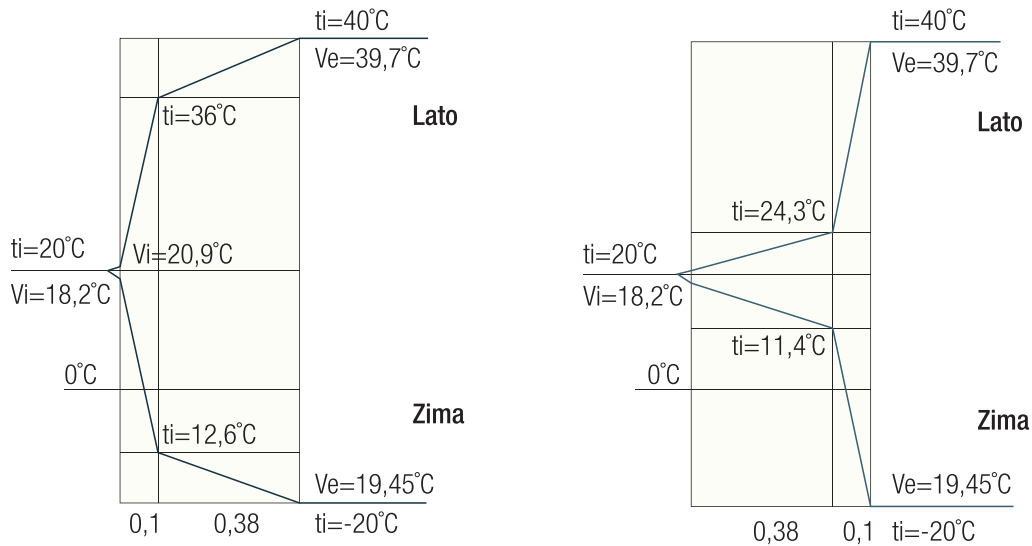
Rynek materiałów do izolacji cieplnych rozwija się bardzo szybko. Do najbardziej znanych materiałów izolacyjnych należą [3, 9]:

- polistyreny ekspandowane potocznie nazywane styropianami – materiał syntetyczny, tworzony jest przez spienianie granulatu polistyrenowego – jest to najbardziej popularny materiał izolacyjny przede wszystkim ze względu na swoją cenę i względnie łatwą obróbkę,
- styropiany grafitowe (szare) – odmiana styropianu spienianego z dodatkiem grafitu, który powlekając EPS minimalizuje przepływ ciepła na drodze promieniowania poprawiając parametry cieplne materiału,
- polistyren ekstrudowany potocznie zwany styrodurem, tworzony w procesie rozprężania gazu dzięki czemu powstaje piana o zamkniętej strukturze, zmieniająca jego właściwości w stosunku polistyrenu ekspando-

wanego – zamknięta struktura gwarantuje minimalną nasiąkliwość (poniżej 0,5%), większą wytrzymałość i lepsze parametry cieplne,

- wełna mineralna – materiał nieorganiczny, włóknisty – produkowana z surowca skalnego (wełna kamienna) lub piasku kwarcowego i stłuczki szklanej (wełna szklana),
- piany PUR (poliuretanowe) i PIR (poliizocyjanuratu) – natryskiwane lub układane w formie twardych płyt, o właściwościach ogniowych klasyfikujących je pomiędzy wełnami, a polistyrenami, właściwości cieplne mogą mieć nawet o dwukrotnie lepsze od typowych materiałów izolacyjnych – współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda \approx 0,02 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$,
- płyty klimatyczne – płyty wytwarzane z silikatu wapiennego (piasek i wapno) tworzącego strukturę otwartego szkieletu, dzięki czemu oprócz dobrych właściwości termicznych, jest to materiał paroprzepuszczalny często wykorzystywany do dociepleń od strony wewnętrznej tam, gdzie typowe docieplenie od strony zewnętrznej nie jest możliwe ze względu na zbyt wysoką elewację,
- piany fenolowe – produkowane z żywicy fenolowo-formaldehydowej, najczęściej w postaci płyt lub kształtek, najczęściej wykorzystywane do izolacji instalacji, charakteryzuje je zamknięta struktura (niska nasiąkliwość) i duża wytrzymałość mechaniczna – materiałem o bardzo zbliżonych parametrach i wykorzystaniu są płyty z pian reżolowych – współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda=0,023 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$,
- włókna celulozowe – granulaty lub maty produkowane w procesie ponownego przerobienia i impregnowania resztek papierowych (zyskujących odporność na działanie mikroorganizmów, owadów oraz ognia); oprócz dobrych parametrów cieplnych dobrze pochłaniają dźwięki poprawiając parametry akustyczne – najczęściej wykorzystywane w procesach termomodernizacji stropów i dachów,
- aerozele – materiał wytworzony na bazie krzemionki, pierwotnie występujący w postaci bardzo lekkich pian (90–99% jego masy stanowi powietrze), odporny na działanie ognia, posiada wysoką wytrzymałość na ściskanie, o bardzo dobrych parametrach cieplnych $\lambda=0,012\text{--}0,016 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ co pozwala na kilkukrotne zmniejszenie grubości izolacji w stosunku do materiałów typu styropian; w budownictwie wykorzystywany w postaci miękkich mat, ich mała popularność wynika głównie z ich wysokiej wciąż ceny,
- izolacje próżniowe (panele próżniowe VIP czyli Vacuum Insulation Panel) – płyty wytworzone z materiału na bazie krzemionki o strukturze mikroporów, które przed szczelnym zabezpieczeniem foliami są pozbawiane powietrza, gotowe elementy izolacyjne nie mogą być docinane na budowie (tworzone pod wymiar), są wrażliwe na uszkodzenia mechaniczne dlatego najczęściej występują w osłonie z płyt styropianowych lub w gotowych do ułożenia półprefabrykatakach; ich parametry cieplne są obecnie najlepszymi na rynku $\lambda=0,007\text{--}0,008 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Zgodnie z zasadami fizyki budowli izolacje termiczną należy umieszczać możliwie blisko zewnętrznej – chłodniejszej strony przegrody. Układ taki powoduje, że izolacja działa jak „płaszcz” osłaniając cały obiekt. Dzięki temu unika się przemarzania ścian, czyli w rozkładzie temperatury temperatura 0°C przechodzi w materiale ocieplenia, a nie w elemencie konstrukcyjnym (rysunek 4.2). Bardzo istotne jest również, że w okresie całego roku część nośna pracuje w mniejszej amplitudzie temperatur. Gdy doda się tu jeszcze możliwość rozgrzania elewacji, ze względu na ich ekspozycję czy kolor, amplituda rocznej temperatury może sięgnąć nawet ponad 80 K. W dociepleniu od strony zewnętrznej jest też mniejsze ryzyko wystąpienia kondensacji węgłnej pary wodnej w wyniku dyfuzji pary przez przegrodę [2]. Należy również pamiętać o zdecydowanie większej stateczności cieplnej przegród izolowanych od strony zewnętrznej. Podsumowując zalety docieplenia od strony zewnętrznej, należy powiedzieć o naturalnej możliwości unikania mostków termicznych, których nie można uniknąć w sytuacji, kiedy docieplenie przegrody jest od strony wewnętrznej.



Rysunek 4.2. Rozkłady temperatur w przegrodzie ocieplonej od wewnątrz i od zewnątrz, w okresie letnim i zimowym

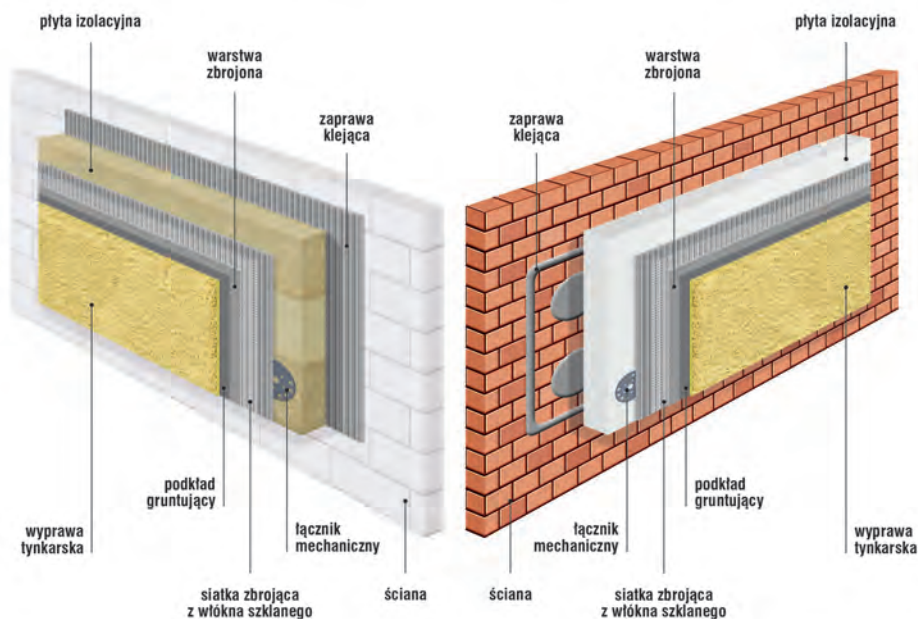
Najbardziej popularnymi sposobami dociepleń przegród są obecnie systemy:

- ETICS (External Thermal Insulation Composite System) czyli system zwany kiedyś lekkim mokrym, a później BSO – Bezspoinowym Systemem Ociepleń
- metoda sucha – w zależności od elementów wykończenia elewacji nazywana lekką lub ciężką.

System ETICS polega w uproszczeniu na przymocowaniu (przy pomocy masy klejącej i łączników mechanicznych) materiału izolacyjnego (najczęściej wełny mineralnej lub styropianu) do powierzchni ściany, wzmocnienia całości siatką zbrojącą zatopioną w masie klejącej, a następnie wykończenie tynkiem i ewentualnie pomalowanie (rysunek 4.3.) [1].

SYSTEM OCIEPLEŃ – ETICS

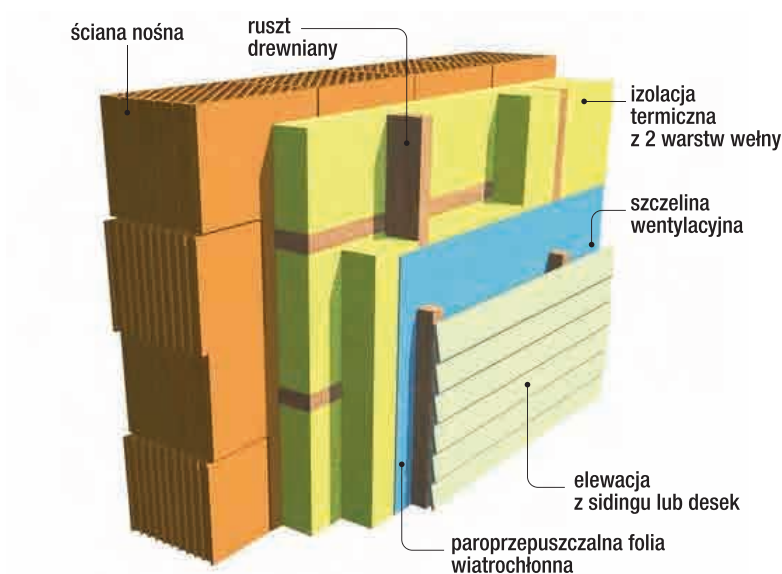
(elementy i schematyczny układ warstw)



Rysunek 4.3. Elementy systemu ETICS

Źródło: Stowarzyszenie na Rzecz Systemów Ociepleń, Wytyczne ETICS. Warunki techniczne wykonawstwa, oceny i odbioru robót elewacyjnych z zastosowaniem ETICS, wydanie 03/2015

System suchy polega na przymocowaniu izolacji do ściany przy wykorzystaniu stelażu (drewniany, tworzywowy lub metalowy), zamocowaniu wiatroizolacji oraz pozostawieniu pustki powietrznej pod warstwą elewacyjną (rysunek 4.4.). Elewacje mogą być w systemie suchym wykonane z tworzyw sztucznych (płyt poliwęglanowych lub winylowych), drewna, blach, kamienia, płyt włóknowo-cementowych lub szkła.



Rysunek 4.4. Etapy wykonania izolacji w systemie suchym na stelażu i z elewacją z drewna

Obie metody są bardzo popularne. Wykorzystanie którejś z nich jest uzależnione od kilku czynników, między innymi od:

- pory roku i warunków atmosferycznych,
- możliwości finansowych,
- późniejszej konserwacji i spodziewanych napraw,
- rodzaju elewacji, która ma być zastosowana na budynku,
- sprawności i umiejętności ekip wykonujących.

Tabela 4.1 zawiera zestawienie najważniejszych wad i zalet poszczególnych metod.

Tabela 4.1. Porównanie wad i zalet mokrych i suchych metod dociepleń

Metoda	ETICS	Metoda sucha
Zalety	dostępność (niska cena)	możliwość wykonywania w każdych warunkach (oprócz bardzo silnych opadów i porywistych wiatrów)
	popularność (łatwość znalezienia ekipy)	duża gama możliwości w stosowaniu materiałów elewacyjnych
	łatwość eliminowania mostków termicznych	możliwość wykonanie prawie niezależnie od rodzaju i stanu
	możliwość wykonywania boniowań, używania kształtek (gzymsów, przyokiennych), kształtowanie elewacji dzięki dużej gamie kolorystycznej	łatwa naprawa – możliwość wykonywania napraw miejscowych
Wady	wysoka wrażliwość na warunki atmosferyczne – ograniczenia dotyczące temperatury (powyżej 5°C), nasłonecznienia, opadów atmosferycznych	wyższe koszty – uzależnione między innymi od rodzaju materiału elewacyjnego
	wrażliwość na popełnianie błędów często z efektem opóźnionym w czasie	trudności w uniknięciu mostków termicznych
	trudna naprawa uszkodzeń (często naprawa zostawia ślad więc konieczne odnowienie całej elewacji)	

4.3. Określanie wymaganej grubości materiału izolacyjnego – przykładowe wymagane grubości ocieplenia dla najczęściej spotykanych konstrukcji ścian zewnętrznych

Zgodnie z wymaganiami dotyczącymi izolacyjności przegród zewnętrznych opisanymi w rozdziale 1 wartości współczynnika przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych (dla pomieszczeń gdzie temperatura jest wyższa niż 16°C) musi być obecnie mniejszy od 0,23 W/(m²·K), a od roku 2021 będzie musiał być mniejszy od 0,20 W/(m²·K). Wartość identyczna z wartością ostatnią czyli 0,20 W/(m²·K) była również wartością graniczną w niewdrożonym programie Ryś – termomodernizacji budynków jednorodzinnych Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, który miał wspierać działania termomodernizacyjne w Polsce.

Planując termomodernizację domu należy sprawdzić, jaką grubość materiału izolacyjnego należy zastosować, aby otrzymana wartość współczynnika przenikania ciepła spełniała wymagania. W związku z tym, że koszt dodatkowych 2–4 cm materiału izolacyjnego w całości planowanych kosztów stanowi niewielki procent, należy zawsze rozważyć osiągnięcie parametrów wyższych, na przykład nie według obecnych wymagań, a tych na rok 2021. Należy pamiętać, że trud podejmowany w związku z remontem/termomodernizacją obiektu jest na tyle duży dla budżetów inwestorów, że nie jest wykonywany co kilka, a raczej co kilkadziesiąt lat.

Obliczenia grubości izolacji należy rozpocząć od sprawdzenia parametrów istniejącej przegrody na przykład na podstawie posiadanego projektu. Jeśli w projekcie czy inwentaryzacji obiektu nie ma parametrów materiałowych, można oszacować je na podstawie wieku obiektu i parametrów dla ówczesnie produkowanych materiałów.

Samą grubość materiału można oszacować wykorzystując wzór do obliczania współczynnika przenikania ciepła U zgodnie z normą PN ISO 6946 [5].

$$U = \frac{1}{R_T} \text{ czyli } U = \frac{1}{R_{si} + R_{\text{warstw istniejących}} + R_{\text{ocieplenia}} + R_{se}}$$

Zakładając, że otrzymana docelowa warstwa U ma osiągnąć wartość $\leq 0,20$ W/(m²·K) obliczenia możemy wykonać przekształcając powyższy wzór [6]:

$$d_{\text{ocieplenia}} \geq \left(\frac{1}{0,2} - R_{si} - R_{se} - \sum R_{\text{istniejących warstw}} \right) \cdot \lambda_{\text{ocieplenia}}$$

Poniżej kilka przykładów dla istniejących ścian jednowarstwowych z różnych materiałów otynkowanych z dwóch stron tynkiem cementowo-wapiennym o grubości 0,015 m oraz docieplanych różnymi materiałami:

- ściana istniejąca z cegły kratówki grubości 0,38 m o $\lambda = 0,56$ W/(m·K) przy planowanym dociepleniu styropianem o $\lambda = 0,042$ W/(m·K)

$$d_{\text{ocieplenia}} \geq \left(4,793 - \frac{0,38}{0,56} \right) \cdot 0,042$$

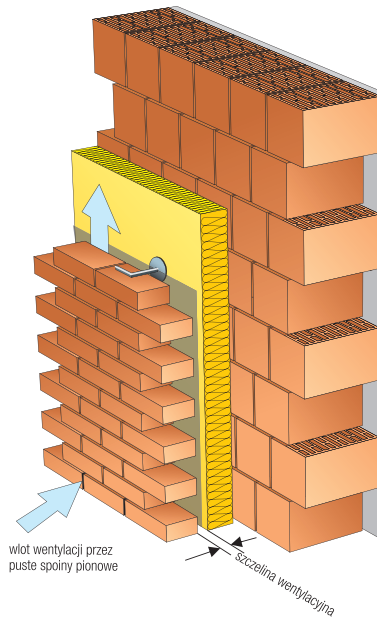
co daje $d_{\text{ocieplenia}} \geq 0,17$ m

ale już przy zastosowaniu wełny mineralnej o $\lambda = 0,036$ W/(m·K):

$$d_{\text{ocieplenia}} \geq \left(4,793 - \frac{0,38}{0,56} \right) \cdot 0,036$$

co daje $d_{\text{ocieplenia}} \geq 0,15$ m

- ściana istniejąca z pustaka MAX grubości 0,29 m o $\lambda = 0,46$ W/(m·K) przy planowanym dociepleniu styropianem o $\lambda = 0,042$ W/(m·K) z dodatkowym obłożeniem cegłą klinkierowa z wytworzeniem szczeliny wentylacyjnej (rysunek 4.5)



Rysunek 4.5. Docieplenie ściany z pustaka MAX z oblicówką z cegły klinkierowej

Źródło: Markiewicz Przemysław. Vademecum Projektanta. Prezentacja nowoczesnych technologii budowlanych, 2004

$$d_{\text{ocieplenia}} \geq \left(4,793 - \frac{0,29}{0,46}\right) \cdot 0,042$$

co daje $d_{\text{ocieplenia}} \geq 0,175 \text{ m}$

ale już przy zastosowaniu styropianu grafitowego o $\lambda = 0,032 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$:

$$d_{\text{ocieplenia}} \geq \left(4,793 - \frac{0,29}{0,46}\right) \cdot 0,032$$

co daje $d_{\text{ocieplenia}} \geq 0,13 \text{ m}$

- ściana istniejąca z betonu komórkowego (starego typu z grubymi spoinami) grubości 0,36 m o $\lambda = 0,35 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ przy planowanym dociepleniu styropianem o $\lambda = 0,042 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

$$d_{\text{ocieplenia}} \geq \left(4,793 - \frac{0,36}{0,35}\right) \cdot 0,042$$

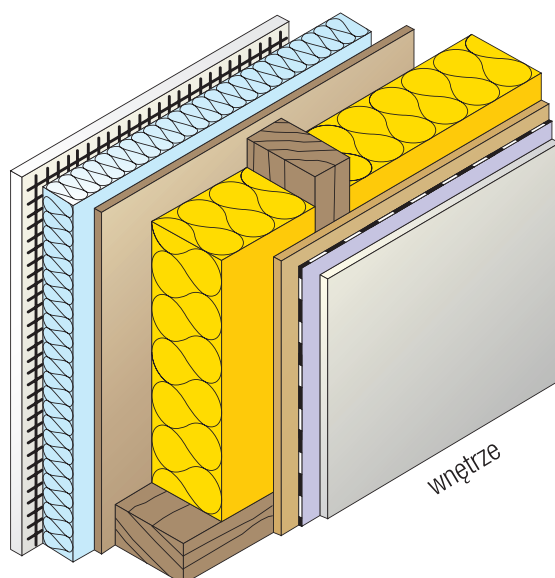
co daje $d_{\text{ocieplenia}} \geq 0,16 \text{ m}$

ale już przy zastosowaniu płyt PUR o $\lambda = 0,023 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$:

$$d_{\text{ocieplenia}} \geq \left(4,793 - \frac{0,36}{0,35}\right) \cdot 0,023$$

co daje $d_{\text{ocieplenia}} \geq 0,09 \text{ m}$

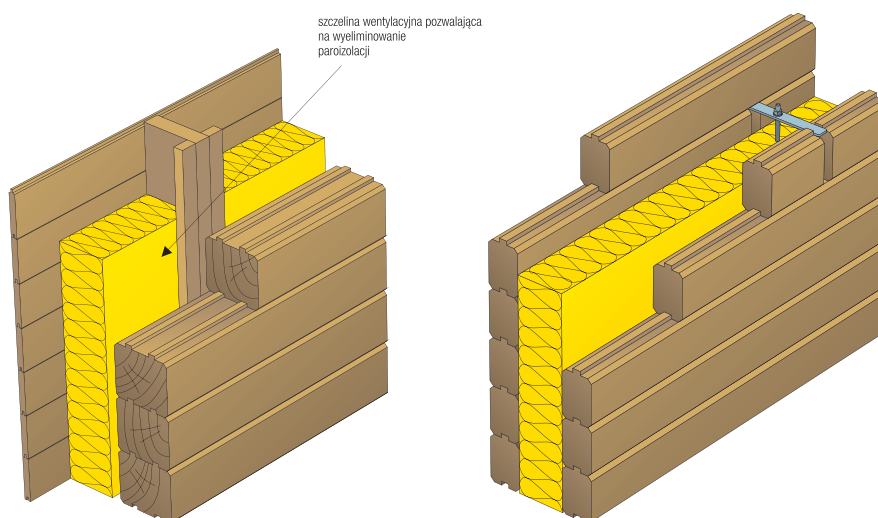
Nieco inaczej należy podejść do ocieplenia ścian drewnianych w zależności od możliwości oraz od tego, w jakiej konstrukcji zostały wykonane. W przypadku budynków w konstrukcji szkieletowej, gdzie kilkucentymetrowe ocieplenie jest już w przestrzeni belek, jeśli tylko jest taka możliwość należy docieplenie wykonać od strony zewnętrznej. Wiąże się to zazwyczaj z koniecznością zdjęcia oblicówki i często wykonania nowej warstwy, która będzie stanowiła podkład pod izolację, na przykład z wodoodpornej sklejki czy płyt OSB. W takich przypadkach zwykle możliwe jest wykonanie ocieplenia w systemie suchym, który umożliwi odtworzenie elewacji zewnętrznej z desek. Można też w procesie termomodernizacji zmienić wygląd elewacji i wykonać docieplenie w systemie ETICS (rysunek 4.6).



Rysunek 4.6. Docieplenie w systemie ETICS ściany szkieletowej

Źródło: Markiewicz Przemysław. Vademecum Projektanta. Prezentacja nowoczesnych technologii budowlanych, 2004

Trudniejsza sytuacja jest zazwyczaj, gdy docieplenia wymaga ściana z bali drewnianych. W przypadku, gdy ściana jest ścianą zrębową z bali docieplenie wykonuje się od środka. Taka sytuacja wymaga sprawdzenia, jak po dociepleniu będzie zachodził proces dyfuzji pary wodnej przez przegrodę. Docieplenie od strony wewnętrznej generuje ryzyko powstawania kondensacji międzywarstwowej, a drewno jest materiałem organicznym niezwykle wrażliwym na zawilgocenie. Istnieje możliwość ułożenia izolacji z wytworzeniem szczeliny wentylacyjnej, w której dokonywałaby się wymiana powietrza wraz z odprowadzeniem nadmiaru pary wodnej (rysunek 4.7).



Rysunek 4.7. Docieplenie ściany zrębowej od strony wewnętrznej z wytworzeniem szczeliny wentylacyjnej oraz docieplenie ściany zrębowej dwuwarstwowej ze szczeliną

Źródło: Markiewicz Przemysław. Vademecum Projektanta. Prezentacja nowoczesnych technologii budowlanych, 2004

Rozwiązaniem dużo pewniejszym w takiej sytuacji jest wykonanie paroizolacji od strony wewnętrznej, która spowolni lub zatrzyma proces dyfuzji pary przez przegrodę niwelując też ryzyko wystąpienia kondensacji międzywarstwowej.

Zdarzają się też przypadki, kiedy ściana drewniana jest podwójną ścianą zrębową ze szczeliną. W takim przypadku ocieplenie można wykonać przez nadmuch granulatu (np.: granulatu korkowego) w szczelinę pomiędzy balami (rysunek 4.7). W takim przypadku konieczne jest sprawdzenie przebiegu procesu dyfuzji, aby docieplenie nie wiązało się z ryzykiem zawilgocenia ściany w wyniku kondensacji międzywarstwowej.

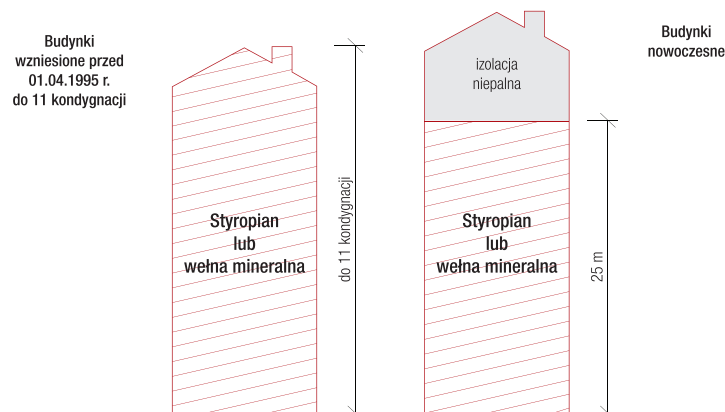
4.4. Procedura ocieplania ścian zewnętrznych – wymagania, niewralgiczne momenty, sposoby kontroli, prace dodatkowe

Najczęstszym sposobem ocieplania i docieplania ścian jest system ETICS. Jest to związane zarówno z dostępnością na rynku jak i z ceną. Jednak podczas jego wykonywania należy trzymać się zasad opisanych w instrukcji wydanej przez ITB zarówno na etapie projektowania jak i wykonawstwa.

Kiedyś system ten nosił nazwę metoda lekka mokra, a zmiana nazwy wyniknęła nie tylko z chęci dokładniejszego opisanego tego sposobu docieplenia ścian, ale też z konieczności zwrócenia uwagi, że aby izolacja ścian działała prawidłowo trzeba do niej podejść kompleksowo. Podkreślenie słowa System zwraca uwagę, że każdy z opisanych w instrukcji elementów ma swój udział w całości.

Wśród najczęściej stosowanych materiałów do izolacji w systemie ETICS wciąż są styropian lub styropian grafitowy i wełna mineralna. W przypadku dociepleń należy pamiętać o ograniczeniu w stosowaniu styropianu dotyczącym wysokości. Warunki techniczne w dziale VI Bezpieczeństwo pożarowe w Rozdziale 2: Odporność pożarowa budynków w §216 w punkcie 8 i 9 ograniczają możliwość stosowania styropianu – „W budynku na wysokości powyżej 25 m ponad poziom terenu, okładzina elewacyjna, jej mocowanie mechaniczne, a także izolacja cieplna ściany zewnętrznej, powinny być wykonane z materiałów niepalnych. Dopuszcza się ocieplenie ściany zewnętrznej budynku mieszkalnego, wzniesionego przed dniem 1 kwietnia 1995 r., o wysokości 11 kondygnacji włącznie, z użyciem samogasnącego polistyrenu spienionego, w sposób zapewniający nierozprzestrzenianie się ognia.” (rysunek 4.8).

Stosowanie płyt termoizolacyjnych na wysokich budynkach



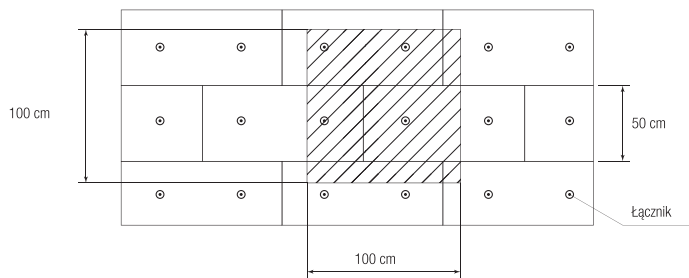
Rysunek 4.8. Ograniczenie w stosowaniu styropianu w systemie ETICS według WT2018

Źródło: Stowarzyszenie na Rzecz Systemów Ociepleń, Wytyczne ETICS. Warunki techniczne wykonawstwa, oceny i odbioru robót elewacyjnych z zastosowaniem ETICS wydanie 03/2015

System ETICS wymaga wysokiej dbałości na poszczególnych etapach wykonania [1]:

- Przygotowanie podłoża:
 - należy wykonać sprawdzenie nośności podłoża metodą „pull off”,
 - w przypadku podłoża (tynku) niewystarczająco nośnego należy go skuć uzyskując powierzchnię nośną,
 - w przypadku częściowego usunięcia podłoża ubytki należy uzupełnić zaprawą tynkarską,
 - podłoże nośne powinno być równe i oczyszczone z wszelkich elementów mogących powodować osłabienie przyczepności zaprawy,
 - całość, szczególnie gdy występują resztki słabo przylegających powłok malarskich, powinno się zmyć pod ciśnieniem bądź zeskrobać,
 - podłoża słabe, pyłące, bądź też podłoża o dużej chłonności należy zagruntować emulsją gruntującą,
- Mocowanie listwy startowej:
 - listwa nie powinna być zamocowana niżej niż 30 cm od poziomu gruntu,
 - brak listwy startowej powoduje mniejszą trwałość izolacji,
- Przyklejanie płyt izolacyjnych:

- pierwszy rząd płyt mocuje się opierając je na listwie startowej, zaś kolejne układa się stosując przewiązanie w tzw. cegiełkę (przesunięcie należy wykonać zarówno na powierzchni ściany, jak i na narożach budynku),
- płyty mocuje się do podłoża metodą „pasmowo-punktową” (naniesiona na płytę zaprawa powinna obejmować co najmniej 40% jej powierzchni),
- w przypadku płyt styropianowych po zamocowaniu należy przeszlifować płaszczyzny w celu ich wyrównania.
- Mocowanie płyt elewacyjnych:
 - stosowanie łączników mechanicznych jest uzależnione od rodzaju zastosowanego materiału,
 - w przypadku budynków niskich dla izolacji styropianowych mocowanie w postaci kołków plastikowych w ilości około 4÷5 na 1 m² zalecane, jest ono w narożnikach budynku lub przy zastosowaniu styropianu o grubości większej niż 15 cm. Dodatkowo mocowanie mechaniczne wymagane jest przy ocieplaniu budynków o wysokości powyżej 12 metrów, a także gdy nośność podłoża jest niska i trudna do określenia (rysunek 4.9),

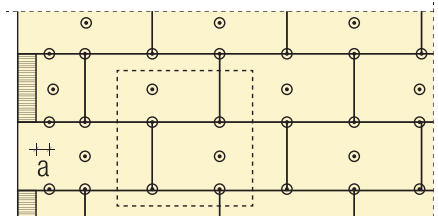


Rysunek 4.9. Przykładowe rozmieszczenie łączników mechanicznych na powierzchni płyt styropianowych

[<http://www.planergia.pl/post/strop-tez-ma-znaczenie-517>]

- w przypadku izolacji z wełny mineralnej należy stosować łączniki o trzpieniach metalowych (ze względu na odporność ogniową i większy ciężar materiału) również w narożnikach płyt (rysunek 4.10),

a > 5 cm dla ściany betonowej
a > 10 cm dla ściany murowanej



Dla budynków o wysokości do 20 m ponad poziomem terenu stosujemy 6 kołków na 1 m² powierzchni cieplnej.

Rysunek 4.10. Przykładowe rozmieszczenie łączników mechanicznych na powierzchni płyt wełny mineralnej

- dodatkowe mocowanie można wykonywać po upływie 24 godzin od przyklejenia płyt.
- Wykonanie warstwy zbrojonej:
 - zaprawę należy rozprowadzić równomiernie po całej powierzchni termoizolacji i wtopić w nią kolejne pasy siatki,
 - warstwa zbrojona musi być warstwą ciągłą, tzn. że kolejne pasy siatki muszą być układane z zakładem min. 10 cm, zaś na narożach powinien on wynosić min. 15 cm. Zakłady siatki nie mogą pokrywać się ze spoinami między płytami izolacji,
 - listwy aluminiowe narożne należy wykonać na wszystkich narożach pionowych budynku oraz na narożach otworów drzwiowych i okiennych.
- Wzmocnienie powierzchni ścian – w sąsiedztwie styku pionowych i poziomych naroży otworów okiennych i drzwiowych konieczne jest dodatkowe wzmocnienie powierzchni, poprzez zatopienie w zaprawie pasków siatki o wymiarach ok. 20 x30 cm. Paski te powinny być ustawione pod kątem 45° do linii wyznaczonych przez krawędzie ościeży (rysunek 4.11).



Rysunek 4.11. Wzmocnienie powierzchni ściany w narożach okien

Źródło: Stowarzyszenie na Rzecz Systemów Ociepleń

Wykonując projekt termomodernizacji trzeba pamiętać, że projekt docieplenia przegród nie jest „notatką” dotyczącą grubości izolacji. Do każdego obiektu należy podejść indywidualnie i zaprojektować wszystkie detale, które są konieczne do poprawnego wykonania ocieplenia. Czasem okazuje się to trudniejsze od wykonania projektu dla nowego budynku. Wykonując projekt ocieplenia można wykorzystać gotowe bazy detali, które oferuje większość producentów i dystrybutorów systemu ETICS. W następnym rozdziale zaprezentowano rozwiązanie kilku newralgicznych detali, o których należy pamiętać wykonując ocieplenia.

4.5. Rozwiązywanie newralgicznych detali – eliminacja mostków cieplnych

Jednym z największych problemów, które może wystąpić podczas docieplenia ścian to powstanie mostków termicznych, czyli miejsc, przez które następuje intensyfikacja przepływu ciepła (rysunek 4.12).



Rysunek 4.12. Przykład mostka cieplnego konstrukcyjnego spowodowanego przez płytę balkonową. Konstrukcja detalu i przebieg izoterm wartość, $\Psi_e = 0,60 \text{ W/(mK)}$

Źródło: Euro Kobra

Mostki cieplne mogą powstać:

- przez wbudowanie w przegrody elementów o większym współczynniku przewodzenia ciepła – mostki materiałowe. Przykładami takich mostków są między innymi wieńce, czy nadproża okienne, ale też metalowe łączniki mechaniczne,
- przez zmianę geometrii elementów – mostki geometryczne. Przykładami są tu naroża i gzymsy.

Innym podziałem mostków termicznych związanych z ich wymiarami jest ich podział na:

- mostki punktowe, gdzie ucieczka ciepła występuje na małych fragmentach elementów, jak w przypadku łączników mechanicznych lub krzyżowanie się rusztów,
- mostki liniowe, w których jeden wymiar jest dużo dłuższy od pozostałych, jak w przypadku przebicia ściany wspornikową płytą balkonową lub obrzeże okienne.

Niektóre źródła wyróżniają też mostki konwekcyjne, w miejscach, gdzie następuje obniżenie temperatury powierzchni w wyniku występowania nieszczelności, przez którą następuje ruch powietrza.

Mostki termiczne są bardzo niebezpiecznymi miejscami w obudowie budynków. Nie tylko dlatego, że są to miejsca wzmożonej ucieczki ciepła, ale przede wszystkim dlatego, że zwiększona ucieczka ciepła prowadzi do obniżenia się temperatury powierzchni przegrody, a to z kolei może prowadzić do ryzyka wystąpienia kondensacji powierzchniowej, a w skrajnych przypadkach do rozwoju grzybów pleśniowych na wychłodzonych powierzchniach (rysunek 4.13).

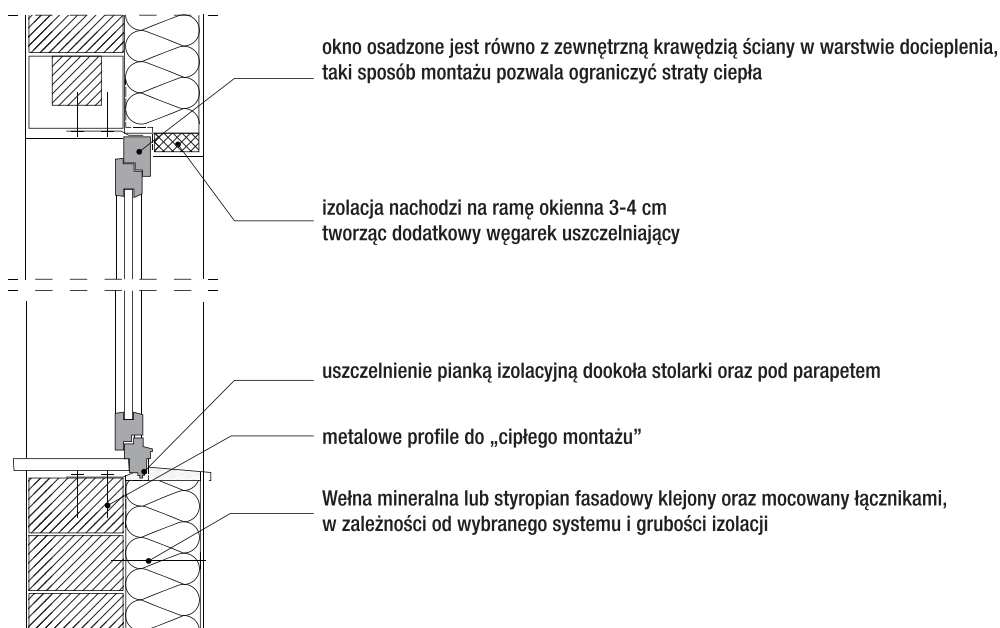


Rysunek 4.13. Rozwój grzybów na zawilgoconej powierzchni ściany

Straty ciepła przez mostki termiczne nie mają dużego znaczenia w przypadku budynków nieocieplonych. Ucieczka ciepła przez całą obudowę jest wtedy względnie równomierna. Znaczenia nabierają jednak wtedy, kiedy izolacyjność cieplna obudowy zewnętrznej rośnie. Wtedy następuje intensyfikacja ucieczki ciepła przez mostki termiczne – obudowa zewnętrzna budynku jest wtedy jak „ser z dziurami”. Ucieczka ciepła przez mostki termiczne w skrajnych przypadkach, mimo że stanowią niewielki procent powierzchni obudowy, może stanowić około 1/4 całych strat ciepła [7]. Należy więc zadbać, aby eliminować mostki termiczne podczas ocieplania budynków.

Miejsca, w których należy zwrócić szczególną uwagę w procesie termomodernizacji budynków to miejsca połączeń elementów, czyli tzw. węzły. Są to:

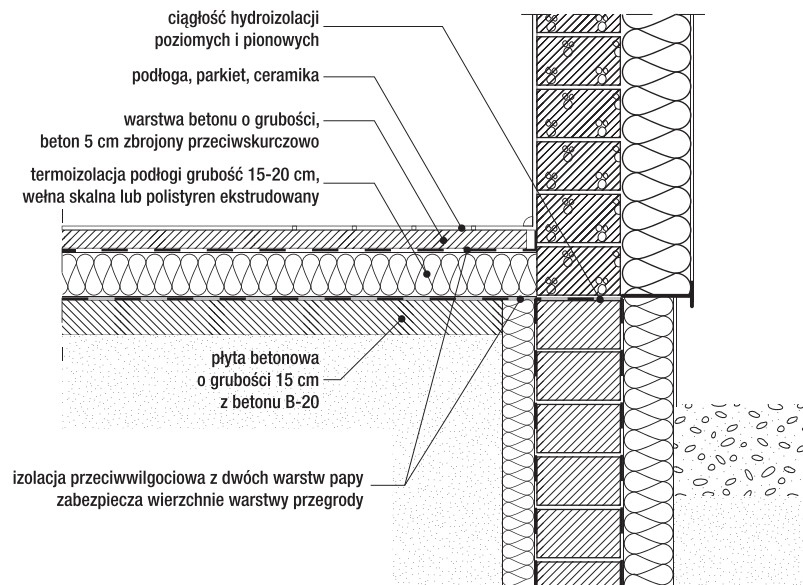
- miejsca montażu stolarki – okna powinny być zamocowane w warstwie izolacji lub tak, aby izolacja nachodziła na ramy drzwiowe i okienne (szczególnie istotne to jest w miejscach nadproży) (rysunek 4.14). Współcześnie coraz częściej stosuje się tak zwany ciepły montaż, czyli wysunięcie stolarki w materiał izolacyjny;



Rysunek 4.14. Mocowanie okien w ścianie dwuwarstwowej

Źródło: www.archipelag.pl

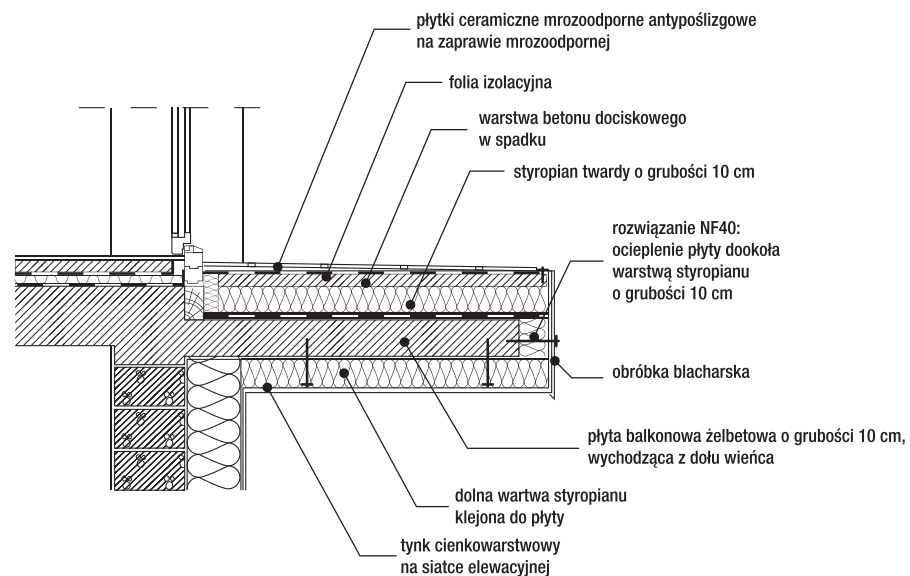
- miejsca zaizolowania ścian zewnętrznych i ścian piwnicy od strony zewnętrznej oraz ścian piwnic (lub ścian fundamentowych) od strony wewnętrznej tak, aby izolacja stropu lub podłogi w piwnicy stanowiła ciągłość z izolacją ściany zewnętrznej. Nie jest to łatwe do osiągnięcia w procesie termomodernizacji budynku, dlatego należy zadbać o najlepsze możliwe połączenie (rysunek 4.15);



Rysunek 4.15. Izolacja termiczna w połączeniu ścian podłogami na gruncie w procesie termomodernizacji

Źródło: www.archipelag.pl

- miejsca przebicia izolacji wspornikowymi płytami balkonowymi – w przypadku termomodernizacji płyty balkonowe należy dwustronnie ocieplić (rysunek 4.16). W przypadkach bardzo kompleksowych termomodernizacji należy rozważyć zastąpienie balkonów tradycyjnych przez balkony o konstrukcji samonośnej lub wiszące;



Rysunek 4.16. Ocieplenie płyt balkonowych dla zminimalizowania strat ciepła

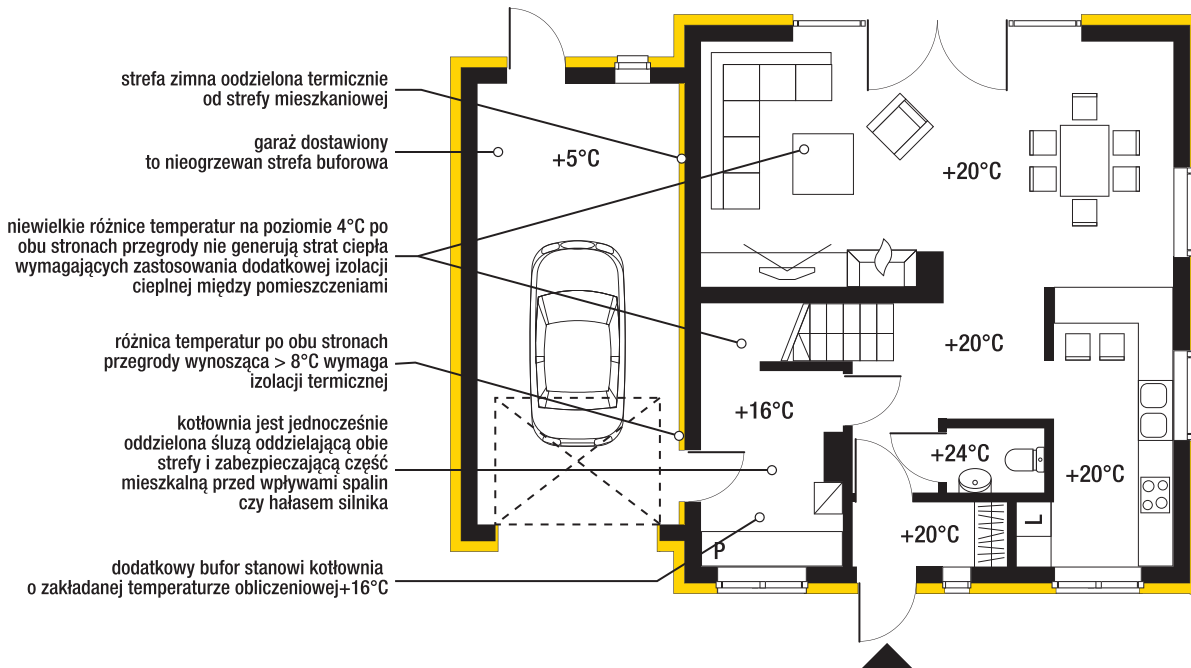
Źródło: www.archipelag.pl

- miejsca połączeń ściany zewnętrznej z dachem lub stropodachem czy przy ścianie kolankowej poddasza – zachowanie ciągłości izolacji (przykłady w rozdziale 5);
- nieszczelności elewacji – zlikwidowanie spęknięć na elewacji pozwala uniknąć infiltracji/eksfiltracji powietrza.

Można powiedzieć ogólnie, że należy zachować ciągłości izolacji wszystkich elementów konstrukcyjnych.

4.6. Ocieplanie ścian wewnętrznych sąsiadujących z nieogrzewanymi pomieszczeniami

Zgodnie z przywołanymi już wymaganiami Warunków Technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, oprócz izolacji ścian zewnętrznych, aby uniknąć niekontrolowanej ucieczki ciepła, należy zwrócić uwagę na izolowanie ścian między pomieszczeniami ogrzewanymi i nieogrzewanymi, a konkretnie tam, gdzie występuje różnica temperatur (rysunek 4.17).



Rys 4.17. Docieplenie ściany między pomieszczeniem ogrzewanym, a pomieszczeniem nieogrzewanym lub pomieszczeniem o niższej temperaturze

Źródło: www.archipelag.pl

Jak opisano to już w rozdziale 1, w przypadku ścian między pomieszczeniami mieszkalnymi, a garażami ogrzewanymi do 12°C ($\Delta t < 8$ K) U ścian powinno wynosić 1,0 W/(m²·K), a w przypadku oddzielenia pomieszczeń od nieogrzewanych U nie może być większe niż 0,3 W/(m²·K). Mówiąc o ścianach w wewnętrznej przestrzeni budynków zwykle wymagania cieplne odnoszą się prawie wyłącznie do ocieplenia, ponieważ elementy murowe, które dobrze przewodzą ciepło, często nie są w takich przypadkach elementami nośnymi, a więc ich opór jest bardzo mały. Ocieplenie powinno być oczywiście od strony pomieszczeń nieogrzewanych. W przypadku, gdy szerokość takiego pomieszczenia (np. garażu) nie jest duża i ułożenie materiału izolacyjnego jeszcze zabiera cenne centymetry należy ułożyć materiał o jak najlepszych właściwościach cieplnych, co pozwoli zmniejszyć grubość materiałów izolacyjnych. W przypadku ścian z cegły kratówki o grubości 0,25 m i $\lambda = 0,56$ W/(m·K) jednostronnie otynkowanych wymagane ocieplenie z wełny mineralnej o $\lambda = 0,042$ W/(m·K) ($d_{ociepiania} \geq (3,14 - \frac{0,25}{0,56}) \cdot 0,042$) wiązałyby się z grubością blisko 0,12 m (licząc z warstwą wykończeniową). Ale już zastosowanie płyt z piany PUR o $\lambda = 0,02$ W/(m·K) zmniejsza tę grubość do 0,06 m. Ocieplenie takich przegród, podobnie jak przy ociepleniach od wewnętrznej strony, generuje ryzyko powstania mostków termicznych w miejscach połączeń ściana/strop czy ściana/podłoga, dlatego też w takich połączeniach dobrze jest zastosować izolację obwodową w podłogach lub pod stropami.

W przypadku, gdy pomieszczenia są rzeczywiście bardzo małe i ocieplenie ich zaburzyłoby proporcje czyniąc je na przykład zbyt wąskim, można zastanowić się nad zburzeniem istniejących przegród i wykonaniem ich w systemie szkieletowym – zyska się dzięki temu miejsce.

4.7. Przykładowe koszty ocieplania ścian zewnętrznych

Koszty ocieplania ścian są uzależnione od wielu czynników, chociażby czy docieplenie dotyczy domów jednorodzinnych czy budynków wielorodzinnych (różnice w kosztach pracy rusztowań) i bardzo trudno podać obiektywne przykłady. Koszty zarówno robocizny jak i materiałów są bardzo zróżnicowane w różnych regionach kraju, a szczególnie duże różnice występują między prowincją a dużymi miastami. Różnice te są bardzo znaczące, dlatego poniższe wartości dla izolacji o gr. 15 cm, trzeba traktować jedynie jako przybliżone:

- styropian:
 - materiał (zaprawa klejąca, styropian 15 cm, siatka zbrojąca, zaprawa na warstwę zbrojoną, podkład gruntujący, wyprawa wierzchnia, farba elewacyjna) to 70÷105 zł/m²,
 - robocizna 45÷65 zł/m²,
 - łączny koszt: 115÷170 zł/m²,
- wełna mineralna:
 - materiał (zaprawa klejąca, wełna mineralna 15 cm, siatka zbrojąca, zaprawa na warstwę zbrojoną, podkład gruntujący, tynk, farba elewacyjna) to 85÷135 zł/m²,
 - robocizna 65÷75 zł/m²,
 - łączny koszt: 150÷210 zł/m².

Dla budynków wielorodzinnych, gdzie koszty rusztowań będą miały znacząco większe udziały w cenie, koszty wzrosną o 20÷25%. Nie analizuje się tu mniejszych grubości materiałów izolacyjnych, ponieważ koszt samych materiałów przy różnicy między 12, a 15 cm nie stanowi dużego udziału, a dla uzyskania parametrów ścian spełniających wymagania obecne i przyszłe należy rozpatrywać wartości ok. 15 cm materiału izolacyjnego.

Biorąc pod uwagę analogiczne grubości izolacji w systemie suchym, tu rozbieżności będą jeszcze większe ze względu na różne systemy mocowań i różne materiały elewacyjne. Ocieplenie w systemie suchym z wełną mineralną 15 cm:

- wykończenie sidingiem winylowym, łączny koszt: 170÷270 zł/m²,
- wykończenie oblicówką drewnianą, łączny koszt: 195÷350 zł/m².

Koszt znacznie wzrośnie w przypadku wykończenia ze szkła lub kamienia naturalnego np.: piaskowca.

Ocieplenia z wykorzystaniem innych materiałów izolacyjnych są rzadko spotykane, dlatego ich wyceny należy szukać bezpośrednio u producentów materiałów lub dystrybutorów systemów, gdyż cena będzie uzależniona od wielkości inwestycji.

Literatura:

- [1] Wysocki K. Docieplenie budynków metodą ETICS, Wydawnictwo Kabe, 2018.
- [2] Wójcik R. Docieplenie budynków od wewnątrz, Grupa Medium 2018.
- [3] Pawłowski K. Zasady projektowania budynków energooszczędnych, Grupa Medium 2018.
- [4] Riedel W., Oberhaus H., Frossel F. Ochrona cieplna – systemy izolacji cieplnej – ETICS, Polcen 2011.
- [5] PN ISO 6946:2017–10 Komponenty budowlane i elementy budynku – Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metody obliczania
- [6] Geryto R. Nowoczesny standard energetyczny budynków, Polcen 2015.
- [7] Laskowski L. Kompendium podstaw budownictwa energoefektywnego z elementami ekoprojektowania, Polcen 2017.
- [8] Poradnik w zakresie poprawy charakterystyki energetycznej budynków, Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa, Warszawa 2016.
- [9] Budynek o niemal zerowym zużyciu energii, Praca zbiorowa pod redakcją Jerzego Sowy, Warszawa 2017.

5

OCIEPLANIE DACHU, STROPODACHU

mgr inż. Martyna Gregoriou-Szczepaniak

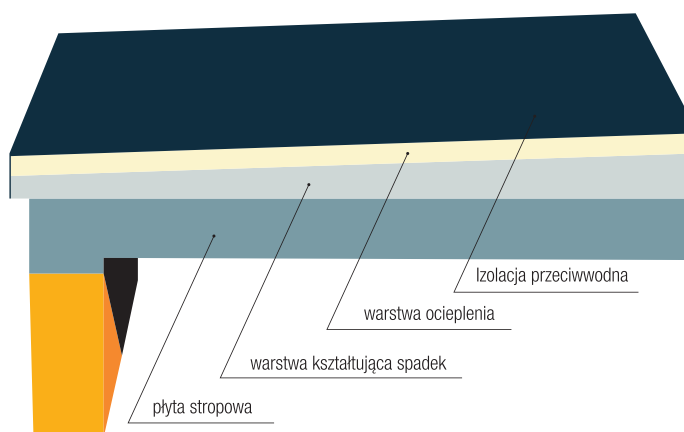
5.1. Najczęściej stosowane rozwiązania w starych budynkach

Prawidłowy dobór sposobu ocieplenia dachu lub stropodachu jest możliwy tylko przy znajomości rodzajów i właściwości materiałów, z których zbudowany jest termomodernizowany element. Na przestrzeni lat wraz z rozwojem technologii budowlanej znacząco zmieniały się parametry wznoszonych konstrukcji i ich elementów.

Do 1970 roku najczęściej występującym zadaniem domów jednorodzinnych budowanych w Polsce był dach nieocieplony o konstrukcji drewnianej, zwykle z poddaszem nieużytkowym. O konstrukcji krokwiowej, jętkowej lub płatwio-kleszczowej, w zależności od rozpiętości i geometrii dachu. Pokrycia dachowe najczęściej wykonane były z materiałów azbestowo-cementowych (z eternitu) w formie płyt falistych lub, rzadziej, płaskich. Inne stosowane materiały to dachówki ceramiczne lub betonowe.

W latach 1970–1980 dużą popularnością zaczęły cieszyć się stropodachy. Wykonywane one były najczęściej w technologii stropodachu niewentylowanego (rysunek 5.1), składającego się z:

- konstrukcji nośnej – najczęściej były to stropy gęstożebrowe;
- warstwy paroizolacji – warstwa ta stanowi zabezpieczenie izolacji cieplnej przed dyfuzją pary wodnej z pomieszczenia i jej ewentualnym wykropleniem wewnątrz stropodachu [1]. Najczęściej były wykonane z lepiku asfaltowego lub z papy asfaltowej układanej na zakład;
- warstwy kształtującej spadek – wykonywanej zwykle z żuźla granulowanego przez jednostkową zmianę grubości (spadek min. 3%). Warstwa ta, dzięki stosunkowo dużej ciepłochronności, jednocześnie poprawiała parametry izolacyjne całego stropodachu;
- warstwy izolacji cieplnej – w postaci płyt wiórowo-cementowych lub płyt pilśniowych;
- warstwy wyrównawczej – warstwa grubości 3 do 6 cm z betonu lub z betonu zbrojonego siatką;
- izolacji wodoszczelnej – wykonywanej z papy asfaltowej.



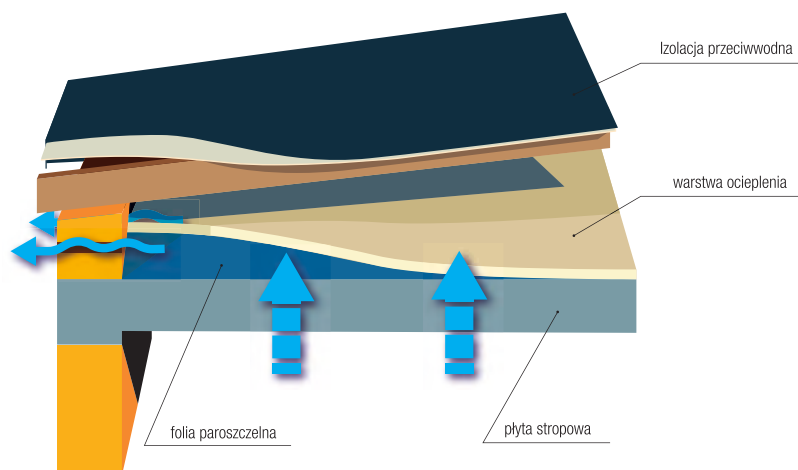
Rysunek 5.1. Stropodach niewentylowany

Źródło: [6]

Inne stosowane w tym czasie rozwiązania to dachy płaskie pulpitowe, dachy dwuspadowe o małych kątach nachylenia, najczęściej nad poddaszami nieużytkowym o konstrukcji drewnianej i nieocieplone. Pokrycia wykonywano z blach trapezowych, pap asfaltowych oraz płyt z materiałów azbestowo-cementowych, płaskich lub falistych.

W latach 1980–1990 nastąpił rozwój technologii wykonywania stropodachów, obok wcześniej stosowanych stropodachów niewentylowanych zaczęły się pojawiać stropodachy dwudzielne (wentylowane) (rysunek 5.2). Ich konstrukcja składa się z:

- warstwy nośnej – płaskiego stropu, często gęstożebrowego;
- warstwy paroizolacji – wykonywanej zwykle z papy na lepiku;
- warstwy termoizolacji – zbudowanej np. z proszku torfowego, żuźla wielkopieczowego granulowanego, zaimpregnowanych wiórów drewnianych, zmineralizowanych trocin itp., usypane luźno w warstwę o grubości zwykle do 20 cm lub wykonanej ze styropianu lub wełny mineralnej;
- pustki powietrznej – jest to nieużytkowa przestrzeń między stropem a dachem, może być przełazowa lub nie. Wysokość tej pustki kształtuje się w granicach od 20 do 150 cm i więcej. Powinna być ona wentylowana, aby zapewnić swobodne wydostawanie się pary wodnej przenikającej z pomieszczenia i zapobiec zawilgoceniu izolacji termicznej [1]. Warunek wentylacji pustki uznajemy za spełniony, jeżeli powierzchnia otworów wynosi min 0,001 powierzchni dachu (dla $h > 50$ cm) lub min 0,002 powierzchni dachu (dla $20 < h < 50$ cm), gdzie h jest wysokością przestrzeni wentylowanej [2];
- nieocieplonego dachu o niewielkim nachyleniu połączy przystosowanym do rodzaju pokrycia – dach może być konstrukcją samonośną lub być oparty na konstrukcji stropu.



Rysunek 5.2. Stropodach dwudzielny

Źródło: [6]

Inne stosowane w tym czasie rozwiązania to dach płaski pulpitowy, dach dwuspadowy, a także namiotowo/kopertowy o małych kątach nachylenia, najczęściej nad poddaszem nieużytkowym o konstrukcji drewnianej i nieocieplony. Pokrycie wykonywano z blachy trapezowej, papy asfaltowej oraz płyt z materiałów azbestowo-cementowych, płaskich lub falistych. [3]

5.2. Wady stosowanych dawniej technologii

Stosowane dawniej rozwiązania niosły za sobą znaczące problemy dotyczące pracy wykonanych elementów. Zaczynając od początku, brak stosowania izolacji przed rokiem 1970, powodował bardzo niską efektywność energetyczną ówczesnych budynków. Niezaizolowany strop i dach miał bardzo duży współczynnik przenikania ciepła, co za tym idzie trudno było osiągnąć i utrzymać wymaganą temperaturę w budynku lub niosło to za sobą duże koszty ogrzewania.

Stosowanie dachów płaskich, w których wszystkie warstwy ściśle przylegają do siebie, w sposób niepozostawiający wentylowanych pustek powietrznych, niosło za sobą możliwość wystąpienia problemów takich jak zawilgocenie warstw izolacyjnych, pęcherze i wybrzuszenia na papie oraz zimą niszczenie warstw podkładowych, odrywanie od podłoża, a także powstawanie ciemnych plam na suficie, które świadczą o zawilgoconych miejscach, gdzie przemarzał strop. Przyczyną jest para wodna, która z łatwością przenika przez warstwy stropu, by następnie zatrzymać się pod szczelną warstwą papy.

Stropodachy wentylowane dwudzielne przy właściwym wykonaniu pozwalały, bez skutków ubocznych, na swobodny przepływ wilgoci przez przegrody. Według wytycznych stosowania paroizolacji: „W stropodachu dwudzielnym wentylowanym, jeśli strop wykonany jest z płyt żelbetowych o dobrze uszczelnionych stykach, a ciśnienie pary wodnej nie przekracza 16 hPa, paroizolacja jest zbędna (np. w budynku mieszkalnym). Warunek ten już spełnia płyta żelbetowa o grubości 3,5 cm, która stawia opór dyfuzyjny $r = 13,30 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{hPa/g}$ i dlatego może stanowić wystarczającą zaporę dla pary, nawet w pomieszczeniach mokrych, takich jak kuchnia, łazienka.” [4]. Problemem w obydwu typach stropodachów będzie niewystarczająca izolacyjność cieplna przegrody, ze względu na zbyt duży współczynnik przenikania ciepła stosowanych materiałów oraz zbyt małą ich grubość. Dodatkowym utrudnieniem jest zastosowanie w starych pokryciach dachowych materiałów obecnie uznawanych za toksyczne, czyli zawierających azbest. Prace nad ich rozbiórką i utylizacją mogą być wykonywane tylko przez specjalistyczne firmy.

5.3. Obecnie stosowane rozwiązania

Kolejne lata przyniosły dalszy rozwój technologii wykonywania stropodachów oraz ocieplonych dachów. Obecnie najczęściej stosowane są następujące rozwiązania:

Stropodachy wentylowane

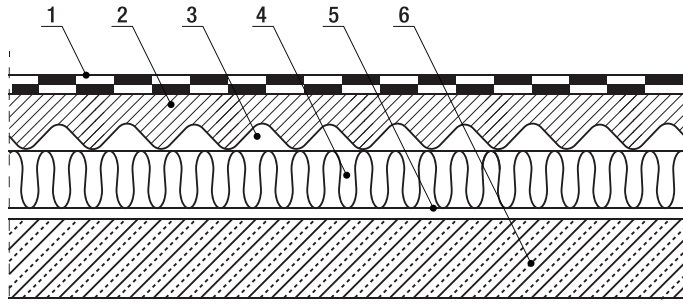
Ten typ stropodachów, dzięki pustym przestrzeniom powietrznym, nie niesie za sobą ryzyka kondensacji pary wodnej i w rezultacie zawilgocenia przegrody, a dobre materiały izolacyjne o odpowiednich grubościach zapewniają spełnienie wymagań izolacyjności cieplnej. Kolejne warstwy takich stropodachów to:

- konstrukcja nośna stropodachu – strop nad ostatnią kondygnacją (drewniany, żelbetowy, stalowy);
- paroizolacja – folia polietylenowa, aluminiowa lub PCV, papa bitumiczna. Szczelność tej warstwy ma duże znaczenie dla prawidłowej pracy izolacji termicznej (zawilgocona, szczególnie w przypadku wełny mineralnej, nie spełnia swojej roli);
- izolacja termiczna – z wełny mineralnej lub płyt styropianowych;
- przestrzeń wentylowana – zadaniem tej warstwy jest odprowadzenie pary wodnej, które uległa kondensacji w warstwie izolacji termicznej. Kondensat odprowadzany jest przez otwory wentylacyjne, warunki jakim muszą odpowiadać otwory, zostały podane wyżej przy opisie dachu dwudzielnego. Dodatkowo jeżeli szerokość dachu przekracza 24 m, w najwyższym punkcie połączenia należy zaprojektować wywietrzniki o powierzchni 5 cm² na każdy m² dachu;
- konstrukcja nośna pokrycia dachowego – pozwala na montaż wybranego pokrycia dachowego i przeniesienie obciążeń na konstrukcję stropu;

- izolacja przeciwwodna (hydroizolacja) – odprowadza wodę opadową z powierzchni dachu i zabezpiecza przed zawilgoceniem niżej położone warstwy, wykonana jest najczęściej z papy bitumicznej, membrany z tworzyw sztucznych i kauczukowych oraz z płynnych folii [3,5].

Najczęściej stosowane typy stropodachów wentylowanych to:

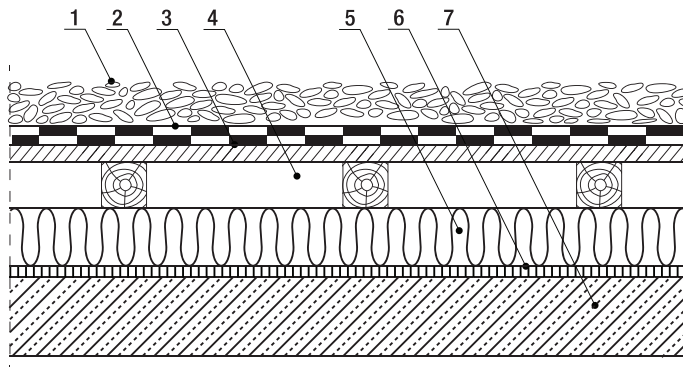
- stropodachy kanalikowe



Rysunek 5.3. Stropodach wentylowany kanalikowy: 1- hydroizolacja, 2 – wylewka betonowa, 3 – szczelina wentylacyjna, 4 – termoizolacja, 5 – paroizolacja, 6 – strop

Źródło: [7]

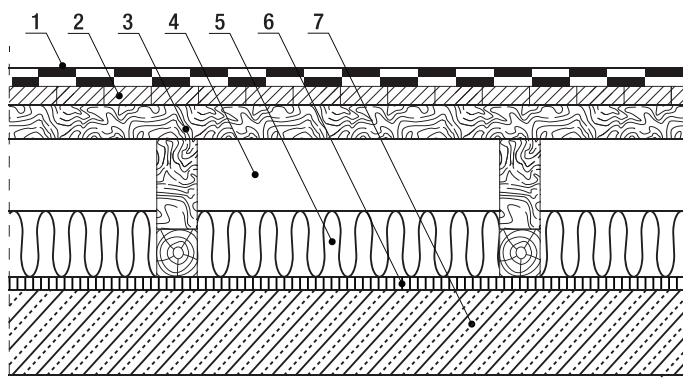
- stropodachy szczelinowe



Rysunek 5.4. Stropodach wentylowany szczelinowy: 1 – warstwa balastowa ze żwiru, 2 – hydroizolacja, 3 – deskowanie, 4 – szczelina wentylacyjna, 5 – termoizolacja, 6 – paroizolacja, 7 – strop

Źródło: [7]

- stropodachy dwudzielne



Rysunek 5.5. Stropodach wentylowany dwudzielny: 1 – hydroizolacja, 2 – deskowanie, 3 – konstrukcja wsporcza, 4 – przestrzeń wentylowana, 5 – termoizolacja, 6 – paroizolacja, 7 – strop

Źródło: [7]

Dach skośny

Ocieplenie dachu może być realizowane poprzez ocieplenie połaci dachowych – rozwiązanie stosowane przy poddaszu użytkowym lub poprzez ocieplenie stropu poddasza (stropu nad ostatnią kondygnacją), gdy poddasze ma być nieużytkowe.

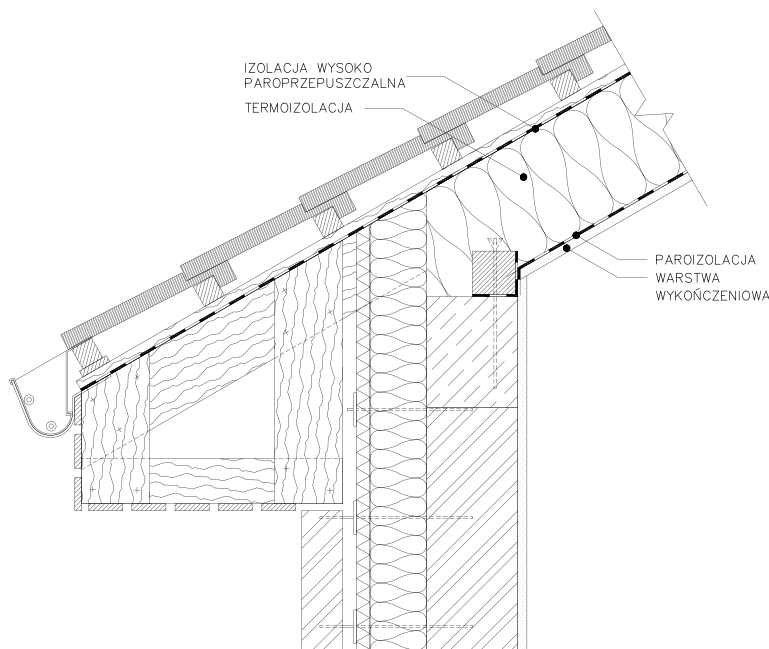
Ocieplenie połaci dachowych

Ocieplenie połaci dachowych zakłada wykonanie wiatroizolacji pod pokryciem dachowym, a następnie wprowadzenie materiału izolacyjnego pomiędzy krokwie i wykonanie paroizolacji. Najczęściej wysokość krokwi nie jest wystarczająca, dlatego wykonuje się dwie warstwy materiału izolacyjnego – warstwę pomiędzy krokwiami i warstwę poniżej krokwi. Technologia wykonania zależy od przyjętego materiału, najpopularniejsze jest ocieplenie połaci dachowych wełną mineralną. Przy izolacji z wełny mineralnej, ze względu na jej podatność na formowanie, łatwo jest uzyskać wymaganą szczelność wypełnienia przy stosunkowo niskiej cenie. Inne materiały, które mogą być użyte jako termoizolacja połaci dachowych to:

- styropian – ze względu na małą elastyczność należy zadbać o dokładny dobór rozmiaru płyt i ich precyzyjne ułożenie,
- pianka poliuretanowa – jest to pianka rozprężająca się, natrykiwana na połąć dachową, w krótkim czasie uzyskuje się w ten sposób bardzo szczelnie wypełniającą warstwę izolacyjną, jednak jest to rozwiązanie stosunkowo drogie,
- celuloza – celulozę w postaci granulek wdmuchuje się pod ciśnieniem w przestrzenie międzykrokwiowe, uzyskując w krótkim czasie, podobnie jak w przypadku pianki PUR, szczelnie wypełniającą izolację termiczną.

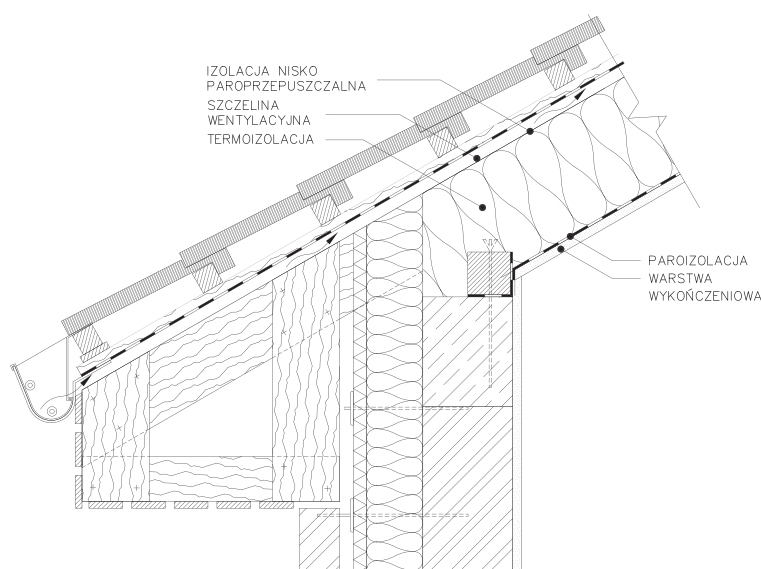
Oprócz wyboru izolacji termicznych należy dobrać do dachów odpowiednie wiatroizolacje, stosowane są obecnie dwa rozwiązania:

- połąć dachowa typu nieszczelnego – przy zastosowaniu wiatroizolacji o wysokiej paroprzepuszczalności (więcej niż $600 \text{ g/m}^2/\text{dobę}$), para wodna jest transportowana przez paroprzepuszczalne warstwy połaci do szczeliny wentylacyjnej między wiatroizolacją a pokryciem dachowym (rysunek 5.6),



Rysunek 5.6. Połąć dachowa z izolacją typu nieszczelnego

- połąć dachowa typu szczelnego – przy zastosowaniu wiatroizolacji o niskiej paroprzepuszczalności (mniej niż $600 \text{ g/m}^2/\text{dobę}$) lub papy na deskowaniu należy przewidzieć szczelinę wentylacyjną o grubości 3–6 cm, między wiatroizolacją i izolacją termiczną. Zadaniem szczelin wentylacyjnych będzie odprowadzenie ewentualnego kondensatu poprzez otwory wentylacyjne w okapie, podbitce oraz w kalenicy dachu lub w ścianach szczytowych (rysunek 5.7) [7].



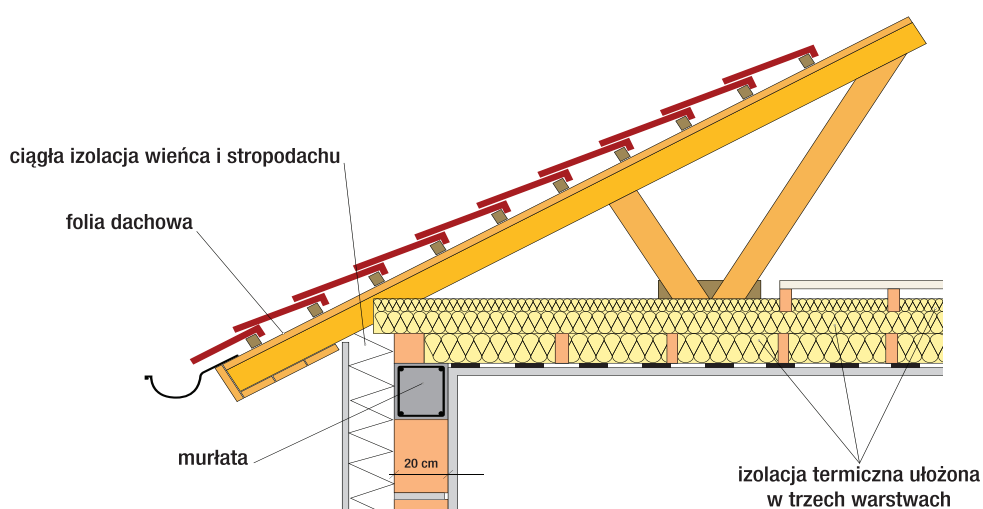
Rysunek 5.7. Połączenie dachowe z izolacją typu szczelnego

Prawidłowe ocieplenie połaci dachowych oprócz zapewnienia izolacyjności termicznej i zmniejszenia kosztów ogrzewania zimą, zapobiega przegrzewaniu się poddasza latem.

5.4. Ocieplenie stropów poddasza

W przypadku, gdy poddasza są nieużytkowe nie ma konieczności ocieplania połaci dachowych, ponieważ zwiększa to objętość ogrzewanej części budynków. W takiej sytuacji można ocieplić strop poddasza. Izolacja taka składa się z (rysunek 5.8):

- paroizolacji – najczęściej folii uniemożliwiających przenikanie pary wodnej do warstwy izolacji termicznej, dzięki temu minimalizujemy ryzyko zawilgocenia izolacji,
- izolacji termicznej – zwykle stosowane są wełna mineralna lub styropian, rzadziej granulaty wełny mineralnej, granulaty styropianowe lub włókna celulozowe,
- warstwa wykończeniowa – jeżeli poddasza mają być dostępne, należy wykonać podłogę, w przypadku wełny jest to najczęściej podłoga drewniana lub z płyt OSB na legarach, w przypadku płyt styropianowych płyty OSB lub izolacja przeciwwilgociowa i wylewka cementowa.



Rysunek 5.8. Izolacja termiczna stropu poddasza

Źródło: [8]

W tabeli 5.1 przedstawiono przykładowe grubości materiałów izolacyjnych dla różnych typów przegród, konieczne dla osiągnięcia współczynnika przenikania ciepła $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Tabela 5.1. Wymagane grubości materiałów izolacyjnych dla $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Typ dachu	Warstwy pokrycia	Typ izolacji termicznej
Stropodach niewentylowany	<ul style="list-style-type: none"> – papa nawierzchniowa jednowarstwowa – izolacja termiczna – papa podkładowa (paroizolacja) – strop żelbetowy gr. 20 cm 	Wełna $\lambda=0,040$ gr. 26 cm Styropian $\lambda=0,031$ gr. 20 cm Styropian $\lambda=0,040$ gr. 26 cm
Stropodach wentylowany, dwudzielny o masywnej konstrukcji stropu	<ul style="list-style-type: none"> – hydroizolacja – płytki korytkowe na ściankach ażurowych – wentylowana przestrzeń powietrzna – izolacja termiczna – strop masywny – gładź gipsowa 	Wełna $\lambda=0,039$ gr. 25 cm Wełna $\lambda=0,035$ gr. 23 cm Granulat wełny mineralnej $\lambda=0,042$ gr. 28 cm
Poddasze nieużytkowe, z ocieplonym stropem masywnym	<ul style="list-style-type: none"> – pokrycie dachowe na łatach – kontrłata wzdłuż krokwi – wiatroizolacja – krokiew – wentylowana pustka powietrzna – izolacja termiczna – strop masywny – gładź gipsowa 	Wełna $\lambda=0,039$ gr. 25 cm Wełna $\lambda=0,035$ gr. 23 cm
Poddasze nieużytkowe, z ocieplonym stropem drewnianym	<ul style="list-style-type: none"> – pomost ażurowy z desek – legary na belkach stropu – wentylowana szczelina 2–3 cm – izolacja termiczna – folia paroizolacyjna – płyty g-k lub boazeria 	Wełna $\lambda=0,039$ gr. 27 cm Wełna $\lambda=0,035$ gr. 26 cm
Poddasze użytkowe z ocieploną połacią dachową – typu szczelnego dla pary wodnej	<ul style="list-style-type: none"> – pokrycie dachowe na łatach – kontrłata wzdłuż krokwi – wiatroizolacja – wentylowana szczelina 3–6 cm – izolacja termiczna – folia paroizolacyjna – płyty g-k 	Wełna $\lambda=0,039$ gr. 27 cm Wełna $\lambda=0,035$ gr. 25 cm Styropian $\lambda=0,031$ gr. 22 cm Styropian $\lambda=0,040$ gr. 28 cm
Poddasze użytkowe z ocieploną połacią dachową – typu nieszczelnego dla pary wodnej	<ul style="list-style-type: none"> – pokrycie dachowe na łatach – kontrłata wzdłuż krokwi – wiatroizolacja – izolacja termiczna – folia paroizolacyjna – płyty g-k 	Wełna $\lambda=0,039$ gr. 27 cm Wełna $\lambda=0,035$ gr. 25 cm Styropian $\lambda=0,031$ gr. 22 cm Styropian $\lambda=0,040$ gr. 28 cm

5.5. Termomodernizacja dachów i stropodachów

Przed podjęciem decyzji o termomodernizacji konieczne jest sprawdzenie stanu technicznego stropów lub więźb dachowych. Może się okazać, szczególnie w dachach wystawionych na długotrwałe działanie wilgoci, że stan techniczny konstrukcji jest tak zły, że bardziej opłacalna jest wymiana całego dachu. W przypadku dobrego stanu technicznego konstrukcji należy przeprowadzić optymalizację, która odzwierciedli realną oszczędność kosztów na ogrzewanie budynku w rozpatrywanym okresie. Po podjęciu decyzji o termomodernizacji, należy wybrać sposób ocieplenia, przy dachu dwuspadowym można zdecydować się na ocieplenie połaci dachowej lub stropu, w zależności od preferowanej funkcji poddasza.

Przykładowe rozwiązanie to uzyskanie poddasza nieogrzewanego, ale możliwego do użytkowania np. jako suszarnie lub schowki, przy użyciu płyt styropianowych dach/podłoga dociśniętych posadzką z płyt OSB. Jest to rozwiązanie tańsze i mniej pracochłonne niż ruszt drewniany z podłogą w wypadku zastosowania jako warstwy izolacji miękkiej

wełny mineralnej lub zasypek izolacyjnych (granulat wełny mineralnej, celuloza). Elementy składowe robót takiej termomodernizacji to:

- ułożenie folii paroizolacyjnej,
- przycięcie i ułożenie płyt styropianu w dwóch warstwach na mijankę,
- wykonanie podłogi w systemie suchego jastrychu z dwóch warstw płyty OSB-3 klejonych i skręcanych z przesunięciem względem siebie.

Szacunkowy, łączny koszt takich robót to około 120 zł za m².

Inne rozwiązanie to termomodernizacja poddaszy nieogrzewanych, nieużytkowych, warstwą izolacji z miękkiej wełny mineralnej, zakładające wykonanie następujących czynności:

- ułożenie folii paroizolacyjnej,
- przycięcie i ułożenie dwóch warstw rolowanej wełny mineralnej prostopadle do siebie,
- zabezpieczenie izolacji przed wywiewaniem ciepła, membraną wysoko paroprzepuszczalną, układaną bezpośrednio na wierzchu wełny.

Takie podejście nie pozwala na użytkowanie poddasza w żaden sposób, ale jest tańsze przy wykonaniu, a efektem jest podobna oszczędność w przyszłych kosztach ogrzewania.

Przy termomodernizacji stropodachów, ścieżka postępowania znacząco różni się w zależności od rodzaju stropodachu. W przypadku stropodachów wentylowanych bardzo często występuje zawilgocenie warstw izolacyjnych, w związku z tym najbezpieczniej jest zerwać wszystkie warstwy poszycia aż do odsłonięcia nagiej konstrukcji stropu. Przykładowy sposób termomodernizacji składa się z następujących czynności:

- zerwanie starego pokrycia papowego, rozbiórka warstwy wyrównawczej z betonu oraz warstwy żużla wielkopieczowego. Wyrównanie i wyczyszczenie wierzchniej warstwy stropu monolitycznego. Czynności nie uwzględnione w wycenie;
- ułożenie paroizolacji;
- ułożenie płyt styropianowych na powierzchni stropu;
- wykonanie warstwy spadkowej z zagęszczonego ręcznie keramzytu;
- szpryc cementowy;
- wykonanie warstwy dociskowej z płyty betonowej zatartej na gładko;
- wykonanie hydroizolacji dachu systemem pap termozgrzewalnych z impregnacją podłoża.

Szacunkowy, łączny koszt takich robót, to około 200 zł za m².

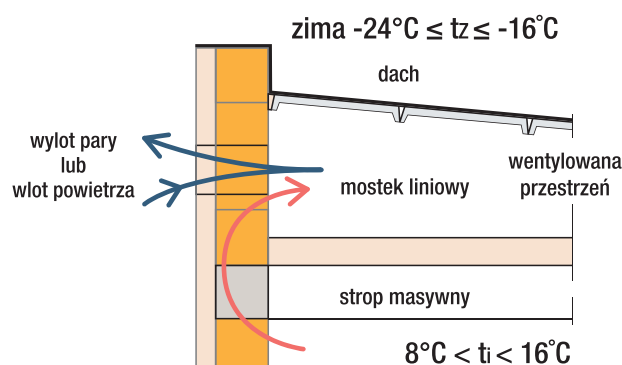
Stropodachy wentylowane dwudzielne przy właściwym wykonaniu pozwalają bez skutków ubocznych na swobodny przepływ wilgoci przez przegrody. Najpopularniejszymi metodami termomodernizacji są:

- zasypywanie powierzchni poziomych granulem z wełny mineralnej,
- wdmuchiwanie celulozy,
- ocieplanie wełną mineralną w rolkach układaną w dwóch warstwach.

Szacunkowy, łączny koszt takich robót (przy użyciu granulatu) to około 30 zł za m².

Zarówno przy ocieplaniu stropodachów jak i dachów skośnych należy zwrócić szczególną uwagę na newralgiczne punkty takie jak:

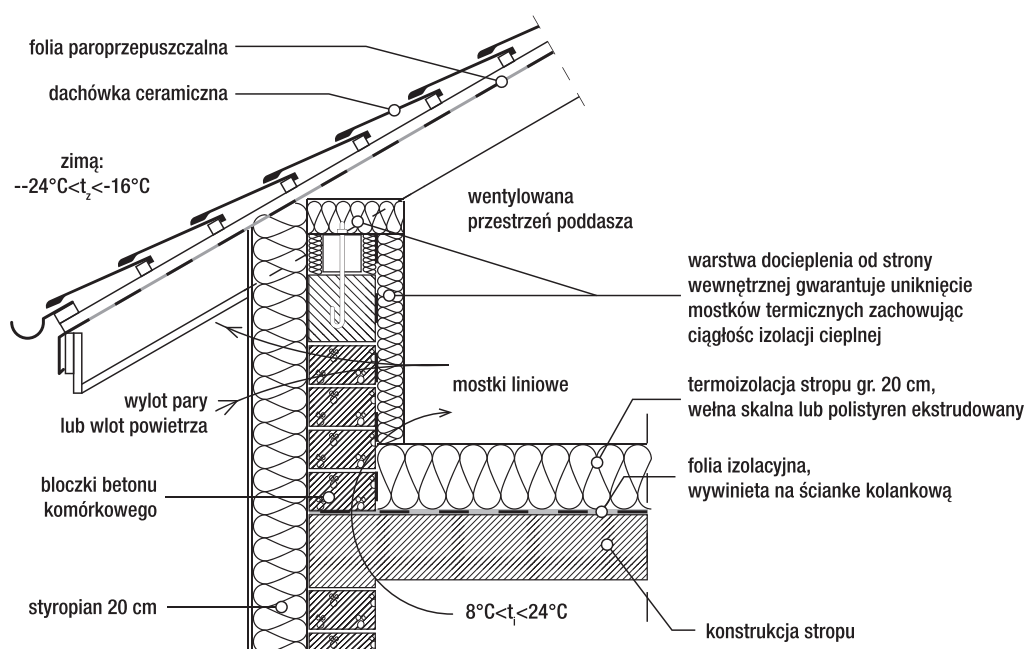
- uniemożliwienie zawilgocenia poszczególnych warstw, poprzez prawidłowe wykonanie izolacji, wykonanie wymaganych spadków i sprawnego systemu odwodnienia;
- szczelne wykonanie obróbek blacharskich;
- wyeliminowanie lub ograniczenie przenikania ciepła przez mostki termiczne. Najczęściej występujące mostki cieplne to styki stropów i ścian attyki (rysunek 5.9).



Rysunek 5.9. Mostek termiczny na styku stropu i attyki

Źródło: www.archipelag.pl

Aby uniknąć powstawania tego mostka należy zapewnić ciągłość izolacji pionowej i poziomej np. przez ocieplenie ściany od wewnątrz (rysunek 5.10).



Rysunek 5.10 Prawdźowa izolacja ścianki kolankowej

Źródło: www.archipelag.pl

Literatura:

- [1] Mirski J. Z., Łącki K. Budownictwo z technologią 2, WSiP, Warszawa 1998, str. 239–242.
- [2] Dziegielewski A. Zasady prawidłowego projektowania i wykonawstwa stropodachów wentylowanych, <http://www.inzynierbudownictwa.pl/>, odczyt 09.07.2018.
- [3] Stawiski B. Dachy i stropodachy, XVIII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Szczyrk 2007.
- [4] Płoński W., Pogorzelski J.A. – Fizyka budowl, Arkady, Warszawa 1979.
- [5] Klatt R. Wytyczne do projektowania i wykonywania z izolacjami, Materiały Budowlane, nr 6/1996.
- [6] <https://www.budujemydom.pl/sciany-i-stropy/8943-ocieplenie-stropu-i-dachu>, odczyt 09.07.2018.
- [7] <http://www.e-dach.pl/a/ocieplenie-poddasza-sposob-na-oszczedny-dom-2844.html>, odczyt 09.07.2018 r.
- [8] <https://ekobudowanie.pl/trendy/technologia/133-warstwy-termoizolacji-w-polaci-dachowej-domu-energooszczednego>, odczyt 26.09.2018.
- [9] <https://www.archipelag.pl/abc-budowy-1/buduj-energooszczednie-1/technologie-izolacje?Article=%40%20izolacja-termiczna-scianki-kolankowe-i-szczytowe.html>, odczyt 26.09.2018.

6

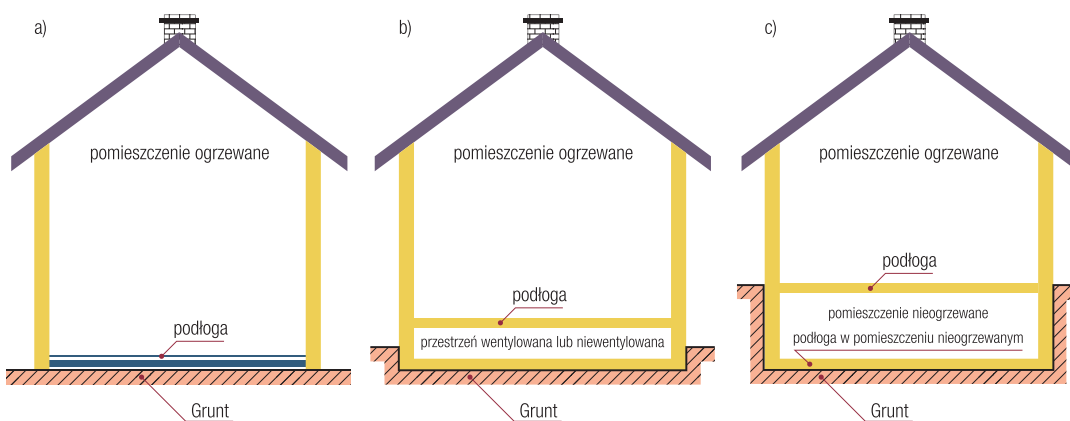
OCIEPLANIE PODŁÓG NA GRUNCIE I STROPÓW NAD NIEOGRZEWANYMI PIWNICAMI

dr inż. Artur Miszczuk

6.1. Podział podłóg

Podłogi w budynkach na najniższych kondygnacjach można podzielić ze względu na ich konstrukcję oraz sposób kontaktu z gruntem. Do najczęściej spotykanych rozwiązań należą:

- podłogi znajdujące się w bezpośrednim kontakcie z gruntem (rysunek 6.1 a);
- podłogi podniesione (wentylowane lub niewentylowane) (rysunek 6.1 b);
- stropy rozdzielające pomieszczenia ogrzewane od podziemi (piwnic) nieogrzewanych (rysunek 6.1 c).



Rysunek 6.1 Rodzaje kontaktu podłóg z gruntem

Źródło: [8]

Poziomy izolacyjności cieplnej podłóg na gruncie oraz stropów nad nieogrzewanymi piwnicami zależą od okresu budowy oraz dostępnych materiałów (tabela 6.1) [1]. W latach 60-tych wymagania izolacyjności cieplnej zaczęto określać przez współczynnik przenikania ciepła (U [$W/(m^2 \cdot K)$]). Wraz z wprowadzeniem w 1982 r. norm ochrony cieplnej (PN82/B-02020 Ochrona cieplna budynków) nastąpiło istotne obniżenie granicznych wartości współczynnika przenikania ciepła stropów nad pomieszczeniami nieogrzewanymi oraz podłóg na gruncie. Nowe przepisy związane były z rozwojem technologii produkcji podstawowych materiałów izolacyjnych stosowanych w budownictwie: styropianu i wełny mineralnej.

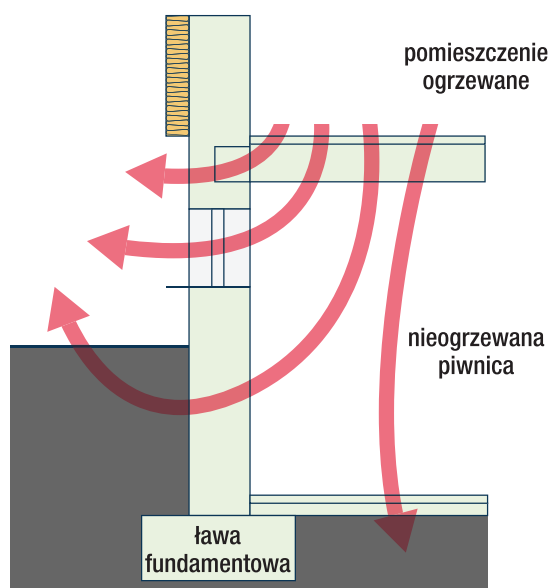
Tabela 6.1. Zestawienie maksymalnych wartości współczynnika przenikania ciepła (U_{max}) z podziałem na projektowaną temperaturę w pomieszczeniach

Dokument odniesienia	U_{max} [$W/m^2 \cdot K$]					
	Strop nad pomieszczeniem nieogrzewanym lub zamkniętą przestrzenią podpodłogową			Podłoga na gruncie		
	$t_i \geq 16^\circ C$	$8^\circ C \leq t_i < 16^\circ C$	$t_i < 8^\circ C$	$t_i \geq 16^\circ C$	$8^\circ C \leq t_i < 16^\circ C$	$t_i < 8^\circ C$
PN-57/B-02405	1,16					
PN-64/B-03404	1,16					
PN-74/B-03404	1,16					
PN-82/B-02020	1,16					
PN-91/B-02020	0,60					
Dz. U. 2002 Nr 7 poz. 690	0,60					
Dz. U. 2008 Nr 201 poz. 1238	0,45					
Dz. U. 2015 poz. 1422	0,25	0,30	1,00	0,30	1,20	1,50

6.2. Konstrukcje najczęściej wykonywanych stropów oraz podłóg na gruncie

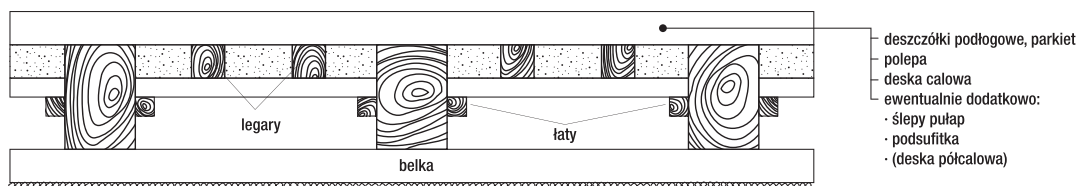
Na przestrzeni lat wykorzystywano różne materiały i technologie do budowy oraz wykańczania budynków [2]. Do roku 1970 wznoszono głównie budynki murowane z dachami dwuspadowymi oraz z poddaszami nieużytkowymi.

Obiekty były niepodpiwniczone lub częściowo podpiwniczone oraz nie posiadały ocieplonych przegród. Wiele budynków z tego okresu nie spełniało mało rygorystycznych, jak na dzisiejsze czasy, wymagań izolacyjności cieplnej określonych w roku 1957 oraz 1964 (PN-57/B-02405, PN-64/B-03404). Prowadziło to do powstania wielu dróg ucieczki ciepła przez podłogi na gruncie oraz stropy znajdujące się nad pomieszczeniami nieogrzewanymi (rysunek 6.2).

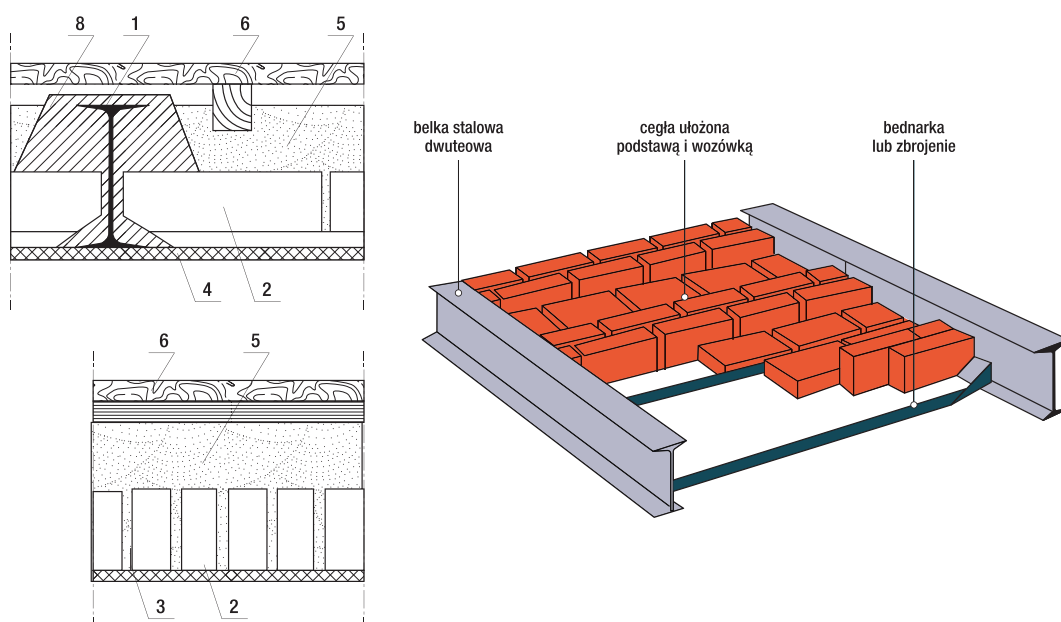


Rysunek 6.2. Drogi ucieczki ciepła z pomieszczeń ogrzewanymi w przypadku braku ocieplenia przegród zewnętrznych

Stropy nad pomieszczeniami nieogrzewanymi wykonywane były najczęściej na belkach drewnianych (rysunek 6.3) lub stalowych np. strop Kleina (rysunek 6.4) [3, 4]. Dociążone były one warstwą pełniącą funkcje izolacji termicznej i akustycznej. Do najczęściej stosowanych rozwiązań należały polepy, w których materiałem wiążącym była glina, a wypełnieniem sieczka, trociny, gruz, piasek, prązony lub wysezonowany żużel.



Rysunek 6.3. Układ warstw w stropach drewnianych.

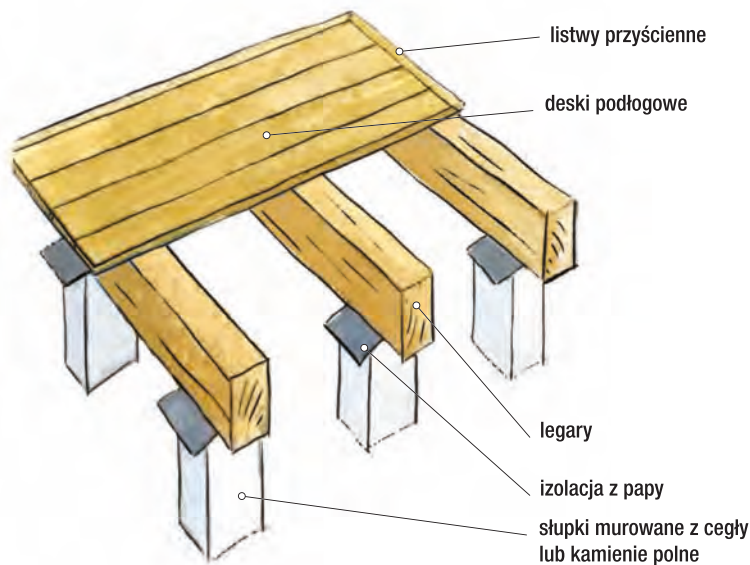


Rysunek 6.4. Strop Kleina: a) przekrój poprzeczny stropu z podłogą drewnianą na legarach i płytami typu ciężkiego zbrojonej bednarką, b) widok płyty półciężkiej; 1 – belka stalowa, 2 – cegła, 3 – płaskownik lub pręt, 4 – siatka, 5 – polepa (beton lekki), 6 – podłoga drewniana

Strop Kleina (rysunek 6.4) składa się z belek stalowych dwuteowych oraz płaskich płyt międzybelkowych wykonanych z cegły ceramicznej (pełnej lub dziurawki) zbrojonych bednarką i opartych na dolnych półkach belek. Rozstaw belek zależny jest od rozpiętości i obciążenia i wynosi zazwyczaj od 1 do 1,5 m. Występują trzy odmiany wypełnienia płytą ceramiczną: typu lekkiego – grubość płyty wynosi 1/4 cegły (6,5 cm), typu półciężkiego, w którym płyta lekka jest wzmocniona żeberkami z cegły ustawionej na rąb oraz typu ciężkiego o grubości płyty 1/2 cegły (12 cm, cegła postawiona na rąb). Na wykonanej płycie układano polepę, np. z gruzobetonu, betonu lekkiego lub wysezonowanego żużla zmieszanego z wapnem. Spotykane są różne modyfikacje stropu Kleina (zróżnicowana technologia i materiał wykorzystany do wypełnienia przestrzeni międzybelkowych). Do popularnych rozwiązań wypełnień należy płyta żelbetowa monolityczna wykonana jako strop odcinkowy swobodnie podparty na dolnych stopkach belek (strop Moniera), z ewentualnym obetonowaniem śródników aż do wysokości górnych stopek.

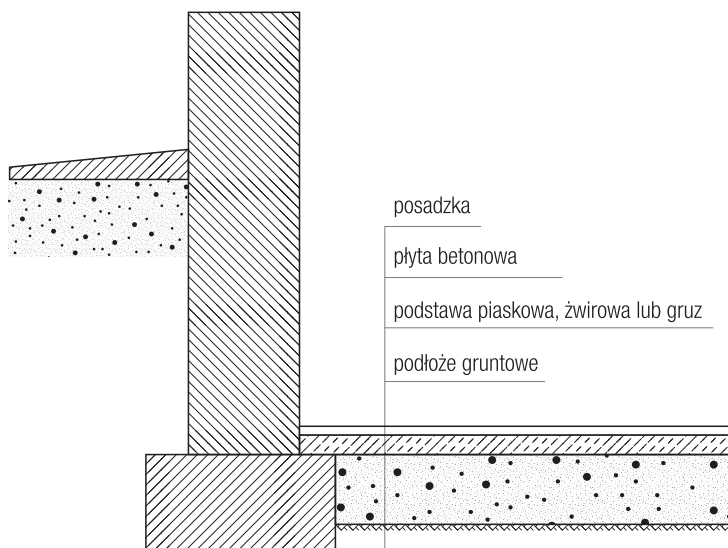
W budynkach niepodpiwniczonych podłogi na gruncie były realizowane przez usunięcie ziemi roślinnej w obrębie ścian zewnętrznych. Z ław fundamentowych posadowionych poniżej głębokości przemarzania gruntu wyprowadzone były ściany fundamentowe do wysokości około 30 cm nad poziomem terenu. Następnie układano izolację poziomą ścian i łączono ją z izolacją przeciwwilgociową podłogi. We wczesnych rozwiązaniach pod właściwą podłogą wykonywano wentylowaną przestrzeń podłogową. W tych przypadkach podłogi na gruncie były wykonane z desek

na legarach drewnianych opartych na kamieniach polnych lub murkach z cegły pełnej i nie były ocieplane (rysunek 6.5). Przy takim rozwiązaniu współczynnik przenikania ciepła podłóg na gruncie (obliczony zgodnie z PN-EN ISO 13370:2001) wynosił około $U_c = 0,70 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.



Rysunek 6.5. Układ warstw w drewnianej podłodze wentylowanej

Innym rozwiązaniem podłogi na gruncie były płyty betonowe układane na warstwie podsypki piaskowej/żwirowej/gruzu bez izolacji termicznej i przeciwwilgociowej (rysunek 6.6).

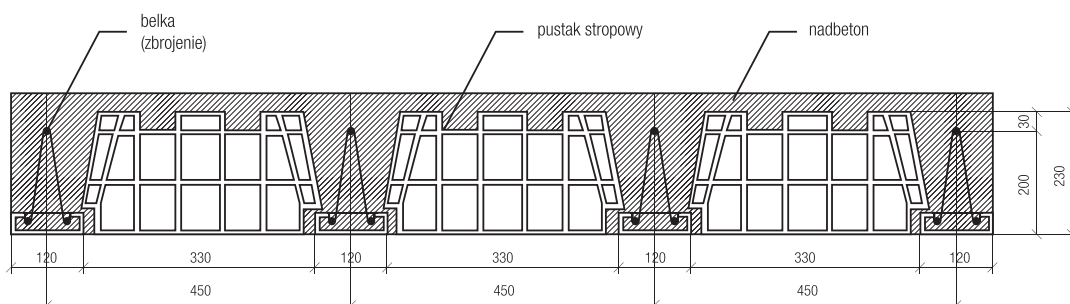


Rysunek 6.6. Układ warstw w nieizolowanej podłodze betonowej

W latach od 1970 do 1991 budowano parterowe lub piętrowe budynki murowane (w kształcie kostki), o dachach płaskich lub kopertowych.

Budynki były często podpiwniczone z podziemiem nieocieplonym i nieogrzewanym. Główną barierą dla ucieczki ciepła z pomieszczeń ogrzewanych do gruntu były stropy nad piwnicami. W budynkach zaczęto stosować stropy gęstożebrowe: o żebrach wykonanych całkowicie na budowie (strop Akermana), na belkach żelbetowych całkowicie prefabrykowanych (strop DMS, zastąpiony w późniejszych latach stropem DZ, strop T-27) oraz na żebrach częściowo

prefabrykowanych np. strop Fert (rysunek 6.7), a także Ceram 50. W przypadku stosowania w latach 70-tych stropu Akermana współczynnik przenikania ciepła (w zależności od ułożonych warstw materiałów) wynosił około $U = 0,93 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ (tabela 6.2), zaś dla stropu Moniera $U = 1,20 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.



Rysunek 6.7. Przekrój przez strop Fert 45

Źródło: BudownictwoPolskie.pl

Tabela 6.2. Układ warstw w stropie nad pomieszczeniem nieogrzewanym w latach 70-tych.

I.p.	Rodzaj warstwy	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	
1	Powierzchnia wewnętrzna	-	-	0,170	
2	Parkiet dębowy	0,02	0,22	0,091	
3	Beton zwykły	0,04	1,30	0,031	
4	Papa asfaltowa	0,005	0,18	0,028	
5	Porowata płyta pilśniowa	0,02	0,06	0,333	
6	Strop akermana (pustak 18 cm, nadbeton 3 cm)	0,21	-	0,250	
7	Powierzchnia zewnętrzna	-	-	0,170	
				R_T	1,073

W latach 80-tych częściej wykorzystywano stropy Fert, których współczynnik przenikania ciepła był nieco niższy (niż w przypadku stropu Akermana) i wynosił około $U=0,81 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ (tabela 6.3).

Tabela 6.3. Układ warstw w stropie nad pomieszczeniem nieogrzewanym w latach 80-tych.

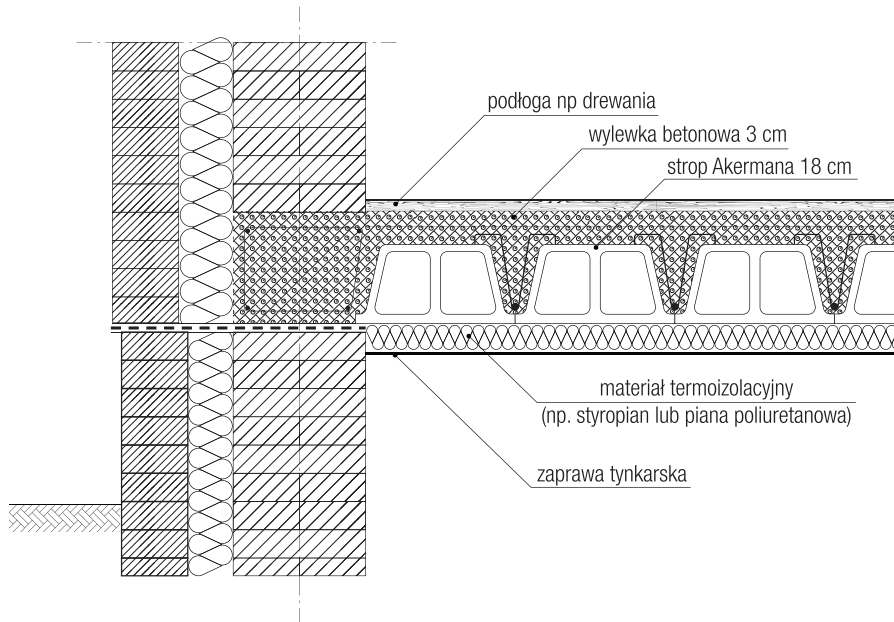
I.p.	Rodzaj warstwy	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	
1	Powierzchnia wewnętrzna	-	-	0,170	
2	Parkiet dębowy	0,02	0,22	0,091	
3	Beton zwykły	0,04	1,3	0,031	
4	Papa asfaltowa	0,005	0,18	0,028	
5	Porowata płyta pilśniowa	0,02	0,06	0,333	
6	Strop Fert 45	0,23	-	0,390	
7	Tynk cementowo-wapienny	0,02	0,82	0,024	
8	Powierzchnia zewnętrzna	-	-	0,170	
				R_T	1,237

W przypadku zastosowania podłóg na gruncie, były one wykonywane jako płyty betonowe układane na izolacji przeciwwodnej z papy na podbudowie z podsypki piaskowej/żwirowej lub gruzowej bez izolacji termicznej. Ściany fundamentowe nie były ocieplane.

6.3. Termomodernizacja stropów oraz podłóg na gruncie

Na początku lat 70. uruchomiono w Trzemesznie fabrykę płyt i filców z wełny mineralnej, w tym samym czasie zaczęto w Polsce produkować płyty ze styropianu zwykłego i samogasnącego. Oba materiały zaczęto produkować i wykorzystywać na masową skalę dopiero w lata 90. XX wieku.

Ocieplenie stropów nad nieogrzewanymi piwnicami, bardzo często wiąże się ze zmniejszeniem kubatury pomieszczeń. Jest to następstwem dołożenia warstwy izolacji pod sufitem (rysunek 6.8). Dlatego też niemożliwe jest z reguły ułożenie izolacji bez wpływu na funkcje pomieszczeń piwnicy. Kolejnym aspektem wpływającym na technologie ocieplenia jest oczekiwany sposób wykończenia powierzchni sufitów oraz ilość instalacji podwieszonych na stropach (tj. instalacja kanalizacyjna, instalacja c.w.u., c.o. itp.).



Rysunek 6.8. Przekrój przez strop Akermana z wykonanym ociepleniem od spodu

Najczęściej spotykanym sposobem termomodernizacji stropu Kleina lub stropu gęstożebrowego jest metoda lekka mokra z wykorzystaniem niepalnego materiału izolacyjnego lub metoda natrysku niepalnej pianki. Ocieplenie polegające na dołożeniu warstwy izolacji termicznej od spodu stropu obejmuje takie zadania, jak:

1. Oczyszczenie podłoża i jednokrotne naniesienie gruntu wzmacniającego podłoże i zmniejszającego nasiąkliwość.
2. Przygotowanie zaprawy klejącej, a następnie przygotowanie, przycięcie i przyklejenie płyt izolacyjnych.
3. Wyrównanie powierzchni izolacji, a następnie wykonanie warstwy zbrojącej z jednej warstwy siatki z włókna szklanego.
4. Przygotowanie zaprawy tynkarskiej, a następnie ręczne naniesienie jej na podłoże. Zatarcie masy tynkarskiej do odpowiedniej struktury.

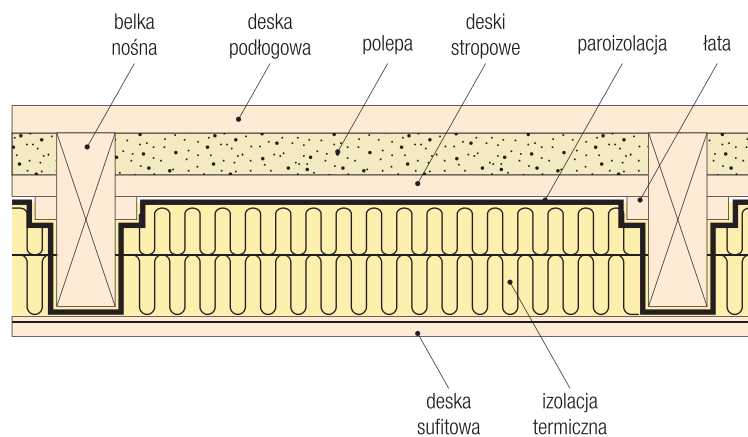
Aby strop wykonany w latach 70-tych (dla którego $U = 0,93 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$) spełniał obecne wymagania dotyczące współczynnika przenikania ciepła $U \leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ (dla $t_f \geq 16^\circ\text{C}$) należy wykonać ocieplenie z izolacji o grubości minimum 12 cm. W takim przypadku $U = 0,23 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Koszt brutto termomodernizacji (materiał waz z robocizną), z wykorzystaniem materiału izolacyjnego o współczynniku $\lambda = 0,036 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, wynosi około $117 \text{ zł}/\text{m}^2$. W celu uzyskania $U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ należy wykonać ocieplenie materiałem o grubości 18 cm. Koszt takiej termomodernizacji wyniesie około $133 \text{ zł}/\text{m}^2$.

Drugim, rozwiązaniem termomodernizacyjnym stropu jest wykorzystanie natryskowej, niepalnej pianki. W celu spełnienia obecnych wymagań przenikania ciepła, grubość izolacji powinna wynosić minimum 6 cm (przy $\lambda = 0,023 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$), w takim przypadku $U = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Koszt brutto takiej termomodernizacji (materiał waz z robocizną) wynosi około $63 \text{ zł}/\text{m}^2$. W celu uzyskania $U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ należy wykonać ocieplenie o grubości 13 cm, koszt

termomodernizacji wyniesie około 98 zł/m². Podane ceny ocieplenia stropu z wykorzystaniem natrysku nie uwzględniają wykończenia sufitu, które, jeżeli jest taki wymóg (ze względu na funkcje piwnicy), musi być wykonane w formie zabudowy np. płytą g-k.

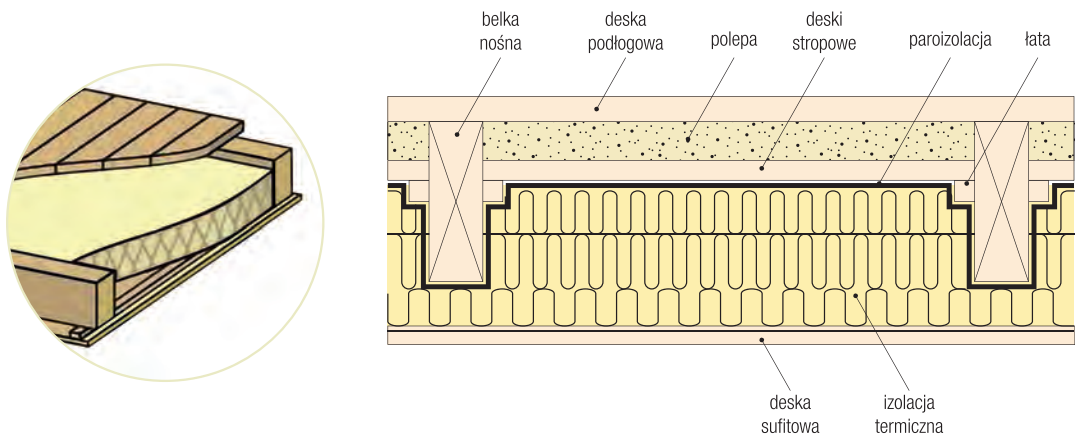
Podstawowa termomodernizacja stropu drewnianego nie wpływa na obniżenie wysokości pomieszczenia nieogrzewanego (tak jak ma to miejsce w przypadku stropów ciężkich), a co za tym idzie również jego funkcjonalności (izolację termiczną najczęściej umieszcza się w przestrzeni między legarami). Termomodernizacja polegająca na wykonaniu warstwy izolacji termicznej od spodu stropu (rysunek 6.9) obejmuje takie zadania jak:

1. Demontaż podsufitki (jeżeli występuje) w pomieszczeniu nieogrzewanym.
2. Oczyszczenie stropu oraz montaż warstwy paroszczelnej np. folii paroizolacyjnej.
3. Przygotowanie, przycięcie i ułożenie izolacji (np. z wełny mineralnej) pomiędzy belkami nośnymi lub natrysk piany poliuretanowej.
4. Montaż warstwy wykończeniowej – podsufitki (np. z desek), która ma za zadanie utrzymanie izolacji na miejscu (w szczególności w przypadku wykorzystania do ocieplenia wełny mineralnej).



Rysunek 6.9. Przekrój przez strop drewniany po wykonaniu termomodernizacji

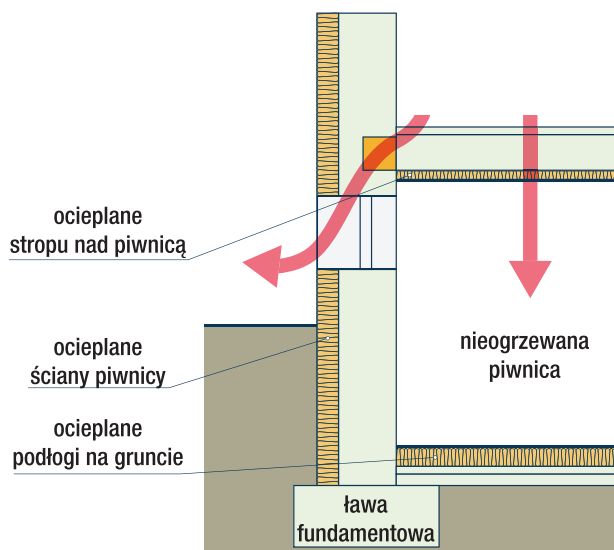
W celu zmniejszenia występujących w stropie mostków termicznych, którymi są konstrukcyjne belki nośne, zalecane jest dodatkowe ocieplenie stropu od spodu (rysunek 6.10). Zadanie to polega na montażu (po ociepleniu stropu – punkt 3 powyżej) łat od spodu, prostopadle do belek nośnych, pomiędzy które następnie układana jest dodatkowa kilkucentymetrowa warstwa izolacji termicznej. Ostatnim etapem jest montaż podsufitki do łat. Wadą takiego rozwiązania jest obniżenie wysokości pomieszczenia nieogrzewanego.



Rysunek 6.10. Przekrój przez strop drewniany po wykonaniu termomodernizacji wraz z ograniczeniem wpływu mostków termicznych

Dalsze zmniejszenie strat ciepła przez strop znajdujący się nad pomieszczeniami nieogrzewanymi można osiągnąć poprzez docieplenie (rysunek 6.11):

- ścian pomieszczeń nieogrzewanych;
- podłogi na gruncie.

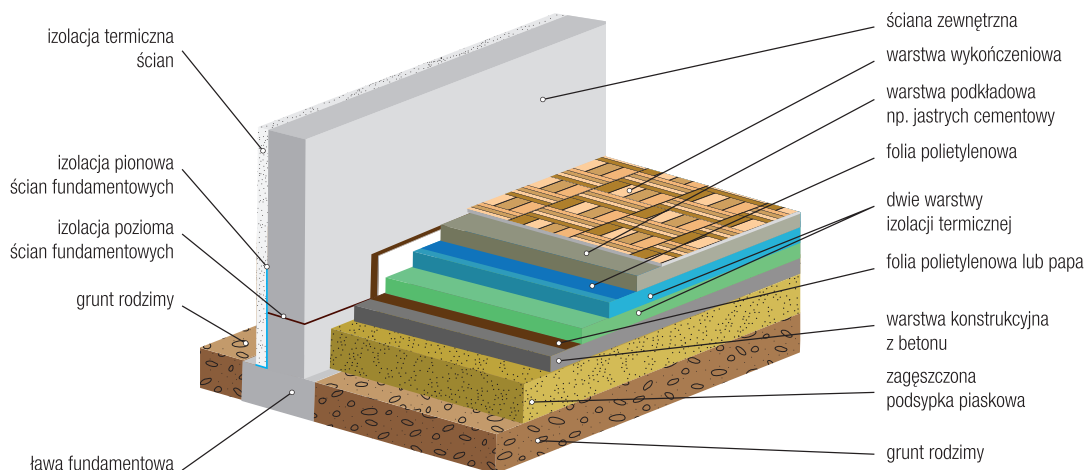


Rysunek 6.11. Ograniczenie dróg ucieczki ciepła przez strop nad pomieszczeniem nieogrzewanym

Termomodernizacja podłogi podniesionej nad gruntem może zostać wykonana w jednej z dwóch technologii. Oba rozwiązania zakładają jednak rozebranie starej konstrukcji wentylowanej.

Pierwsze rozwiązanie polega na wykonaniu tradycyjnej podłogi na gruncie z ociepleniem. Prawdłowo wykonana termomodernizacja podłogi na gruncie (rysunek 6.12) powinna charakteryzować się warstwami (zaczynając od warstwy położonej najniżej):

1. Wyrównującą. Tworzy ją 15–20 cm podsypka (piasek, żwir lub pospółka), która jest podbudową dla płyty betonowej podłogi. Podsypkę układa się na wstępnie wyrównanym podłożu (po uprzednim usunięciu humusu), a jej kolejne warstwy dokładnie zagęszcza mechanicznie. Jeśli na posypkę wybierzemy keramzyt, może być ona jednocześnie warstwą termoizolacyjną.
2. Konstrukcyjną z betonu. Stanowi ona konstrukcyjne oparcie dla wszystkich kolejnych warstw podłogi. Najczęściej jest to płyta betonowa grubości 10–20 cm z betonu klasy min. C12/15.
3. Izolacji przeciwwilgociowej. Warstwa ta chroni pomieszczenia przed wilgocią przenikającą z gruntu. Wykonuje się ją najczęściej z papy bądź folii polietylenowej o grubości przynajmniej 0,3 mm i łączy z izolacją poziomą ścian fundamentowych na zakład.
4. Izolacji termicznej. Grubość termoizolacji powinna wynosić min. 10 cm, styropianu, polistyrenu ekstrudowanego lub wełny mineralnej. Izolację układa się w dwóch warstwach, z których druga, wierzchnia, ma przykrywać styki warstwy pierwszej (spodniej).
5. Izolacji zabezpieczającej. Zabezpiecza (najczęściej jest to folia polietylenowa) przed wnikaniem jastrychu pomiędzy płyty izolacji termicznej (jastrych nie spaja się z izolacją termiczną oraz woda zarobowa nie wnika w zastosowaną wełnę mineralną).
6. Podkładowa. Najczęściej tworzy ją płynny jastrych cementowy lub anhydrytowy o grubości zazwyczaj 4–5 cm. Inny wariant stanowią wylewki samopoziomujące, które dają gładką i równą powierzchnię, niewymagającą dodatkowego formowania.
7. Wykończeniowa. Najczęściej wykonana z materiałów o podwyższonej ścieralności oraz łatwych do utrzymania w czystości: teraka, panele, drewno, kamień lub wykładziny.



Rysunek 6.12. Prawidłowy układ warstw w termomodernizowanej podłodze na gruncie

Podobne rozwiązanie termomodernizacyjne można zastosować w przypadku nieocieplonej podłogi znajdującej się w bezpośrednim kontakcie z gruntem. Koszt termomodernizacji podłogi podniesionej będzie zbliżony do ocieplenia podłogi betonowej na gruncie. Wyniesie on w przypadku $U_c = 0,20 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ (U_c uwzględnia również opór gruntu) przy wykorzystaniu 10 cm styropianu około 89 zł/m² lub dla $U_c = 0,10 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ w przypadku 15 cm styropianu 99 zł/m².

Drugą metodą jest wykonanie podłogi na keramzycie, jest to jednak metoda mało efektywna. Wiąże się to z właściwościami i ceną keramzytu. Koszt wykonania podłogi z warstwą izolacyjną wykonaną z keramzytu o grubości 24 cm ($U_c = 0,20 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$) wyniesie około 143 zł/m² [5].

Miejscami szczególnie narażonymi na powstanie mostków termicznych są nieciągłości warstwy izolacyjnej, np. połączenie ściany fundamentowej z podłogą i ścianą zewnętrzną czy połączenie ściany zewnętrznej ze stropem rozdzielającym pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego [6]. Straty te możemy minimalizować stosując odpowiednie rozwiązania konstrukcyjne oraz używając materiałów o małym współczynniku przewodzenia λ (m.in. bloczki izolacyjne, spienione szkło, perlit).

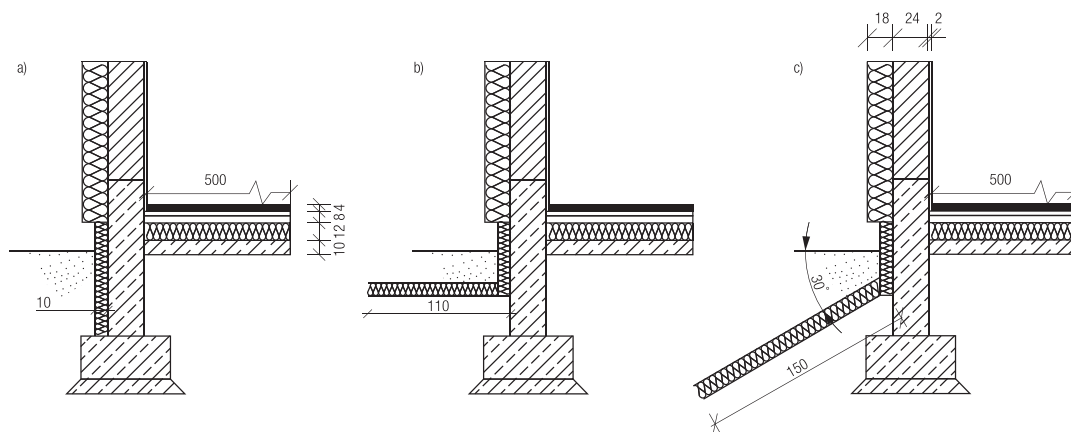
W celu wyeliminowania mostka na połączeniu stropu nad pomieszczeniem nieogrzewanym ze ścianami budynku zalecane jest ocieplenie ścian:

- ścian wewnętrznych od wszystkich stron;
- zewnętrznych od strony wewnętrznej i zewnętrznej.

Ściany te należy ocieplić na odcinku minimum 1 m poniżej dolnej krawędzi stropu. Izolacja termiczna stropu piwnicy powinna łączyć się z izolacją ściany zewnętrznej i wewnętrznej, zaś minimalna grubość izolacji powinna wynosić 10 cm.

W celu zwiększenia izolacyjności termicznej podłogi na gruncie zalecane jest wykonanie izolacji krawędziowej. Izolacja termiczna może być umieszczana pionowo (rysunek 6.13 a) lub poziomo (rysunek 6.13 b) lub ukośnie (rysunek 6.13 c) [7]. Minimalna zalecana długość/wysokość pasa izolacji krawędziowej powinna wynosić 1 m od wewnętrznej powierzchni ściany (w przypadku izolacji poziomej) lub od zewnętrznego poziomu gruntu (w przypadku zastosowaniu izolacji krawędziowej pionowej).

Izolację krawędziową pionową można wykonać również w formie ściany fundamentowej z materiałów o małej gęstości. Wadą tego rozwiązania jest fakt, iż izolację taką trzeba przewidzieć już na etapie projektowania budynku.



Rysunek 6.13. Zmniejszenie wpływu mostka termicznego przez zastosowanie izolacji krawędziowej:
a) pionowa, b) pozioma, c) ukośna

Źródło: [7]

Literatura:

- [1] Kaliszuk-Wietecha A. E., Mischuk A. Mapa energetyczna budynku wielorodzinnego, w: *Energia i Budynek*, nr 5, 2012, ss. 26–29.
- [2] Chmielewski A. J. Określenie optymalnych wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych dla budynków jednorodzinnych poddawanych termomodernizacji, praca inżynierska WIL, PW, 2016.
- [3] Nicer T. Stropy płaskie w budowlach zabytkowych, *Budownictwo i Architektura* 5 (2009) s. 85–100.
- [4] Sieczkowski J., Nejman T. *Ustroje Budowlane*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002.
- [5] Firląg S.: Raport BPIE Określenie wymagań dla termomodernizacji budynków mieszkalnych jednorodzinnych do standardu NZEB w warunkach polskich.
- [6] Płoński W., Pogorzelski J. A. *Fizyka budowli*, Arkady, Warszawa 2017 r.
- [7] Stolarska A., Strzałkowski J. Analiza rozwiązań połączenia ściana podłoga na gruncie z wariantowym usytuowaniem izolacji krawędziowej, *Czasopismo Inżynierii Łądowej, Środowiska i Architektury*, t. XXXIII, z. 63 (4/16), październik-grudzień 2016, s. 513–521.
- [8] Pawłowski K. Ochrona wilgotnościowa I Straty ciepła przez przegrody stykające się z gruntem, *IZOLACJE* 1/2014.

7

DOBÓR OKIEN I DRZWI ZEWNĘTRZNYCH

mgr inż. Ewa Sobczyńska

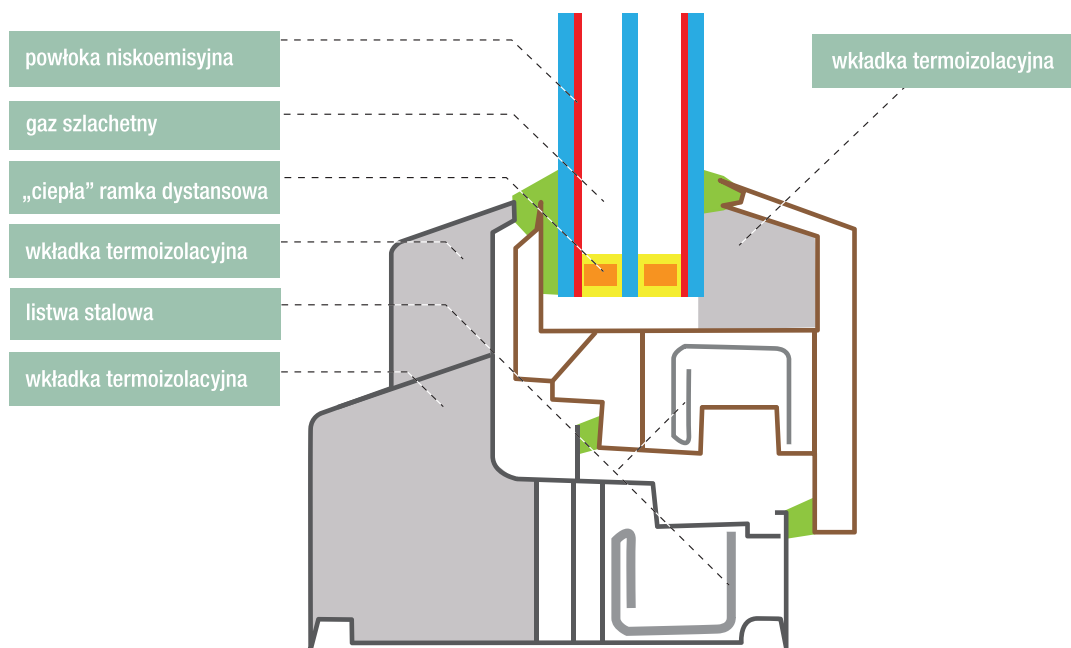
7.1. Okna i drzwi w budynkach istniejących, najczęstsze wady

Analizując okna i drzwi w istniejących budynkach można stwierdzić, że do najczęstszych wad związanych ze stolarką okienną należy sposób ich montażu [1]. Błędy elementarne to na przykład montaż okna bez wcześniejszego oczyszczenia podłoża, co uniemożliwia prawidłowe uszczelnienie okna oraz poprawny montaż parapetu. Pojawiają się szczeliny, przez które przechodzi wilgoć oraz przewiewane jest powietrze. Ponadto często stosowana jest zbyt mała ilość kotew lub dybli używanych do montażu lub osadzanie okna bez użycia klocków lub klinów, co sprawia, że pojedyncze mocowanie jest zbyt mocno obciążone, a to powoduje poprzeczne ruchy okna i prowadzi do odkształceń ramy. Do częstych wad należy także montaż okien bez listwy progowej, przez co niemożliwe jest zamontowanie parapetu wewnętrznego pod ramą oraz prowadzi to do wnikanie pod nią wody. Liczne wady związane są także z brakami w systemie uszczelnień tj. montaż okna bez wewnętrznej izolacji paroszczelnej lub bez uszczelnienia od strony zewnętrznej, co powoduje wnikanie wilgoci zarówno z wnętrza, jak i wód opadowych od zewnętrznej strony okna. Do wad montażu w przypadku ścian z węgarkiem można zaliczyć także nieprawidłowe ustawienie okna w stosunku do niego, tj. ustawienie okna równo z węgarkiem. Brak luzu dylatacyjnego uniemożliwia uszczelnienie połączenia ościeżnicy z węgarkiem. Do pozostałych wad montażowych można zaliczyć szeroką gamę błędów związanych z ociepleniem – w przypadku ściany dwuwarstwowej, tj. ocieplenie niezachodzące na ościeżnicę, co prowadzi do pojawiania się mostków cieplnych. Do powyższych wad dochodzą również błędy związane w wyborem okna lub drzwi o niewłaściwych, lub niedostosowanych do lokalizacji parametrach. Wybór okien powinien być przeprowadzony indywidualnie dla poszczególnych części budynku, biorąc pod uwagę m.in. kondygnację (np. okna parterowe narażone na włamania), nasłonecznienie (zależy od lokalizacji stolarki na elewacji), lokalizację źródeł hałasu oraz rodzaj pomieszczenia (pomieszczenia o różnych funkcjach mają inne wymagania co do parametrów, jak i wyglądu okien).

7.2. Typowe konstrukcje nowych okien i drzwi – wady i zalety, alternatywne nowoczesne rozwiązania

Ze względu na konstrukcję możemy wyróżnić okna plastikowe, drewniane, aluminiowo-drewniane i aluminiowe. Najczęściej wybierane są dwie pierwsze konstrukcje. Ramy okien plastikowych zbudowane są z profili o budowie

komorowej. Profile różnią się także grubością ścianek zewnętrznych: klasy A mają je grubsze – 2,8–3 mm, do klasy B są zaliczane cieńsze niż 2,8 mm.



Rysunek 7.1. Okno PCW z wypełnieniem i szkleniem potrójnym

Komorę zwykle jest od pięciu do siedmiu, wypełnionych powietrzem. Ich liczba nie zawsze bezpośrednio wpływa na poprawę parametrów termoizolacyjnych wyrobu, gdzie dużo większe znaczenie ma rodzaj wypełnienia termoizolacyjnego np. z piany poliuretanowej, które zdecydowanie poprawia współczynnik przenikania ciepła ramy (nawet o 60%) (rysunek 7.1). Ramy wykonane są z twardego PCW (także z jego regranulatu), włókien szklanych lub kompozytu (PCW z dodatkiem włókien szklanych). Profile z PCW łączy się pod kątem 45°. Do głównych zalet okien plastikowych należy ich cena – są one znacznie tańsze od okien drewnianych czy aluminiowych, ale także wytrzymałość, szczelność, niewielki ciężar w związku z zastosowaniem tworzyw sztucznych i budowy komorowej, bardzo dobra termoizolacyjność oraz izolacyjność akustyczna. Duża szczelność okien PCW może być zarówno ich wadą jak i zaletą, zależy to od sprawności wentylacji w pomieszczeniach. Jeśli wentylacja działa sprawnie, lub zamontowana została wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna, to duża szczelność okien nie spowoduje niekorzystnych zjawisk związanych z kondensacją pary wodnej. Okna PCW są również bardzo łatwe w utrzymaniu, nie absorbują wilgoci i są odporne na czynniki atmosferyczne, chemiczne i biologiczne, co czyni je przyjaznymi dla użytkowników. Ponadto decydując się na okna PCW możemy wybierać wśród szerokiej gamy kolorystycznej, jak również wykonać modele w prawie dowolnym kształcie. Są one jednak wrażliwe na promieniowanie słoneczne i z czasem mogą ulec przebarwieniu, a ponieważ w większości przypadków nie da się zmienić okleiny, pozostaje wymiana okien na nowe, co ma miejsce również w przypadku zarysowania lub uszkodzenia ramy. Okna PCW mogą mieć również tendencję do skrzywienia i odkształcania się.

Ramy okien drewnianych składają się z elementów wykonanych najczęściej z czterech warstw drewna klejonego (tarcicy albo drewna litego) łączonych pod kątem prostym, co poprawia stateczność konstrukcji. Elementy malowane są kilkakrotnie lakierem bezbarwnym lub transparentną lazurą modyfikującą ich odcień. W przypadku okien drewnianych możliwe jest późniejsze zeszlifowanie i przemalowanie ramy, czego nie wykonamy w oknach PCW. Drewniane okna mają wiele modeli i wzorów, mogą mieć dowolny kształt oraz postrzegane są jako produkty prestiżowe, wysokiej jakości, nadające budynkowi indywidualnego charakteru. Charakteryzują się dużą szczelnością (mniejszą niż okna PCW, ze względu na większe mikropory powietrzne), niskim współczynnikiem przenikania ciepła, dobrą izolacyjnością akustyczną. Nadają się do dużych przeszkleń, ponieważ są bardziej wytrzymałe i sztywne. Drewniane okna wymagają jednak dodatkowej impregnacji co kilka lat. Pozwala ona zatkać mikropory na powierzchni lakieru, co uniemożliwi lub znacznie utrudni rozwój mikroorganizmów, dla których drewno jest bardzo przyjaznym środowiskiem. Ponadto

okna drewniane są droższe od okien z PCW, a także wymagają dodatkowej ochrony w przypadku prowadzenia prac mokrych (budowa, remonty). Obecnie dostępne są, podobnie jak w przypadku okien PCW, wersje dedykowane domom energooszczędnym lub poddawanych głębokiej termomodernizacji o podwyższonych parametrach cieplnych.

W przypadku drzwi zewnętrznych do wyboru mamy drzwi wykonane ze stali, PCW, drewna, aluminium oraz kombinacji tych materiałów. Drzwi stalowe należą do najczęściej stosowanych, o największym przedziale cenowym i różnym wykończeniu. Drzwi z PCW są wyrobami tanimi, zaś drzwi aluminiowe są najdroższe i stosuje się je zwykle tam, gdzie będą intensywnie użytkowane. Ceny drzwi drewnianych również są wysokie, jednak posiadają one tańszą alternatywę w postaci drzwi wykonanych z płyt drewnopodobnych takich jak MDF. Zasadnicze znaczenie dla parametrów drzwi zewnętrznych ma rodzaj ocieplenia skrzydła. Powszechnie stosowana w ociepleniach drzwi jest pianka poliuretanowa, spotyka się zaś również droższe płyty fenolowe i aerozele.

Coraz częściej spotykane są w budynkach drzwi specjalne – antywłamaniowe. Charakterystycznymi elementami każdego drzwi antywłamaniowych są wzmocnione zamki i ościeżnice, charakterystyczna konstrukcja skrzydła i mocne zawiasy.

7.3. Wymagania dla okien i drzwi w budynkach poddawanych głębokiej termomodernizacji

Okna i drzwi zewnętrzne powinny posiadać gwarancję producenta na co najmniej 5 lat od daty zakupu. Ponadto stolarka okienna i drzwiowa powinna być montowana z wykorzystaniem zasad „ciepłego montażu” tzn. drzwi i okna powinny być osadzone w warstwie ocieplenia oraz uszczelnione z wykorzystaniem taśmy, foli paroszczelnej od strony wnętrza domu i paroprzepuszczalnej po stronie zewnętrznej. Współczynnik przenikania ciepła w przypadku głębokiej termomodernizacji dla montowanych okien $U_w \leq 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ i dla drzwi zewnętrznych $U_d \leq 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

W pomieszczeniu przeznaczonym na pobyt ludzi stosunek powierzchni okien, liczonej w świetle ościeżnic, do powierzchni podłogi powinien wynosić co najmniej 1:8, natomiast w innym pomieszczeniu, w którym oświetlenie dzienne nie jest wymagane ze względu na przeznaczenie – co najmniej 1:12.

7.4. Na co zwrócić uwagę kupując okna lub drzwi – jak znaleźć i odczytać informacje podane przez producenta

Do najważniejszych parametrów na jakie należy zwrócić uwagę podczas wyboru okien i drzwi to współczynnik przenikania ciepła okna U_w . Im mniejsza wartość, tym mniejsze straty energii przez stolarkę okienną. Zgodnie z warunkami technicznymi, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, maksymalna dopuszczalna obecnie wartość dla okien to $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, zaś dla drzwi zewnętrznych $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Od 2021 roku zostanie ona zredukowana do $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ dla okien i $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ dla drzwi, co pokrywa się z wymaganiami stawianymi budynkom poddawanych głębokiej termomodernizacji.

Na wartość U_w dla okna składają się współczynnik przenikania ciepła dla ramy U_f oraz szyby U_g , dlatego wartość U_w podawana w deklaracjach wartości użytkowych dotyczy zawsze konkretnego okna, o określonych wymiarach, konstrukcji, pakiecie szybowym. Zastosowany zestaw szybowy ma bardzo duży wpływ na współczynnik przenikania ciepła całego okna. Obecnie istnieje wiele sposobów na jego zmniejszenie: zwiększenie liczby komór (czasem w celu uniknięcia zwiększenia masy okna dodatkowe komory tworzy się wykorzystując cienkie folie poliesterowe), zastosowanie wypełnienia innym gazem (krypton lub ksenon zamiast argonu), zastosowanie powłoki ciepłochronnej lub powłoki selektywnej. Ważnym elementem jest także ramka dystansowa umieszczona na połączeniu pakietu szybowego z ramą. Ciepłe ramki pozwalają na ograniczenie mostków termicznych, które mogą tworzyć się na połączeniu tych dwóch elementów.

Ważnym parametrem jest również wskaźnik izolacyjności akustycznej R_w , który informuje, jak okno chroni przed hałasem z otoczenia. Im większa jego wartość, tym wyrób jest lepszym izolatorem. Jego wartość w przypadku okien drewnianych dochodzi do 45 dB, natomiast dla najlepszych pod tym względem okien z PCW do 47 dB (standardowo 30–35 dB). W przypadku drzwi zewnętrznych wartości są zbliżone.

Współczynnik całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego g informuje, jaka część energii promieniowania słonecznego padającego na szybę zostanie przepuszczona do wnętrza pomieszczenia. Im jego wartość jest wyższa, tym większe będą pasywne zyski energii, co oznacza, że pomieszczenia będą szybciej się nagrzewać pod wpływem słońca. Współczynnik przepuszczalności światła L_t to parametr wskazujący, ile światła dziennego przenika przez szyby – im bardziej zbliża się on do 100%, tym więcej światła dostaje się przez okna. Dobre pakiety szybowe mają L_t na poziomie 70%, a $g = 50$ –60%.

Kolejnym parametrem, który należy wziąć pod uwagę, to przepuszczalność powietrza przy niewielkim wietrze, którą określa się przy użyciu czterech klas (1–4). Im wyższa klasa, tym okno jest szczelniejsze. W praktyce stosowane są wyłącznie okna o klasach 3 i 4. W domach z wentylacją mechaniczną zalecane są okna najszczelniejsze (klasa 4).

Wodoszczelność i odporność na ugięcie konstrukcji pod wpływem silnego wiatru to dwa kolejne parametry, które powinniśmy przeanalizować dokonując wyboru stolarki. Wodoszczelność to odporność stolarki na przeciekanie wody pod ciśnieniem. Określana jest przed 10 klas. Standardowe okna posiadają klasę 5 A-7 A, te wyższe dla budynków zlokalizowanych w strefach o zwiększonym parciu wiatru (obszary górskie i nadmorskie). Zgodnie z normą stosuje się 6 klas odporności na wiatr biorąc pod uwagę ciśnienie atmosferyczne w konkretnej części geograficznej Polski oraz 3 klasy odporności, które odpowiadają własnościom ugięcia konstrukcji ramy okna (A, B, C). Biorąc pod uwagę nasze warunki klimatyczne, w przeciętnym budynku mieszkalnym wystarczy okno o odporności na obciążenie wiatrem w klasie B3/B4, w skrajnych przypadkach narażonych na silne wiatry – C3/C4.

Dodatkowo dla drzwi zewnętrznych warto wspomnieć o drzwiach specjalnych – antywłamaniowych, które dzielimy na 3 klasy: A, B i C. Klasa „A” oznacza brak właściwości antywłamaniowych, klasa „B” zwiększoną odpornością na włamanie, a klasa „C” to drzwi, które gwarantują, że złodziej nie będzie w stanie włamać się do wnętrza domu w czasie krótszym niż 15–20 minut.

Wymienione parametry okien i drzwi zewnętrznych powinny zawsze znajdować się w specyfikacji technicznej wyrobu, zapewnianej przez producenta.

7.5. Wpływ okien na działanie wentylacji

Zgodnie z normą dotyczącą wentylacji w pomieszczeniach mieszkalnych musi być zapewniony stały dopływ świeżego powietrza, który uregulowany jest przy użyciu minimalnych strumieni usuwanego powietrza, czyli zapewniona musi być wentylacja. Brak wymaganej wymiany powietrza wpływa bowiem negatywnie na mikroklimat pomieszczeń i w rezultacie może prowadzić do pojawienia się pleśni, grzybów i zawiłgocenia pomieszczeń. Aby wymiana ta mogła mieć miejsce, potrzebna jest różnica ciśnienia wywołana przez wiatr, różnicę temperatur lub wentylator. W wentylacji naturalnej (grawitacyjnej) siły te pochodzą od różnicy gęstości napływającego powietrza zimnego i usuwanego powietrza ciepłego. Powietrze ciepłe opuszcza pomieszczenia kanałami wentylacyjnymi w miarę jak zimne napływa nieszczelnościami, lub, w nowoczesnych rozwiązaniach – nawiewnikami. W wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła powietrze napływa do wnętrza i jest z nich usuwane kanałami, a jego ruch wymuszają wentylatory.

W znacznej części istniejących budynków występował pierwszy z wymienionych systemów wentylacji. Napływ powietrza odbywał się przez nieszczelności okien i drzwi, zaś zużyte powietrze usuwane było kratkami wentylacyjnymi. Taki naturalny system wentylacji możliwy był jednak tylko wtedy, gdy stolarka okienna nie była całkowicie szczelna. Produkcja i montaż okien o dużej szczelności (ze względu na zbyt mały współczynnik infiltracji) prowadzi do odjęcia możliwości napływu powietrza zewnętrznego, czyli do ograniczenia wentylacji pomieszczeń. Wówczas wentylacja musi być zapewniona w inny sposób, aby uniknąć negatywnych skutków braku przepływu powietrza. Wentylacja pomieszczeń w najprostszy sposób jest możliwa poprzez otwarcie okna. Uchylenie jednak nawet małego skrzydła okiennego powoduje, że powierzchnia przelotu powietrza jest dużo większa od wymaganej. W konsekwencji z pomieszczenia wypływa za dużo ciepła, zaistnieje możliwość powstania przeciągów. Zatem warunkiem skutecznej wentylacji jest ciągły, kontrolowany napływ powietrza do pomieszczeń, co jest możliwe przy wykorzystaniu m.in. nawiewników. Niektóre przeznaczone są do montażu w oknach (w ramie, w ościeżnicy), inne w otworze przeznaczonym

do montażu okna, jeszcze inne w obudowie rolety zewnętrznej. Możemy również montować nawietrzaki w otworze w ścianie, jeśli nie przewidzieliśmy takiej konieczności na etapie montażu stolarki. Dostępne są takie nawiewniki, w których stopień otwarcia może się zmieniać samoczynnie pod wpływem zmian różnicy ciśnień, zmian temperatury (termostatyczne) albo wilgotności powietrza (higrosterowane). Pozwala to na ograniczenie strat ciepła i utrzymanie wentylacji na stałym poziomie.

7.6. Prawidłowy montaż okien

Jak już wspomniano na początku, kluczowe znaczenie ma nie tylko prawidłowy dobór stolarki okiennej, ale także jej odpowiedni montaż, który zapobiegać ma powstawaniu mostków termicznych i utracie ciepła z budynku. Z punktu widzenia oszczędności energii stolarkę okienną powinno montować się częściowo lub całkowicie w warstwie izolacji. Nie jest to zadanie łatwe, szczególnie jeśli montowane są okna o dużym ciężarze i gabarytach, i wymaga zastosowania dodatkowych elementów nośnych przytwierdzonych do ściany (w przypadku wysunięcia okna poza ścianę tj. konsole, kątowniki, listwy) lub kotew, którymi podpira się częściowo wysunięte okno. W każdym przypadku izolacja termiczna musi nachodzić na ramę okienną na 3–4 cm (rysunek 7.4).

Konsole są to specjalne metalowe podpory i regulowane kotwy, które dobiera się w zależności od wysunięcia okna poza lico ściany. Zasadniczo stosuje się dwa rodzaje konsol: dolne, przenoszące ciężar stolarki oraz boczne i górne – przenoszące siły od wiatru. W ścianach z silikatów czy betonu komórkowego konsole mocuje się je w świetle ościeża, zaś w przypadku pustaków ceramicznych konsole trzeba przytwierdzać do wewnętrznej powierzchni ściany, łączy się je więc z kątownikami montażowymi.

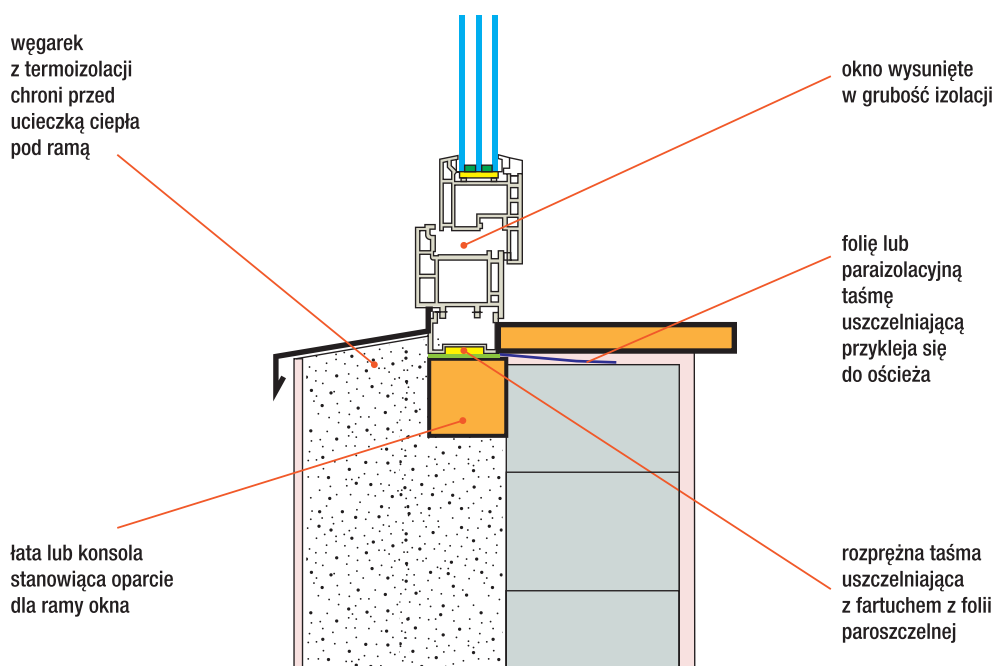


Rysunek 7.4. Przykładowy montaż okna w warstwie izolacji, widoczne taśmy uszczelniające, kotwy kątowe i precyzyjne docięcie izolacji do ramy

Innym rodzajem montażu są kątowniki metalowe. Do mocowania wykorzystuje się wtedy kątowniki o odpowiedniej nośności. Na kątownikach dokręconych do muru opiera się okno i lekko dokręca je do ramy lub profilu podparapełowego. Często stosowany jest również montaż przy użyciu krawędziaka drewnianego, który dokręca się pod oknem, tak aby stanowił podparcie dla ramy okna. Górę i boki okna mocuje się zazwyczaj do muru od zewnątrz kątownikami metalowymi, a połączenie osłania taśmą paroizolacyjną. Stosunkowo nowym rozwiązaniem montażu okna jest zastosowanie tzw. ciepłej ramy montażowej, która stanowi przedłużenie ościeża i podporę dla okna. Może być ona

wykonana z jednego materiału (np. EPS), albo z połączenia kilku (np. PUR z rdzeniem z XPS). Zaletą takiego sposobu montażu jest to, że nowo osadzone okna są od razu uszczelnione.

Poza prawidłowym montażem okna w warstwie ocieplenia istotne jest także odpowiednie ocieplenie szczeliny między ramą okienną i ścianą [4]. Wypełnione może być za pomocą piany montażowej lub taśmy rozprężnej nakładanej na ramę podczas montażu. Stosowany jednak musi być zawsze trójwarstwowy system uszczelnień: od zewnątrz szczelina musi być zabezpieczona za pomocą izolacji przeciwwilgociowej, chroniącej przed deszczem i śniegiem z zewnątrz ale jednocześnie umożliwiającej odparowanie wilgoci, która może gromadzić się w izolacji przez nieszczelności w konstrukcji, zaś od środka warstwą paroizolacji, która zabezpiecza przed parą wodną z wnętrza. Najczęściej stosuje się specjalne paroszczelne taśmy klejące lub listwy dookienne. Stosowane mogą być taśmy rozprężne zawierające trójwarstwowy system uszczelnień, jednak muszą one być odpowiednio dokładnie połączone z ramą okienną i ościeżem. Przykład prawidłowo wykonanego uszczelnienia okna pokazano na rysunku 7.5.



Rysunek 7.5. Prawidłowy montaż okna

Dodatkowo eliminację mostków cieplnych możemy uzyskać przez zastosowanie tzw. ciepłego parapetu. Jest to energooszczędny podkład parapetowy wykonany z polistyrenu ekstrudowanego XPS lub tańszej wersji ze styropianu technicznego EPS, docinany do oczekiwanego wymiaru, zapewniający optymalne połączenie okna z murem i eliminację mostków termicznych. Przed jego instalacją należy pamiętać o właściwym przygotowaniu podłoża, w celu zapewnienia maksymalnej powierzchni styku parapetu z ościeżem. Kształtki przykleja się do wypoziomowanego i wyrównanego otworu okiennego za pomocą kleju do styropianu, uzupełnia się nierozprężną pianką lub odpowiednim silikonem. Na koniec na specjalnie przygotowaną powierzchnię ciepłego parapetu nakłada się warstwę taśmy rozprężnej, zapewniającej szczelność połączonego elementu z ościeżnicą okna.

7.7. Koszty wymiany okien

Jak już wspomniano cena okien zależy przede wszystkim od materiału, z którego zostały wykonane. Najtańsze będą okna z PCW, droższe zaś okna drewniane czy aluminiowe. Ponadto każde z nich może mieć różne wartości parametrów, które również zostały opisane wcześniej i będą wpływać na jego cenę [6, 7]. Znaczenie ma także wielkość i ilość skrzydeł, a także kolor stolarki.

Aby porównać ceny okien wykonanych z różnych materiałów przyjęto okna o standardowych parametrach: dźwiękoszczelności do 32 dB, współczynnika przenikania ciepła maksymalnie 1,1 W/(m²K) i odporności na wiatr B3. Dwuskrzydłowe okna PCW o wymiarach około 1500 x 1500 mm to koszt około 700 PLN. Cena wzrasta do około

1200 PLN dla okien trójskrzydłowych o wymiarach około 1500 x2000 mm. Zmiana koloru ramy to wzrost ceny o około 30%-50% w zależności od wybranego koloru i jednostronnej lub dwustronnej jego zmiany. Okna drewniane (materiał – sosna) dwuskrzydłowe o rozmiarze około 1500 x1500 mm kosztują około 1700 PLN, zaś trójskrzydłowe o wymiarach 1500 x2000 mm to koszt rzędu 2500 PLN. Jeśli zmienimy rodzaj drewna na dąb to cena wzrośnie o około 35%, zaś np. dla mahoniu otrzymamy wzrost o 20% do standardowej ceny. Okna aluminiowe dwuskrzydłowe o rozmiarze 1500 x1500 mm to już znacznie wyższy koszt wynoszący około 3500 PLN, zaś oko trójskrzydłowego o wymiarach jak w poprzednich analizach to koszt rzędu 5000 PLN. Do standardowej ceny okien musimy także dodać koszty ewentualnych zastosowanych ulepszeń w stosunku do rozwiązań standardowych. Pierwszym i najważniejszym jest rodzaj zastosowanej szyby. W tym przypadku dodatkowe koszty możemy ponieść przy wyborze niestandardowego pakietu szybowego jak na przykład:

- zastosowanie pakietu 3-szybowego – ok. 120 PLN /m²,
- zastosowanie szyby antywłamaniowej – ok. 200 PLN m²,
- zastosowanie szyby akustycznej – ok. 220 PLN /m².

Dodatkowo musimy uwzględnić cenę okuć oraz ewentualnych nawiewników: sterowanych ręcznie (ok. 85 PLN/szt.) lub na przykład droższych ciśnieniowych (ok. 220 PLN/szt.).

Poza ceną stolarki musimy uwzględnić koszty:

- demontażu starej stolarki okiennej – około 30 PLN/mb obwodu stolarki (w zależności od województwa), więc za standardowe omawiane wyżej okno 1500 x 1500 mm cena demontażu wyniesie około 180 PLN;
- ewentualne obrabianie otworów okiennych – około 80 PLN/ mb (z materiałem),
- montaż parapetów zewnętrznych – około 75 PLN/ mb,
- montaż parapetów wewnętrznych około 55 PLN/mb,
- parapet – ceny parapetów zależą od materiału i dla PCW mieści się w przedziale 25–70 zł/mb, około 300–600 zł/mb dla konglomeratu, aż po 500–1000 zł/mb dla kamieni naturalnych.

Coraz częściej na rynku stosuje się wspomniany już wcześniej ciepły montaż okien, dla którego cena montażu jest około dwukrotnie wyższa niż dla montażu standardowego.

Literatura:

- [1] Bady S., New windows and doors revitalize older buildings Building Design & Construction; Arlington Heights (Apr 2012).
- [2] Idczak M., Firląg S., Okna w budynkach pasywnych–funkcje, wymagania, bilans energetyczny, komfort cieplny, Świat szkła, 2006, 7–8.
- [3] www.Intersejf.pl, odczyt 17.07.2018.
- [4] Log InMedia, Okna prawidłowo zamontowane: Poradnik, Warszawa 2006.
- [5] Dom energooszczędny, Murator nr specjalny Extra 2/2018.
- [6] Olendzki Z., Okna: Poradnik, Warszawa: Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa, Warszawa 1995.
- [7] Jakimowicz M., Okna i drzwi zewnętrzne: wymagania, klasyfikacja i zakres stosowania wytyczne, Instrukcja – Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2012.

8



OGRANICZENIE ZUŻYCIA ENERGII W PROCESIE WENTYLACJI

dr inż. Artur Miszczuk

Jednym z podstawowych kryteriów komfortu użytkowania budynków mieszkalnych jednorodzinnych są warunki wewnętrzne. O warunkach decydują przede wszystkim właściwie zaprojektowane i wykonane przegrody budowlane oraz odpowiednio dobrana i wykonana instalacja grzewcza i wentylacyjna.

Wentylacja jest projektowanym, zamierzonym, mniej (grawitacyjna) lub bardziej (mechaniczna) kontrolowanym systemem wymiany powietrza. Prawidłowo zaprojektowana oraz wykonana wentylacja powinna zapewniać ciągłą wymianę powietrza wewnątrz budynku.

Przepływ powietrza w budynku powinien mieć charakter ukierunkowany. Świeże powietrze zostaje doprowadzone bezpośrednio do sypialni, pokoiów dziennych, pokoiów gościnnych, itp. W pomieszczeniach tych powinny być umiejscowione nawiewniki świeżego powietrza. Zanieczyszczone powietrze usuwane jest głównie z kuchni i łazienek, gdzie umieszczone są kratki wywiewne. Przepisy krajowe wskazują, iż minimalny poziom powietrza usuwanego powinien wynosić odpowiednio dla:

- kuchni z kuchenką gazową 70 m³/h;
- kuchni z kuchenką elektryczną 50 m³/h;
- łazienki 50 m³/h;
- wydzielonej toalety 30 m³/h;
- pomieszczenia bez okien 15 m³/h.

Pozwala to na zapewnienie w budynku ukierunkowanego przepływu powietrza. Świeże powietrze dociera najpierw do głównych pomieszczeń mieszkalnych. Następnie przepływa poprzez strefę pośrednią do pomieszczeń wilgotnych, w których panuje relatywnie wysoka krotność wymian, co umożliwia np. szybkie wysychanie mokrych ręczników. Dzięki zasadzie ukierunkowanego przepływu świeże powietrze zostaje wykorzystane w optymalny sposób. W celu prawidłowo-

wego działania wentylacji niezbędna jest możliwość przepływu powietrza pomiędzy poszczególnymi pomieszczeniami. Zgodnie z nieobowiązującą (w chwili powstawania książki nie było nowej) normą PN-83 B-03430:Az 2000 „Powietrze z pokoiw mieszkalnych powinno być odprowadzane przez otwory wyrównawcze umieszczone ponad drzwiami lub w ich górnej części lub przez otwory wywiewne. Dopuszcza się odprowadzanie powietrza przez szczeliny pomiędzy dolną krawędzią drzwi a podłogą. Przekrój netto otworów lub szczelin powinien wynosić co najmniej 80 cm²”. W drzwiach do łazienki powierzchnia otworu lub szczeliny powinna wynosić co najmniej 200 cm².

Nieprawidłowo zaprojektowana oraz wykonana wentylacja powoduje między innymi występowanie dużej wilgotności powietrza wewnętrznego (sięgającej nawet ponad 80%). Na skutek tak wysokiej wilgotności zachodzi bardzo duże ryzyko powstania powierzchniowej (np. parowanie szyb w oknach) oraz międzywarstwowej kondensacji pary wodnej. Prowadzi to do powstania i rozwoju pleśni, co niekorzystnie wpływa na komfort i bezpieczeństwo mieszkańców [1]. Objawem złej pracy systemu wentylacyjnego może być: zmęczenie, podrażnione błony śluzowe, choroby układu oddechowego czy częste bóle głowy.

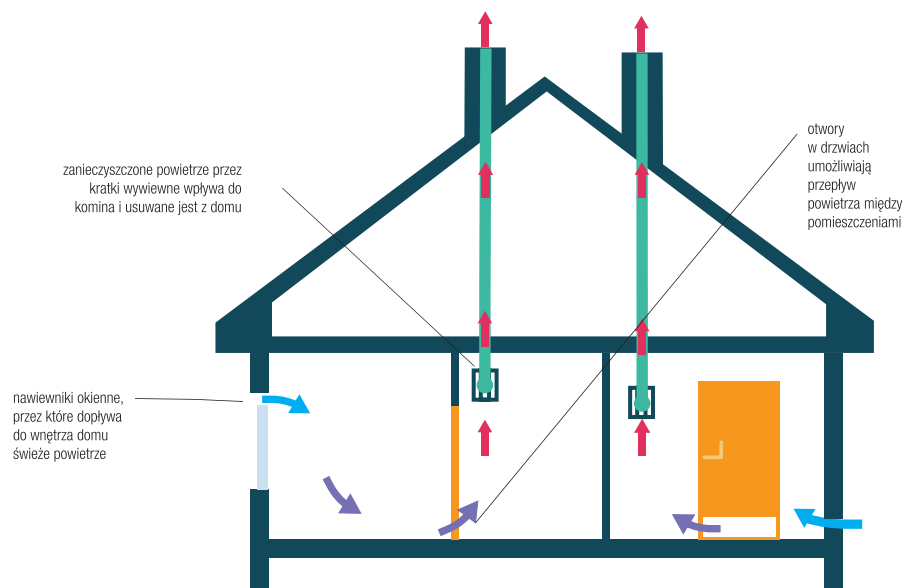
Zapewnienie skutecznej wentylacji to aspekt bardzo istotny również ze względu na duży udział (dochodzący do 68% [2]) strat ciepła na podgrzanie powietrza wentylacyjnego, w całkowitych stratach ciepła w budynku.

W budynkach jednorodzinnych stosowany jest najczęściej jeden z trzech dostępnych systemów wentylacji:

- grawitacyjny;
- hybrydowy;
- mechaniczny.

8.1. Wentylacja grawitacyjna

Jest to najczęściej wykorzystywany rodzaj wentylacji w istniejących domach jednorodzinnych. Działanie opiera się na zasadzie ruchu powietrza w pionowym przewodzie kominowym, wywołanym przez różnicę temperatur pomiędzy wnętrzem, a środowiskiem zewnętrznym oraz różnicy ciśnień wywołanej wiatrem. Dla prawidłowego działania wentylacji, konieczne jest zapewnienie stałego dopływu niezbędnej ilości powietrza z zewnątrz (np. przez nawiewniki zamontowane w ramach okiennych) (rysunek 8.1). Strumień nawiewanego, świeżego powietrza jest niekontrolowany i uzależniony głównie od warunków atmosferycznych (temperatury, prędkości i kierunku wiatru).



Rysunek 8.1. Schemat działania wentylacji grawitacyjnej

Zaletą wentylacji grawitacyjnej jest:

- niski koszt wykonania, jeśli projekt domu pozwala na zgrupowanie kanałów wentylacyjnych w jednym lub dwu kominach;

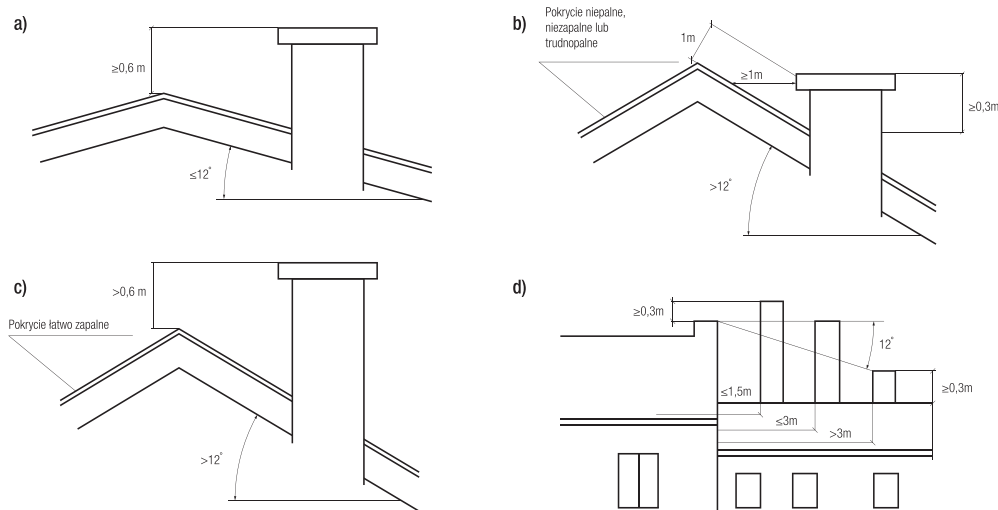
- niski koszt eksploatacji, ze względu na fakt, iż nie posiada ona żadnych urządzeń mechanicznych, które potrzebują energii (niepotrzebna jest energia elektryczna do ich zasilania),
- brak urządzeń, które mogą się psuć lub hałasować.

Największą jednak wadą wentylacji naturalnej jest brak kontroli strumienia powietrza wentylacyjnego podczas jej działania. Objawia się to:

- słabym działaniem wentylacji w trakcie lata – jest to skutek niewystarczającej lub odwrotnej różnicy temperatury między wnętrzem budynku a jego otoczeniem,
- bardzo intensywnym działaniem wentylacji w okresie występowania bardzo niskich temperatur podczas zimy, co może prowadzić do nadmiernego wychładzania pomieszczeń,
- możliwością występowania odwróconego ciągu w przewodach wywiewnych, co jest zjawiskiem bardzo niebezpiecznym w szczególności w przypadku stosowania urządzeń z otwartą komorą spalania (kucharki gazowe, kominki, piece co).

Do najczęściej popełnianych błędów projektowo-wykonawczych oraz użytkowych w przypadku wentylacji grawitacyjnej można zaliczyć:

1. Brak dostatecznego dopływu świeżego powietrza przez nawiewniki. Jest to spowodowane:
 - wykonaniem niedostatecznej ilości lub brakiem nawiewników okiennych niezbędnych dla zapewnienia wymaganego strumienia powietrza wentylacyjnego;
 - okresowym zamykaniem przez mieszkańców nawiewników, co znacząco ogranicza przepływ powietrza;
 - zamykaniem w sposób szczelny okien niewyposażonych w nawiewniki;
 - nieświadomym zasłanianiem (np. roletami wewnętrznymi) przez mieszkańców otworów wylotowych nawiewników, co skutkuje brakiem przepływu powietrza.
2. Możliwość przepływu powietrza pomiędzy pomieszczeniami, do których napływa świeże powietrze, a pomieszczeniami, z których jest ono usuwane. Jest to spowodowane brakiem lub wykonaniem zbyt małych krtek wentylacyjnych lub szczelin pod drzwiami wewnętrznymi.
3. Uzyskanie odpowiedniego ciągu wentylacyjnego. Do najczęściej występujących błędów można zaliczyć:
 - nieprawidłowo wyprowadzone wyloty kominów, co powoduje powstanie (przy silnym wietrze) turbulencji zaburzających ciąg. Wysokość wyniesienia komina ponad powierzchnię dachu uzależnione jest od typu dachu (dach płaski/skośny) oraz rodzaju jego pokrycia (rysunek 8.2 a, b, c). Przy usytuowaniu kominów obok przeszkody, przy dachach wklęsłych (rysunek 8.2 d), do prawidłowego działania ich wyloty powinny znajdować się co najmniej 30 cm nad poziomem górnej krawędzi przeszkody (dla kominów usytuowanych w odległości do 1,5 m od tej przeszkody), w przypadku odległości przewyższającej 3 m wysokość komina może być mniejsza;



Rysunek 8.2. Prawidłowe usytuowanie wylotów komina

Źródło: PN-B-10425:1989 [3]

- zbyt małą długość i przekrój kanałów wentylacyjnych wywiewnych. Problem ten dotyczy w szczególności kanałów w pomieszczeniach na ostatniej kondygnacji, np. poddaszu, których długość bardzo często wynosi jedynie kilkadziesiąt centymetrów;
- prowadzenie odcinków kanałów wentylacyjnych częściowo poziomo (dopuszcza się jedynie odchylenie przewodu od pionu o kąt 30 stopni zgodnie z normą PN-89/B-10425), co powoduje zwiększenie oporów przepływu powietrza;
- wyposażenie kratek wywiewnych w siatki, na których osadzają się zabrudzenia. Na skutek braku dbałości o ich czystość może prowadzić to do całkowitej ich niedrożności, co uniemożliwia przepływ powietrza (rysunek 8.3);
- instalowanie, w przypadku gdy tylko jeden kanał wentylacyjny występuje w pomieszczeniu, wentylatorów wywiewnych (działających okresowo) lub podłączanie okapów w kuchni. Działanie to utrudnia usuwanie powietrza w momencie, gdy wentylatory lub okapy nie pracują.

Występowanie nawet jednego z powyższych warunków może spowodować, że wentylacja grawitacyjna nie będzie działać prawidłowo.



Rysunek 8.3. Zapchana kratka wentylacyjna w łazience

(źródło: Artur Mischczuk)

W przypadku nieprawidłowo działającej wentylacji grawitacyjnej istnieje możliwość usprawnienia jej na różne sposoby. Do najprostszych rozwiązań można zaliczyć:

- zwiększenie efektywności istniejącej wentylacji grawitacyjnej, przez eliminację występujących błędów (wymienionych powyżej), np. montaż odpowiedniej liczby nawiewników okiennych w sytuacji, gdy okna są nowej generacji i ich nie posiadają;
- zastosowanie wentylacji hybrydowej;
- wprowadzenie mechanicznej wentylacji wywiewnej.

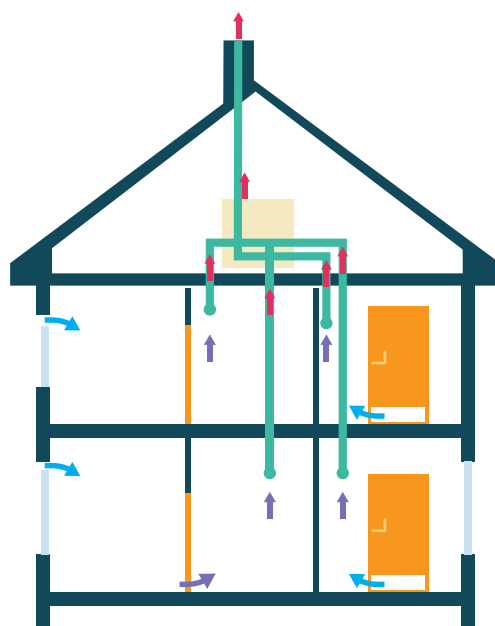
Modernizacja wentylacji grawitacyjnej w istniejącym budynku polegająca na zastosowaniu wentylacji mechanicznej może wiązać się z koniecznością wykonania nowych kanałów wywiewnych w już istniejącym budynku, ponieważ mają one wyższe wymagania dotyczące szczelności kanałów. Wentylacja mechaniczna pracuje również przy większej różnicy ciśnień niż naturalna, co może powodować „wianie z nawiewników”. Zastosowanie wentylacji mechanicznej wiąże się również z dodatkowym zużyciem energii przez wentylatory i ryzykiem wystąpienia hałasów od wentylatorów.

8.2. Wentylacja mechaniczna wywiewna i hybrydowa

Wentylacja wywiewna ma na celu usprawnianie działania wentylacji grawitacyjnej, poprzez zastosowanie wentylatora (wentylatora w danym pomieszczeniu, hybrydowej nasady kominowej bądź zastosowanie centralnego wentylatora wywiewnego dla wszystkich kanałów wentylacyjnych), wymuszającego ruch powietrza w kanałach kominowych, służących do usuwania zużytego powietrza. Tak samo, jak w przypadku wentylacji grawitacyjnej, do prawidłowego działania niezbędne jest doprowadzenie do pomieszczeń powietrza z zewnątrz, w ilości odpowiadającej objętości powietrza wywiewanego.

System wentylacji mechanicznej wywiewnej (rysunek 8.4) ma wiele zalet w stosunku do wentylacji naturalnej. Przede wszystkim zapewnia stałą, wymaganą wymianę powietrza niezależnie od warunków atmosferycznych, dzięki

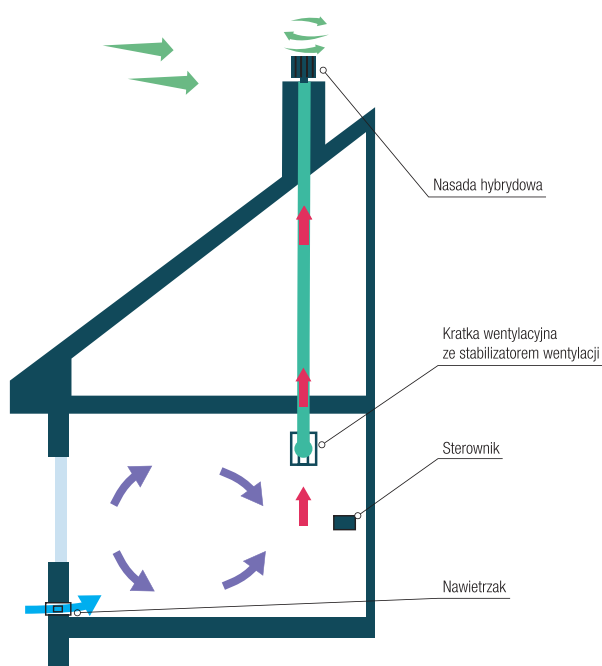
której możliwe jest zachowanie odpowiedniej wilgotności powietrza (poniżej 45%). Odpowiednia wilgotność powietrza ogranicza rozmnażanie się roztoczy zimą oraz pozytywnie wpływa na kondycję środowiska wewnętrznego.



Rysunek 8.4. Schemat działania wentylacji mechanicznej wywiewnej

Wentylacja hybrydowa stanowi połączenie wentylacji grawitacyjnej z wentylacją mechaniczną (rysunek 8.5), zapewniając w budynku odpowiednią jakość powietrza niezależnie od pory dnia i warunków atmosferycznych. Podstawowymi zaletami wentylacji hybrydowej są:

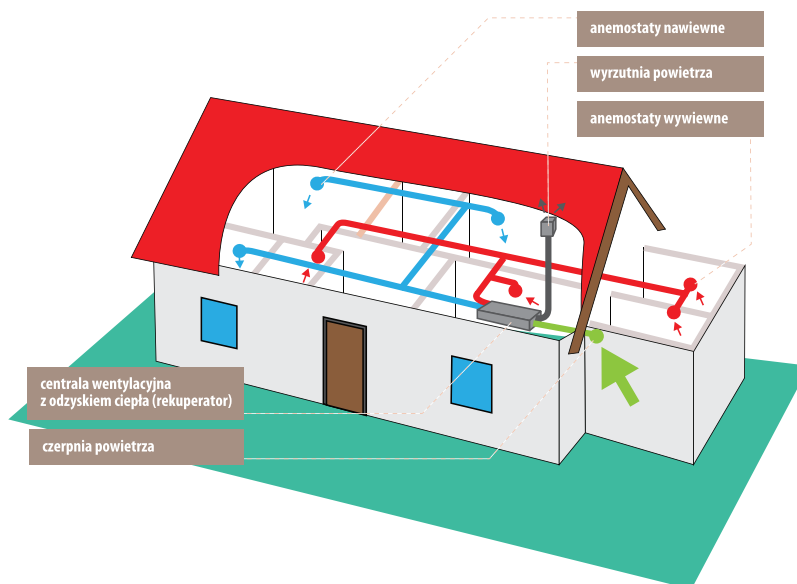
- niezależność od warunków pogodowych – wentylacja hybrydowa zapewnia uzyskanie wymaganego strumienia powietrza przez cały rok;
- niski koszt eksploatacji – w nasadach hybrydowych stosuje się energooszczędne wentylatory, które działają tylko okresowo – wspomagają uzyskanie różnicy ciśnienia tylko w sytuacji, gdy ciąg naturalny jest za słaby. W przeciwieństwie do wentylacji mechanicznej wytwarzana jest tylko niewielka różnica ciśnienia na poziomie 10 Pa;
- możliwość montażu w istniejącym budynku – system wentylacji hybrydowej można wprowadzić w istniejącym budynku bez potrzeby wykonywania nowych lub dodatkowych kanałów wentylacyjnych.



Rysunek 8.5. Schemat działania wentylacji hybrydowej

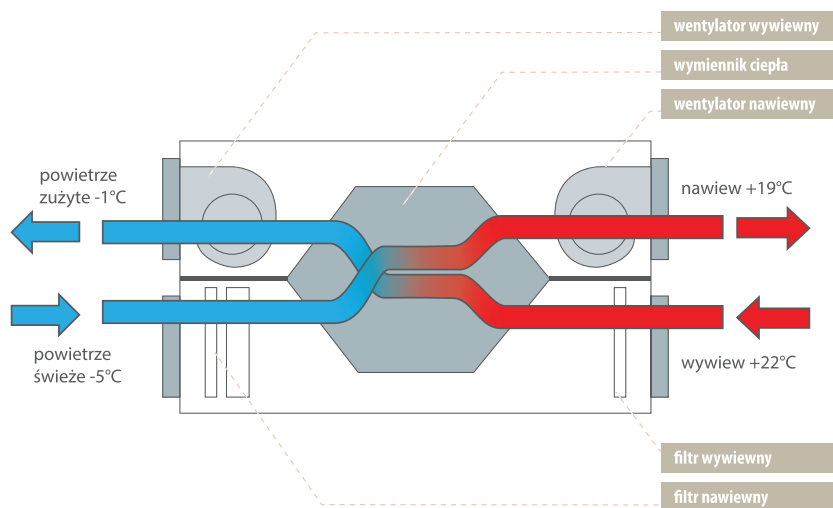
8.3. Wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła

Wentylacja nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła (rysunek 8.6) jest odmianą wentylacji mechanicznej i pozwala na znaczne ograniczenie strat ciepła na wentylację. W skład takiej instalacji wchodzi czerpnia świeżego powietrza, kanały nawiewne (doprowadzające świeże powietrze do pokoi), kanały wywiewne (odprowadzające zanieczyszczone powietrze z łazienek, kuchni oraz pomieszczeń niewyposażonych w okna), wyrzutnia powietrza oraz centrala wentylacyjna, w skład, którego wchodzi filtry powietrza, wentylatory oraz jeden lub kilka wymienników ciepła (rysunek 8.7) [4].



Rysunek 8.6. Schemat działania wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła

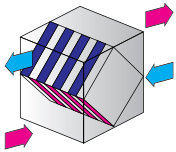
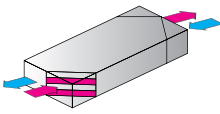
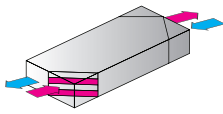
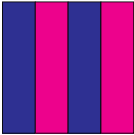
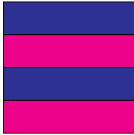
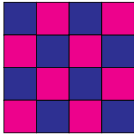
Wymiennik ciepła jest zbudowany najczęściej z kilku ułożonych równolegle płyt, między którymi przepływają dwa strumienie powietrza – ciepły wywiewany i zimny nawiewany do budynku. Płyty wymiennika przewodzą ciepło między strumieniami powietrza.



Rysunek 8.7. Schemat działania rekuperatora

Efektywność energetyczna instalacji wentylacyjnej zależy w największym stopniu od sprawności odzysku ciepła z powietrza wywiewanego (dostępne na rynku centrale pozwalają na odzyskanie od 65 do 95% ciepła [5]) i ilości energii elektrycznej zużywanej przez centralę. Na rynku dostępne są centrale wentylacyjne z wymiennikami: krzyżowymi, przeciwpłdowymi, krzyżowo-przeciwpłdowymi oraz obrotowymi. Do najczęściej stosowanych, w szczególności w budynkach jednorodzinnych, należą wymienniki przeciwpłdowe, które różnią się między sobą budową, a co za tym idzie również sprawnością odzysku ciepła (rysunek 8.8).

Wymiennik ciepła zastosowany w rekuperatorze może działać w dwie strony: zimą ogrzewa, a latem schładza powietrze doprowadzane do pomieszczeń.

Schemat			
Przekrój			
Wymiennik przeciwprądowy	Pionowy o płaskich kanałach	Poziomy o płaskich kanałach	Wielokanałowy
Wydajność	50–70%	70–80%	85–99%

Rysunek 8.8. Rodzaje wymienników przeciwprądowych

Wentylacja zapewnia stałe doprowadzanie do budynku świeżego powietrza zewnętrznego i usuwanie zużytego powietrza wewnętrznego. Decydujący wpływ na komfort użytkownika budynku ma stała wymiana powietrza (niezależnie od panujących warunków atmosferycznych), ponieważ nie prowadzi to do nadmiernego wzrostu stężeń zanieczyszczeń gazowych, takich jak dwutlenek węgla czy para wodna. Dodatkowo centrale wentylacyjne z reguły mają kilka prędkości obrotowych wentylatorów, pozwala to na zmianę wydajności zgodnie z potrzebami. Gdy potrzebna jest wyższa wydajność wystarczy włączenie wyższego biegu – ręczne lub automatycznie. Zwiększenie wydajności zaleca się, gdy w domu powstaje więcej zanieczyszczeń, na przykład podczas gotowania, kąpieli, suszenia, prania lub wizyty gości. Dzięki zastosowaniu elektronicznych programatorów można ustawić kilka cykli pracy centrali przewidzianych na różne pory dnia. Automatyka sterująca może być podłączona do różnego rodzaju czujników badających parametry powietrza wewnątrz budynku (np. stężenie CO₂ lub wilgotności powietrza).

Wykorzystywane w centrali wentylacyjnej filtry umożliwiają eliminację z powietrza wwiewanego do pomieszczeń zanieczyszczeń mikrobiologicznych, np. zarodników grzybów pleśniowych oraz zanieczyszczeń pyłowych, np. kurzu, zmniejszając tym samym ryzyko alergii.

Wadą wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła jest możliwość występowania hałasu emitowanego przez wentylatory oraz zbyt szybki przepływ powietrza w kanałach i nawiewnikach, jak również możliwość przedostawania się dźwięków pomiędzy pomieszczeniami za pośrednictwem systemu wentylacji. Aby zapobiec temu zjawisku należy stosować tłumiki hałasu pomiędzy pomieszczeniami oraz przed i za centralą wentylacyjną. Jeżeli system wentylacji jest prawidłowo zaprojektowany (odpowiednio dobrane prędkości powietrza oraz przekroje kanałów) i wykonany (odpowiednio dobrane mocowania kanałów wentylacyjnych), wtedy instalacja nie będzie źródłem dodatkowego hałasu w budynku.

W zależności od rodzaju budynku oraz jego przeznaczenia system wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła można zrealizować w różny sposób. W budynkach mieszkalnych jednorodzinnych stosuje się najczęściej system indywidualny. Oznacza to, że każdy dom wyposażony jest we własną centralę wentylacyjną z odzyskiem ciepła.

Jednym z dodatkowych elementów systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła może być gruntowy wymiennik ciepła. Wykorzystuje on zakumulowane w gruncie ciepło do podgrzania w zimie powietrza zewnętrznego do temperatury około 0°C. Latem przepływające przez gruntowy wymiennik ciepła powietrze jest chłodzone o 10 do 15°C, co daje efekt zbliżony do instalacji klimatyzacyjnej. W najprostszym wykonaniu rolę wymiennika pełni rura z tworzywa sztucznego o średnicy 150÷200 mm, długości 30÷50 m, ułożona na głębokości 1,5÷2 m pod powierzchnią gruntu.

Zalety wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła (głównie możliwość ograniczenia do minimum straty ciepła na wentylację) powodują, iż instalacje te wykorzystywana są w procesie głębokiej termomodernizacji budynków.

Straty energii ze względu na wykorzystywaną wentylację zależą od przyjętego rozwiązania. Największe występują w przypadku wentylacji grawitacyjnej. W celu oszacowania wielkości zapotrzebowania na energię niezbędną do podgrzania powietrza wentylacyjnego przyjęto istniejący, 2-kondygnacyjny budynek jednorodzinny o powierzchni 107 m². Obiekt wyposażony jest w wentylację grawitacyjną. Zmiana rozwiązania wentylacyjnego wiąże się z nakładami finansowymi. W przypadku zmiany systemu wentylacji z grawitacyjnej w istniejącym budynku na hybrydową – należy dokonać montażu:

- nawiewników okiennych,
- kominowych nasad hybrydowych,
- sterownika i stabilerów.

W przypadku zastosowania wentylacji hybrydowej przyjęto średnie zmniejszenie strumienia powietrza wentylacyjnego o 20% w stosunku do wentylacji naturalnej. Szacunkowy koszt modernizacji to 4 650 zł. Roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą wyniesie 40 kWh/rok [6].

W przypadku zmiany wentylacji na mechaniczną nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła – należy dokonać montażu:

- punktów nawiewnych i wywiewnych wraz z kanałami wentylacyjnymi,
- centrali rekuperacyjnej,
- sterownika.

W przypadku zastosowania wentylacji mechanicznej przyjęto średnią sprawność odzysku ciepła z wentylacji na poziomie 90% w stosunku do wentylacji naturalnej. Szacunkowy koszt modernizacji to 25 000 zł. Roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą wyniesie 394,2 kWh/rok [6].

Wykorzystując wentylację hybrydową redukcja zapotrzebowania na energię użytkową ze względu na podgrzanie powietrza wentylacyjnego mieści się w przedziale 4–10% w odniesieniu do wentylacji grawitacyjnej. Przy zastosowaniu wentylacji z odzyskiem ciepła oszczędność jest wyższa i wynosi od 10–50%.

Podsumowując należy stwierdzić, że w obecnie termomodernizowanych budynkach należy odchodzić od wentylacji grawitacyjnej na rzecz wentylacji hybrydowej lub mechanicznej. Zastosowanie wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła w połączeniu z podwyższeniem szczelności powietrznej przegród, uzyskanym podczas ich docieplenia, może skutkować osiągnięciem znaczących oszczędności energii. Daje to również możliwość przeprowadzenia termomodernizacji do standardu niemal zeroenergetycznego.

Literatura:

- [1] Firląg S., Miszczuk A. Działanie wentylacji grawitacyjnej w ocenie mieszkańców, w: Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, vol. 48, nr 8, 2017, ss. 340–344.
- [2] Firląg S., Miszczuk A. Efektywność działania wentylacji naturalnej i możliwości jej usprawnienia, w: Rynek Instalacyjny, nr 6, 2016.
- [3] PN-B-10425:1989. Przewody dymowe, spalinowe i wentylacyjne murowane z cegły – Wymagania.
- [4] Grygier G., Szyperski P., Wytyczne dla instalacji wentylacyjnej z odzyskiem ciepła (systemu rekuperacji) w domach jednorodzinnych, Stowarzyszeniu Polska Wentylacja, 2011.
- [5] Miszczuk A., Identyfikacja i charakterystyka niekontrolowanego przepływu powietrza w budynkach energooszczędnych, rozprawa doktorska, 2018.
- [6] Firląg S., Raport BPIE, Określenie wymagań dla termomodernizacji budynków mieszkalnych jednorodzinnych do standardu NZEB w warunkach polskich.



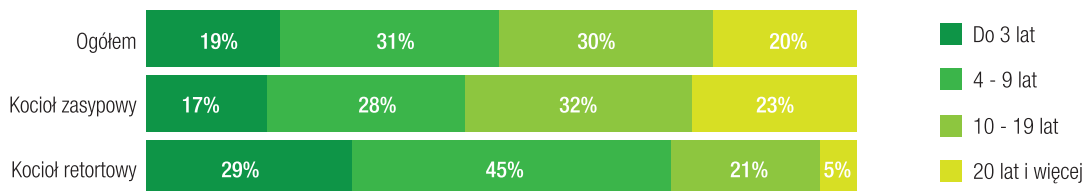
9

SPOSOBY MODERNIZACJI SYSTEMÓW OGRZEWANIA

dr inż. Szymon Firląg

9.1. Wady istniejących systemów centralnego ogrzewania

Większość istniejących budynków jednorodzinnych posiada przestarzałe systemy grzewcze i źródła ciepła. Z badań przeprowadzonych w 2017 roku przez CEM Instytut Badań Rynku i Opinii wynika, że w przypadku niemal 70% budynków jednorodzinnych główne źródło ogrzewania stanowi kocioł lub piec węglowy. W dalszych 14% domów rolę tę pełni kocioł na drewno lub inny rodzaj biomasy. Wśród wykorzystywanych kotłów węglowych przeważają urządzenia wiekowe. Udział stosunkowo nowych kotłów, do 3 lat, wynosi zaledwie 19%. Dalsze 31% kotłów to już urządzenia w wieku 4 do 9 lat. Aż połowa kotłów zainstalowanych w budownictwie jednorodzinym ma 10 lat i więcej. Średni wiek kotłów retortowych (średnia 7 lat, mediana 5 lat) jest znacznie niższy niż zasypowych (średnia 13 lat, mediana 10 lat) (rysunek 9.1).



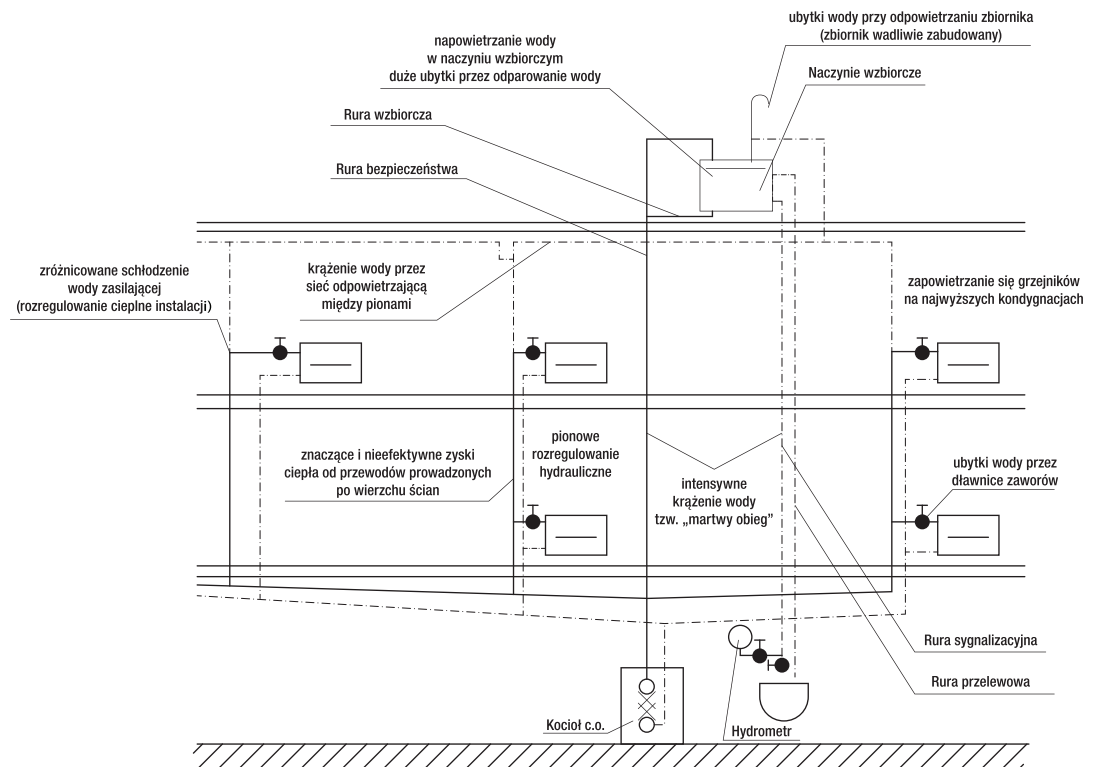
Rysunek 9.1. Wiek kotłów węglowych w budynkach jednorodzinnych

Źródło: [1]

Budynki wykorzystujące wiekowe kotły posiadają zazwyczaj tradycyjne systemy grzewcze. Są to systemy dwururowe, wodne z otwartym naczyniem zbiorczym. Jedyną siłą napędzającą ruch czynnika grzewczego jest grawitacja. Systemy te posiadają zazwyczaj wiele wad (rysunek 9.2), do których można zaliczyć:

- pionowe rozregulowanie hydrauliczne i cieplne spowodowane centralną regulacją jakościową (regulacja temperatury w kotle) i niewielką statecznością hydrauliczną instalacji, w wyniku czego moc poszczególnych grzejników jest za duża lub zbyt mała,

- nadmierne zyski ciepła od przewodów i ochłodzenie wody zasilającej grzejniki, spowodowane zaleceniem podwyższania minimalnych średnic przewodów, w wyniku czego dochodzi do przegrzewania lub niedogrzenia pomieszczeń,
- krążenie wody przez sieć odpowietrzającą pracującą przy nadciśnieniu (mała skuteczność zamknięć syfonicznych), w wyniku czego dochodzi do napowietrzania wody instalacyjnej i przyspieszenia zjawisk korozyjnych oraz dodatkowych strat ciepła,
- ubytki wody instalacyjnej powodujące konieczność uzupełniania instalacji wodą nieuzdatnioną, co skraca okres eksploatacji instalacji – napowietrzona, twarda woda wodociągowa zwiększa tempo korozji oraz powoduje wytrącanie się kamienia,
- ubytki wody przez dławice zaworów przygrzejnikowych i ich nieprawidłową pracę powodują, że działa regulacja miejscowa – brak możliwości indywidualnej regulacji temperatury w pomieszczeniu,
- zapowietrzanie się grzejników na najwyższych kondygnacjach, prowadzące do niedogrzenia pomieszczeń,
- napowietrzanie wody w naczyniu wzbiorczym, duże ubytki wody przez odparowywanie, co skraca okres eksploatacji instalacji,
- duża bezwładność cieplna, powodująca, że system powoli się nagrzewa i studzi,
- brak możliwości umieszczenia grzejników poniżej źródła ciepła,
- brak zaizolowania pionowych i poziomych przewodów,
- stare, nieefektywne źródła ciepła.



Rysunek 9.2. Podstawowe wady tradycyjnego, grawitacyjnego systemu grzewczego

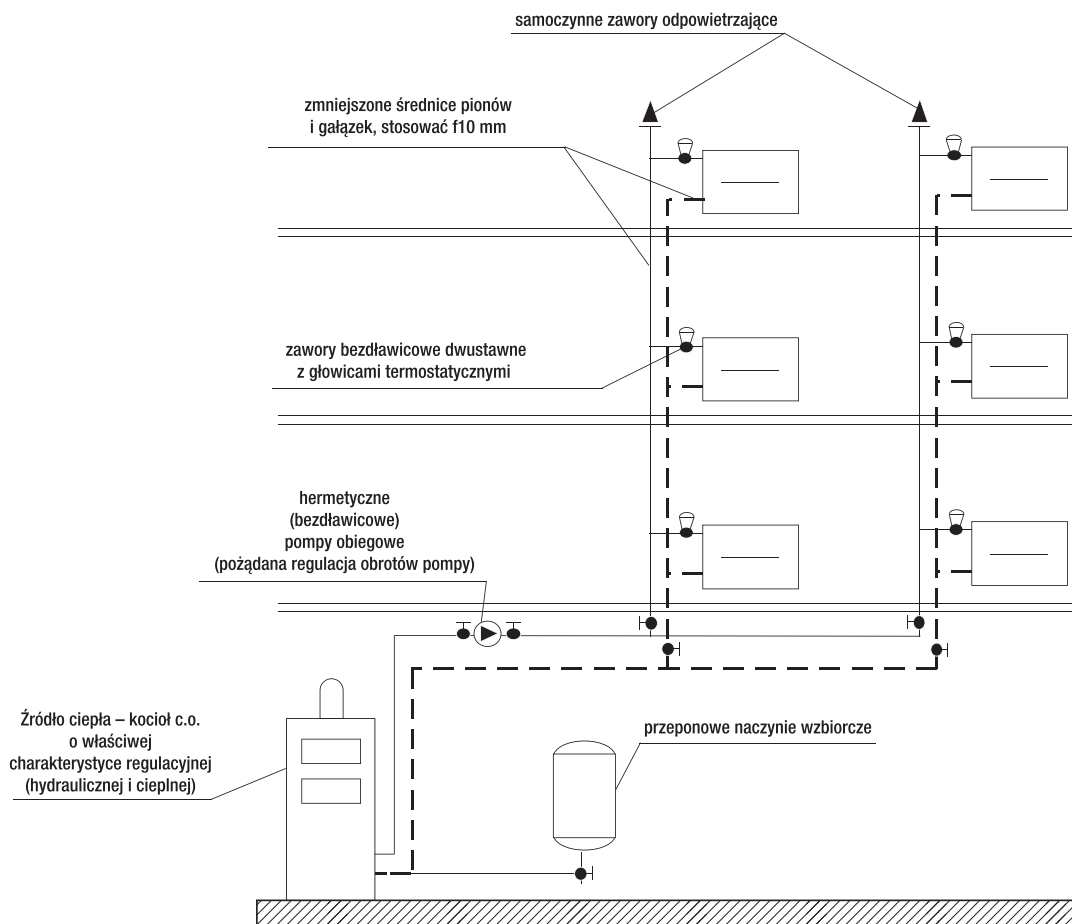
Modernizacja istniejących systemów grzewczych w budynkach jednorodzinnych jest niezbędnym elementem każdej termomodernizacji. Pozostawienie starego systemu w zmodernizowanym budynku jest największym błędem i będzie prowadzić do zwiększenia zużycia energii, pogorszenia komfortu wewnętrznego i negatywnego wpływu na środowisko naturalne. W większości przypadków modernizacja systemu grzewczego nie musi oznaczać jego wymiany. Rezultatem modernizacji powinno być otrzymanie instalacji, która:

- zapewni równomierny, przestrzenny rozkład odczuwalnej temperatury,
- umożliwi regulację temperatury odczuwalnej,
- zapewni odpowiedni mikroklimat wewnątrz,
- będzie wyposażona w grzejniki estetyczne i łatwe do czyszczenia,

- będzie trwała i charakteryzować się będzie niskim kosztem eksploatacji,
- będzie możliwie najmniej uciążliwa dla środowiska naturalnego.

Modernizacja tradycyjnych systemów grzewczych w budynku jednorodzinym zazwyczaj obejmuje:

- usunięcie otwartego naczynia wzbiorczego i instalacji odpowietrzającej oraz zastąpienie ich samoczynnymi zaworami odpowietrzającymi i przeponowym naczyniem wzbiorczym,
- zamiana starych zaworów przygrzejnikowych na nowe zawory bezdławicowe dwustawne z głowicami termostatycznymi,
- w przypadku wymiany przewodów poziomych i pionowych zastosowanie przewodów o mniejszych średnicach wykonanych z materiałów odpornych na korozję,
- zaizolowanie przewodów poziomych i pionowych, szczególnie biegnących przez pomieszczenia nieogrzewane,
- zastosowanie hermetycznych, bezdławicowych pomp obiegowych, najlepiej z automatyczną regulacją obrotów,
- montaż automatycznej armatury zabezpieczającej przed nadmiernym wzrostem ciśnienia i temperatury w instalacji,
- wymiana źródła ciepła na nowe o prawidłowo dobranej mocy cieplnej, wyposażonego w układ automatycznej regulacji.



Rysunek 9.3. Zakres modernizacji tradycyjnych systemów grzewczych

Po wykonaniu modernizacji instalacji centralnego ogrzewania wykonawca powinien sporządzić protokół wyregulowania instalacji. Celem spisania protokołu jest potwierdzenie uzyskania zrównowazenia hydraulicznego instalacji i zapewnienia jej prawidłowej pracy w przyszłości (rysunek 9.3).

Ważnym elementem modernizacji systemu grzewczego jest zastosowanie zaworów przygrzejnikowych z głowicami termostatycznymi (rysunek 9.4). Odpowiadają one za regulację miejscową, a ich zadaniem jest zapewnienie temperatury wewnątrz pomieszczeń stosownie do upodobań użytkowników.

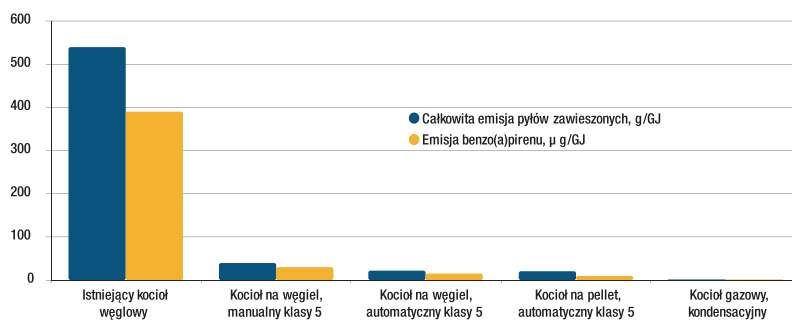


0 – pełne zamknięcie.
 W niektórych wersjach symbol ten i odpowiadająca mu funkcja nie występuje
 * – Zabezpieczenie przed zamarzaniem
 Zawór otwiera się automatycznie w chwili, gdy temperatura powietrza w pomieszczeniu spadnie poniżej 7°C

Rysunek 9.4. Nastawy głowicy termostatycznej

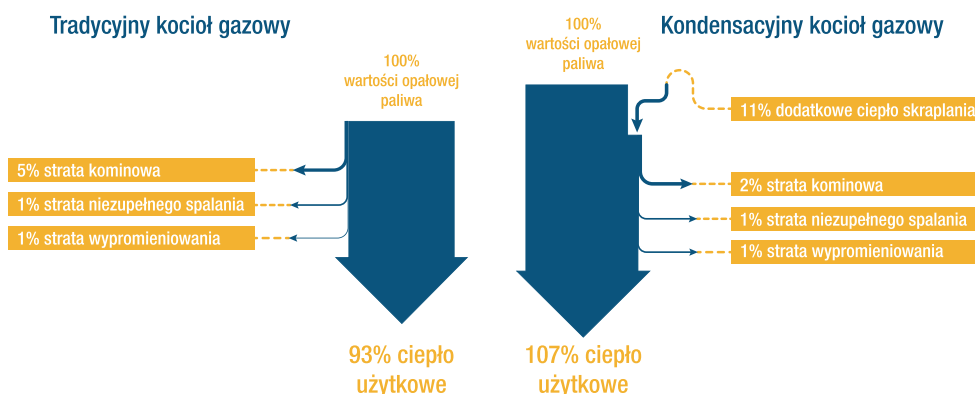
9.2. Źródła ciepła – wymagania

Stare źródła ciepła w istniejących budynkach jednorodzinnych mają największy udział w emisji pyłów zawieszonych PM10 i benzo(a)pirenu w Polsce. Kluczową rolę z punktu widzenia emisji odgrywa rodzaj paliwa oraz wiek kotła. Jeżeli porównamy automatyczny kocioł na węgiel z kotłem istniejącym to okazuje się, że emisja pyłów jest około 25 razy mniejsza (rysunek 9.5). Podobną różnicę otrzymujemy dla benzo(a)pirenu. Natomiast jeśli porównamy automatyczny kocioł na węgiel lub pellet z kotłem gazowym kondensacyjnym, to okazuje się, że emisja pyłów jest dla nich około 100 wyższa. W podanym zestawieniu to właśnie kotły gazowe kondensacyjne wypadają najlepiej i w stosunku do istniejących kotłów węglowych, emitują o 2700 razy mniej pyłów i blisko 700 razy mniej benzo(a)piranu. Można więc porównać emisję z jednego domu z starym kotłem węglowym do emisji z średniej wielkości miasta z domami wyposażonymi w kotły gazowe kondensacyjne.



Rysunek 9.5. Całkowita emisja pyłów zawieszonych i benzo(a)pirenu dla różnych źródeł ciepła

Biorąc pod uwagę emisję zanieczyszczeń oraz koszty wykonania i eksploatacji, zastosowanie gazowego kotła kondensacyjnego, współpracującego z ogrzewaniem wodnym, niskotemperaturowym grzejnikowym lub podłogowym wydaje się być najlepszym sposobem wytwarzania ciepła w warunkach polskich (rysunek 9.6). Dodatkowo powinniśmy zastosować kocioł kondensacyjny z jak najmniejszą mocą minimalną i dużym zakresem regulacji, dostosowany do zmienionego zapotrzebowania budynku na ciepło po termomodernizacji.



Rysunek 9.6. Porównanie sprawności kotła tradycyjnego i kondensacyjnego

Jeżeli nie ma możliwości doprowadzenia do działki sieci gazowej, źródłem ciepła może być kocioł na biomase lub pompa ciepła, pobierająca ciepło z gruntu. Zastosowanie kotła na biomase wymaga doprowadzenia powietrza z zewnątrz do spalania, a inwestycja w pompę ciepła jest kosztowna i wymaga zastosowania w budynku ogrzewania podłogowego. Konieczne jest wykonanie takiego systemu zamiast systemu tradycyjnego. Pozostawienie instalacji grzejnikowej, współpracującej z pompą ciepła pogorszy znacząco jej efektywność cieplną.

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

Wymagania dotyczące źródeł energii, systemów ogrzewania i instalacji ciepłej wody użytkowej zostały przywołane między innymi w wymaganiach technicznych programu Rys (nie został uruchomiony) oraz programach Nová zelená úsporám wdrażanym w Czechach i KfW Energieeffizient Sanieren wdrażanym w Niemczech. Spełnienie poniższych wymagań (tabela 9.1) daje gwarancje, że zastosowane źródło ciepła będzie charakteryzowało się wysoką sprawnością i małym wpływem na środowisko naturalne.

Tabela 9.1. Przegląd wymagań dotyczących źródeł energii, instalacji c.o. i c.w.u. [2]

Rodzaj instalacji	Rys	Nová zelená úsporám	Energieffizient Sanieren
Instalacja wewnętrzna ogrzewania i ciepłej wody użytkowej	izolacja termiczna rurociągów i armatury spełnia wymagania Warunków Technicznych		– kompleksowa modernizacja instalacji c.o. z dostosowaniem jej parametrów do nowego źródła ciepła
Kocioł kondensacyjny	sprawność nominalna: $\eta \geq 102\%$		– spełnia wymagania DIN V 4701–10
Węzeł cieplny	sprawność nominalna: $\eta \geq 98\%$		– brak wymagań dotyczących sprawności
Kocioł na biomase	– kotły dedykowane do spalania biomasy – sprawność nominalna: $\eta \geq 85\%$ – klasa 5, zgodnie z certyfikatem zgodności z normą PN-EN 303–5	– urządzenia spełniające wymagania dyrektywy 2009/125 / WE oraz instrukcji POliŚ, cel szczegółowy 2.1	– kotły dedykowane do spalania biomasy – spełniają wymagania Marktanreizprogramm (MAP) – sprawność nominalna kotłów zgazowujących: $\eta \geq 89\%$
Pompa ciepła	– pompy ciepła typu powietrze/woda dla potrzeb c.o. i c.w.u., zasilane energią elektryczną: SCOP $\geq 3,3$, – pozostałe pompy ciepła dla potrzeb c.o. i c.w.u., zasilane energią elektryczną: SCOP $\geq 3,8$, – pompy ciepła zasilane gazem: SCOP $\geq 1,25$	– urządzenia wpisane na Listę Produktów i Technologii (SVT) – warunki rejestracji w SVT podane są w załączniku III Směrnice MŽP č. 1/2014	– pompy ciepła typu powietrze/woda dla potrzeb c.o. i c.w.u., zasilane energią elektryczną: SCOP $\geq 3,5$, – pozostałe pompy ciepła dla potrzeb c.o. i c.w.u., zasilane energią elektryczną: SCOP $\geq 3,8$, – pompy ciepła zasilane gazem: SCOP $\geq 1,3$ – pompy ciepła tylko do c.w.u.: SCOP $\geq 3,2$
Kolektory słoneczne	– znak jakości „Solar Keymark”		– znak jakości „Solar Keymark” – minimalny uzysk cieplny 525 kWh/m ² rok
Panele fotowoltaiczne	– brak w programie		– brak w programie

Szczególną uwagę należy zwrócić na minimalne grubości izolacji cieplnej przewodów i armatury. Uzyskanie wymaganej grubości wymaga wprowadzenia odpowiednich zmian już na etapie projektowania modernizacji, np. większa grubość izolacji w podłodze, większe szachty instalacyjne, większe odległości rurociągów i armatury od przegród. Minimalną grubość izolacji cieplnej rurociągów i armatury (dla materiału o $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$) podano w tabeli 9.2.

Tabela 9.2. Minimalna grubość izolacji rurociągów i armatury [3]

Wymaganie	Przestrzeń ogrzewana	Przestrzeń nieogrzewana
Minimalne grubości izolacji rurociągów i armatury dla $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$, mm	15	30

9.3. Kryteria wyboru źródeł ciepła

Decydując się na wymianę źródła ciepła należy oprócz aspektu ekologicznego wziąć pod uwagę kwestie związane z komfortem jego użytkowania oraz kosztami energii. Z punktu widzenia globalnego istotna jest emisja gazów cieplarnianych wyrażona w postaci ekwiwalentu CO₂. Najniższą emisją charakteryzują się źródła energii odnawialnej i biomasa. Największa sieciowa energia elektryczna jest w warunkach polskich produkowana w ponad 90% z węgla, czyli mało przyjaznego dla środowiska naturalnego paliwa kopalnego. Wyjątkiem jest energia wytwarzana z ogniw fotowoltaicznych, turbin wiatrowych, kogeneracji lub innych źródeł wykorzystujących energię odnawialną. W zestawieniu tym (tabela 9.3) gaz ziemny wygrywa z węglem kamiennym czy olejem opałowym.

Tabela 9.3. Emisja CO₂ dla różnych systemów ogrzewania [4]

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

¹ skojarzona produkcja energii elektrycznej i ciepła

Im wyższy poziom zaawansowania technicznego układów automatycznej regulacji, tym wyższa sprawność zaopatrzenia w ciepło i niższe zużycie nośników energii. Jednym z podstawowych kryteriów wyboru technologii modernizacji źródła ciepła jest przyszły koszt wytwarzania. Precyzyjne wyznaczenie jednostkowych kosztów wytwarzania ciepła możliwe jest jedynie dla konkretnego źródła, o zdefiniowanych parametrach: konfiguracji, lokalizacji, lokalnych kosztach nośnika energii pierwotnej oraz pracy, sposobie i źródłach finansowania, itd. W tabeli 9.4 podano koszt energii w zależności od nośnika (wrzesień 2018). Nie uwzględnia on jednak sprawności samego źródła. Najniższą ceną charakteryzuje się drewno opałowe, które może być nawet darmowe, jeżeli jest pozyskiwane we własnym zakresie. Najwyższą energia elektryczna, z uwagi na małą sprawność jej wytwarzania.

Tabela 9.4. Koszt energii w zależności od nośnika [5]

Lp.	Rodzaj paliwa	Wartość opałowa		Koszt paliwa		Koszt	
						zł/kWh	zł/GJ
1.	Energia elektryczna	-	-	0,55	zł/kWh	0,55	153
2.	Gaz ziemny	34,4	MJ/kg	1,70	zł/m ³	0,18	49
3.	Olej opałowy*	42,6	MJ/kg	2,85	zł/l	0,28	78
4.1.	Węgiel kamienny – kostka	25,0	MJ/kg	0,80	zł/kg	0,12	32
4.2.	Węgiel kamienny – orzech	27,0	MJ/kg	0,75	zł/kg	0,10	28
4.3.	Węgiel kamienny – miął	23,0	MJ/kg	0,45	zł/kg	0,07	20
5.	Ekogroszek	27,0	MJ/kg	0,92	zł/kg	0,12	34
6.	Pellet	19,0	MJ/kg	0,80	zł/kg	0,15	42
7.	Drewno opałowe – brzoza**	20,1	MJ/kg	0,38	zł/kg	0,07	19

*olej opałowy 2,85 zł/l, gęstość 860 kg/m³

**drewno kominkowe brzoza (1 mp = 0,65 m³), gęstość 650 kg/m³ – 15% wilgotności, 160 zł/mp

Pomijającym aspektem oceny źródeł ciepła jest ich komfort użytkowania (tabela 9.5). Tymczasem zamiana starego kotła węglowego na nowych gazowy kocioł kondensacyjny może oznaczać bardzo dużą zmianę. Konieczność codziennej obsługi, uzupełniania paliwa, czyszczenia i ręcznej regulacji jest typowa dla starych kotłów na paliwa stałe. Nowoczesne kotły, węzły ciepłownicze czy pompy ciepła są praktycznie bezobsługowe. Wymagają jedynie rocznego przeglądu i kontroli ustawień. Różnica ta pozwala na wygospodarowanie dodatkowego czasu, który może być spożytkowany w inny sposób.

Tabela 9.5. Komfort użytkowania różnych źródeł ciepła [6]

Nośnik energii	Bezobsługowe okresowa konserwacja	Bezobsługowe częsta konserwacja	Okresowa obsługa (co kilka tygodni)	Częsta obsługa (1–2 razy w tygodniu)	Codzienna obsługa
Sieć ciepłownicza	X				
Węgiel				X	X
Gaz	X				
Olej opałowy i gaz płynny			X		
Biomasa				X	X
Pompy ciepła	X	X			
Energia słońca		X			

Precyzyjne wyznaczenie kosztów modernizacji systemu ogrzewania możliwe jest jedynie dla konkretnego budynku, o zdefiniowanych parametrach. W tabeli 9.6 podano przykładowe koszty modernizacji dla budynku o powierzchni ogrzewanej 125 m², który był wyposażony w stary kocioł węglowy. Prace obejmowały montaż kotła gazowego kondensacyjnego (gaz był w budynku), wymianę grzejników, montaż zaworów z głowicami termostatycznymi, automatycznych odpowietrzników, naczynia wzbiorczego i zaizolowanie przewodów.

Tabela 9.6. Przykładowy koszt modernizacji systemu centralnego ogrzewania uwzględniający wymianę źródła ciepła na kocioł gazowy

Lp.	Opis	Ilość	Cena jedn.	Koszt
1	wymiana grzejników	10	300	3 000
2	wymiana źródła ciepła	1	10 000	10 000
3	montaż zaworów termostatycznych	10	100	1 000
4	montaż automatycznych odpowietrzników	5	50	250
5	montaż zamkniętego naczynia wzbiorczego	1	200	200
6	izolacja przewodów	1	500	500
		koszt	zł	14 950

Literatura:

- [1] Przegląd efektywności energetycznej 2017, IES, 2018.
- [2] Firląg S., Witkowska E., Instalacje c.o., c.w.u. i wentylacji w budynkach energooszczędnych NF40 i NF15, w: Rynek Instalacyjny, nr 9, 2013, ss. 26–33
- [3] Firląg S., Mischczuk A. Szczelność powietrzna budynków energooszczędnych a instalacje, w: Rynek Instalacyjny, nr 4, 2015, ss. 56–62.
- [4] Król P., Firląg S., Węglarz A. Zintegrowana ocena wpływu budynku jednorodzinnego na środowisko, w: Rynek Instalacyjny, nr 9, 2013, ss. 20–25
- [5] Kędziński P., Wybrane aspekty modernizacji instalacji ogrzewania, w: Materiały Budowlane, nr 11, 2008, ss. 58–58.
- [6] Kędziński P., Ocena systemu ogrzewania budynku, w: Energia i Budynek, nr 5, 2008, ss. 28–31.

10

SPOSOBY MODERNIZACJI INSTALACJI CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ

dr inż. Szymon Firląg

10.1. Budowa instalacji ciepłej wody użytkowej

Obniżenie zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków jednorodzinnych może spowodować, że w jego bilansie energetycznym dużo większą rolę zacznie odgrywać zapotrzebowanie na energię potrzebną do podgrzania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.). Prowadząc proces termomodernizacji nie można zapomnieć o rozwiązaniach, które będą miały na celu maksymalne ograniczenie zużycia energii oraz wykorzystanie jej odnawialnych źródeł w systemie c.w.u. Działania te nie mogą prowadzić jednak do pogorszenia komfortu użytkowania instalacji.

Zapotrzebowanie na energię do przygotowania c.w.u. w istniejących budynkach wynosi nawet 70–80 kWh/m²·rok [1]. Tyle samo energii może zużywać budynek na ogrzewanie po głębokiej termomodernizacji. Powodem tego jest często zły stan techniczny instalacji, lub przyzwyczajenia mieszkańców zużywających duże ilości wody. Przystępując do wyboru sposobu modernizacji instalacji c.w.u. pod uwagę bierzemy cztery kryteria:

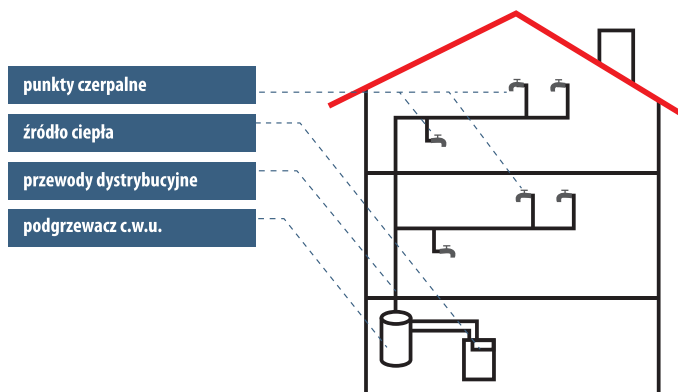
- komfort użytkowania,
- bezpieczeństwo sanitarne,
- koszty eksploatacji,
- koszt inwestycji.

Pod pojęciem komfortu użytkowania kryją się podstawowe wymagania dla systemu: aby woda miała stabilną i odpowiednią temperaturę, żeby było jej pod dostatkiem i aby zawsze była dostępna. Ostatni czynnik związany jest z cechą instalacji, którą jest cyrkulacja. Odkręcając baterię nigdy nie czekamy na ciepłą wodę, gdyż krąży ona cały czas między zbiornikiem a punktem poboru, którym jest właśnie wspomniana bateria. Intuicyjnie czujemy, że znacząco wpływa to na zużycie energii do ogrzewania wody. To prawda, można te koszty jednak ograniczyć. Zgodnie z obowiązującymi w Polsce przepisami instalacja powinna zagwarantować zapewnienie zawsze wymaganej temperatury w punktach czerpalnych wynoszącej 55–60°C.

Komfort użytkownika c.w.u. zależy również od istniejącego źródła ciepła. Nie każde źródło spełnia oczekiwane przez nas wymagania dotyczące c.w.u. Przykładem może być nieprzyjemne odczucie zmiany temperatury wody ciepłej podczas wykonywania czynności higienicznych, np. kąpieli pod prysznicem. Wahania temperatury mogą wystąpić w przypadku zastosowanie starego kotła dwufunkcyjnego lub podgrzewacza gazowego, którego wcześniejszy wybór dokonany został tylko z punktu widzenia systemu ogrzewczego. W wielu budynkach na terenach wiejskich woda ciepła jest podgrzewana ciągle przez piece węglowe. Powoduje to, że jej dostępność jest ograniczona zwłaszcza latem. Innym rozwiązaniem jest stosowanie elektrycznych podgrzewaczy pojemnościowych. Często ich pojemność oraz moc nie zapewnia dostatecznej ilości ciepłej wody potrzebnej np. w porze kąpieli.

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

- centralne odpowiadające za doprowadzenie ciepłej wody do dużej liczby punktów czerpanych w całym budynku (rysunek 10.1),
- miejscowe obsługujące jeden lub kilka punktów czerpalnych **położonych blisko siebie, np. w łazience,**
- **zasobnikowe, gdzie ciepła woda** jest podgrzewana i magazynowana,
- przepływowe, gdzie ciepła woda jest podgrzewana w chwili jej wykorzystywania.



Rysunek 10.1. Przykładowy schemat instalacji c.w.u.

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



Rysunek 10.2. Porównanie kosztów podgrzewania c.w.u. dla 5-osobowej rodziny zużywającej 175 l wody o temperaturze 55°C w ciągu doby

Źródło: [1]

Przewody dystrybuujące c.w.u. odpowiadają za doprowadzenie jej do punktów czerpalnych od podgrzewaczy lub zasobników ciepłej wody. Obieg cyrkulacyjny odpowiada natomiast za utrzymanie stałej temperatury w punktach czerpalnych. Instalacja dystrybucyjna i obieg cyrkulacyjny są głównymi źródłami strat ciepła w instalacji c.w.u. W przypadku dużych, słabo zaizolowanych instalacji straty te mogą stanowić nawet 50% całkowitego zapotrzebowania na ciepło potrzebne do podgrzewania c.w.u. W budynkach modernizowanych szczególnie istotne jest wykonanie właściwej izolacji termicznej przewodów poziomych i pionowych w instalacji dystrybucyjnej i obiegu cyrkulacyjnym (rysunek 10.2).

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

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

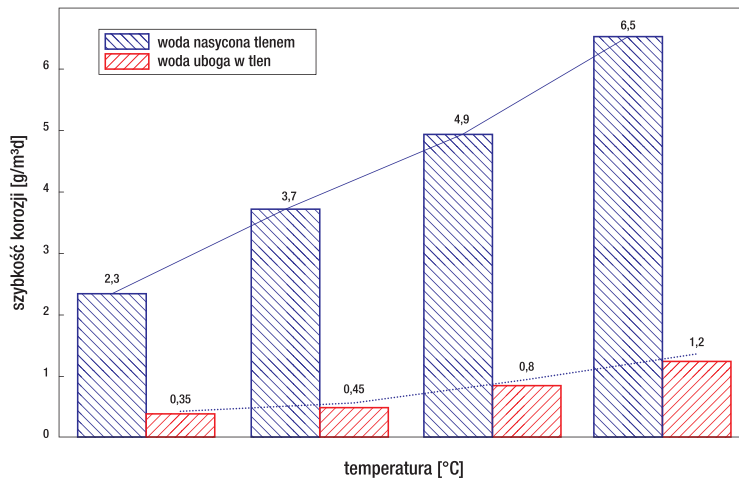
Ciepła woda użytkowa może być podgrzewana na dwa sposoby – przepływowo i pojemnościowo. W przypadku pierwszego, używa się wtedy jedno- lub dwufunkcyjnych kotłów. Kocioł dwufunkcyjny wyposażony jest w przepływowy wymiennik dwufunkcyjny, którego niestety mała wydajność nie gwarantuje uzyskania odpowiedniego wydatku ciepłej wody, poza tym podgrzewa on wodę po odkręceniu baterii, a gdy woda nie jest pobierana – stygnie. Rozwiązanie takie jest zalecane do krótkich instalacji w małych domach (obsługują umywalkę, zlewozmywak, wannę lub prysznic). Podgrzewacze przepływowe mają tendencję do osadzania się w nich kamienia, utrudniającego wymianę ciepła, podczas gdy wymagana jest o stosunkowo duża moc grzewcza urządzenia. Największą zaletą podgrzewaczy przepływowych jest brak strat ciepła spowodowanych magazynowaniem wody ciepłej w zasobniku, małe straty na dystrybucji i brak strat na cyrkulacji. Pozwala to na zmniejszenie zapotrzebowania na energię końcową do podgrzewania c.w.u. o nawet 60% w stosunku do instalacji centralnej z zasobnikiem.

Podgrzewanie pojemnościowe polega natomiast na gromadzeniu wody w odpowiednio dużym zbiorniku i jest z reguły stosowane w instalacjach centralnych. Wadą tego rozwiązania są generowane straty ciepła. Zaletą instalacji centralnej jest możliwość obsłużenia znacznie rozleglejszych instalacji i dużo większy komfort użytkownika c.w.u..

10.2. Wady istniejących instalacji c.w.u.

Instalacje c.w.u. w istniejących budynkach jednorodzinnych mogą posiadać wiele wad, które przyczyniają się do zwiększenia zapotrzebowania na energię, wystąpienia ryzyka sanitarnego, obniżenia komfortu użytkownika i zwiększenia kosztów podgrzewania wody. Do najczęściej występujących wad można zaliczyć:

- nadmierne zużycie wody (ciepłej i zimnej) z uwagi na korzystanie z baterii czerpalnych starego typu, np. dwuuchwytowych bez perlatorów,
- brak zaizolowania przewodów instalacji rozprowadzającej i cyrkulacyjnej, prowadzący do zwiększenia strat ciepła na dystrybucji i obniżenia temperatury wody w punktach czerpalnych,
- stałym krążeniu wody w obiegu cyrkulacyjnym (jeżeli występuje) prowadzące do zwiększenia strat ciepła,
- niewystarczające zaizolowanie zasobników i podgrzewaczy ciepłej wody prowadzące do zwiększonych strat ciepła w zasobnikach i obniżenia temperatury wody,
- wykorzystanie niskosprawnych kotłów lub pieców na paliwo stałe jako źródeł ciepła,
- stosowanie energochłonnych pomp ładujących i cyrkulacyjnych,
- stosowanie materiałów nieodpornych na korozję,
- zwiększone ryzyko (w wyniku obniżenia temperatury wody w obiegach i podgrzewaczu) zagrożenia rozwojem w instalacji groźnych dla ludzi bakterii, takich jak Legionella.



Rysunek 10.3. Szybkość korozji stali w wodzie o różnej temperaturze i zawartości tlenu przy stężeniu chlorków 100 mg/dm³

Duży problem w istniejących instalacjach c.w.u. jest korozja oraz odkładanie się kamienia (rysunek 10.3). Do niedawna większość systemów była wykonywana z rur stalowych ocynkowanych. Zadaniem warstwy cynku jest ochrona stali przed korozją. Jak pokazują badania warstwa ta sama ulega korozji, a jej tempo jest najwyższe w okolicach 65°C. Szybkość korozji powłoki cynkowej w temperaturze 55 i 60°C w stosunku do temperatury 50°C rośnie odpowiednio 3 i 8-krotnie. Wynika z tego, że pozostawienie rur stalowych ocynkowanych w istniejącej instalacji i podwyższenie temperatury wody ciepłej, znacząco skraca żywotność rur. Również szybkość korozji stali wzrośnie odpowiednio o 15 i 30 %. Jej tempo zależy dodatkowo od nasycenia wody tlenem. Efekty korozji oraz kamień wytrącających się podczas podgrzewania wody mogą odkładać się w instalacji powodując zarastanie przewodów lub powstawanie szlamu w podgrzewaczach. Miejsca te stają się ulubionym środowiskiem bytowania bakterii Legionella.

10.3. Modernizacja instalacji c.w.u.

Modernizacja instalacji podgrzewania ciepłej wody będzie miała różny zakres w zależności o analizowanego budynku. W niektórych przypadkach może polegać na wprowadzeniu tylko niewielkich modyfikacji, a w innych oznaczać konieczność wykonania zupełnie nowej instalacji od podstaw. Zakres koniecznych prac najlepiej ustalić na podstawie audytu energetycznego, który wskaże, jakie rozwiązanie jest najbardziej opłacalne z punktu widzenia ekonomii. Modernizacja instalacji c.w.u. w budynku jednorodzinnych może obejmować zmiany w:

- punktach poboru ciepłej wody,
- zmiany w instalacji rozprowadzającej i cyrkulacyjnej,
- zmiany w sekcji przygotowania c.w.u.

Zmiany w punktach poboru c.w.u. zmierzające do ograniczenia jej zużycia zostały omówione w dalszej części rozdziału. Modernizacja instalacji rozprowadzającej i cyrkulacyjnej powinna pozwalać na:

- zapewnienie wymaganej temperatury w punktach czerpalnych 55 – 60°C,
- przeprowadzanie okresowej dezynfekcji termicznej,
- skrócenie czasu krążenia c.w.u. (w przypadku gdy istnieje obieg cyrkulacyjny).

Głównym działaniem jest zaizolowanie instalacji, zastosowanie nowej pompy cyrkulacyjnej i jeżeli to konieczne wykonanie nowej instalacji z materiału odpornego na korozję. Stosowane pompy cyrkulacyjne mogą być sterowane czasowo lub temperaturowo z samoczynną regulacją parametrów pracy. W większych instalacji c.w.u. należy zapewnić wyregulowanie hydrauliczne, gdy brak jest obiegu wody przez najdalej położone piony. Za zrównoważenie obiegów mogą odpowiadać termostatyczne, podpionowe regulatory przepływu. Modernizacja sekcji przygotowania c.w.u. obejmuje:

- zastosowanie regulatorów pośrednich o jak najmniejszych stałych czasowych, umożliwiających dezynfekcję termiczną,
- zaizolowanie przewodów i armatury (oraz ich wymianę, jeżeli to konieczne),

- zastosowanie pompy ładującej zasobnik o odpowiedniej wydajności,
- wymianę i uzupełnienie istniejącej armatury zabezpieczającej instalację przed nadmiernym wzrostem temperatury i ciśnienia.

Przykładowa modernizacja sekcji przygotowania c.w.u. w budynku jednorodzinny obejmowała:

- demontaż starego podgrzewacza c.w.u.,
- usunięcie wszystkich stalowych rur instalacji wodnej z pomieszczenia kotłowni,
- montaż nowego podgrzewacza c.w.u.,
- wykonanie nowej instalacji wodnej w systemie rur z tworzyw sztucznych, np. wielowarstwowych,
- ocieplenie wszystkich rur i armatury,
- montaż filtra wody z wkładem sznurkowym,
- uruchomienie instalacji.

Konieczność wymiany starych rur stalowych wynikała z ich znacznej korozji. Prowadziło to do zanieczyszczenia wody użytkowej oraz znacznego spadku ciśnienia w instalacji. Wymiana podgrzewacza była spowodowana jego złym stanem oraz niewystarczającą izolacją cieplną. Koszt wykonania modernizacji wynosi około 2 500 zł.

10.4. Wymagania stawiane instalacji c.w.u.

Proces termomodernizacji budynku jednorodzinny powinien prowadzić również do ograniczenia zapotrzebowania na ciepło do podgrzewania c.w.u. Istotne jest w tym przypadku podjęcie odpowiednich działań zarówno na etapie określania zakresu modernizacji instalacji, jak i właściwe jej wykonanie, zgodnie z projektem. Temperatura wody ciepłej została dokładnie sprecyzowana w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz. U. Nr 75, poz. 690, z późniejszymi zmianami), gdzie podano wymaganie, aby temperatura wody ciepłej wypływającej w punkcie czerpalnym instalacji wody ciepłej była nie niższa niż 55°C i nie wyższa niż 60°C. Dodatkowo instalacja wody ciepłej powinna być dostosowana do okresowego podwyższania temperatury wody ciepłej do wartości powyżej 70°C, (ale nie więcej niż 80°C) w celu umożliwienia przeprowadzenia termicznej dezynfekcji instalacji. Zwiększenie efektywności energetycznej instalacji przy jednoczesnym spełnieniu tych wymagań można więc uzyskać poprzez ograniczenie strat ciepła na dystrybucji i cyrkulacji ciepłej wody, zmniejszenie zużycia ciepłej wody i wykorzystanie do jej podgrzewania odnawialnych źródeł energii, o ile jest to opłacalne ekonomicznie.

Na etapie modernizacji instalacji c.w.u. należy przede wszystkim dokładnie określić moc potrzebną do podgrzewania ciepłej wody użytkowej. Uzyskiwane na bazie metody obliczeniowej zawartej w normie PN-92/B-01706 [3] wyniki zapotrzebowania na moc cieplną są zawyżone z uwagi na przyjmowanie przesadzonych wartości wskaźników nierównomierności poborów oraz niemal dwukrotnie zawyżonego zapotrzebowania na wodę ciepłą (przyjmuje się 110 do 130 l/Md). Kolejnym krokiem jest precyzyjny dobór wielkości podgrzewacza lub zasobnika c.w.u. Trzeba przy tym zwrócić uwagę na to, by uniknąć powstawania postojowych strat ciepła, gdy urządzenie to jest przewymiarowane. Z drugiej strony zaś powinno być ono na tyle duże, by zapewnić gotowość do podgrzania wody do wymaganej temperatury. Należy również zwrócić uwagę na bardzo dobrą izolację podgrzewacza lub zasobnika c.w.u. oraz zastosowanie pomp ładujących o wydajności zapewniającej wykorzystanie akumulacyjności cieplnej zasobników c.w.u. w pracy instalacji.

Minimalizację strat ciepła w instalacji c.w.u. poza źródłem ciepła należy osiągać poprzez właściwą izolację termiczną instalacji. Grubość wymaganej warstwy izolacji powinna odpowiadać zaleceniom podanym w rozdziale 9, przy współczynniku przewodzenia ciepła równym 0,035 W/mK.

Zastosowane pompy cyrkulacyjne powinny charakteryzować się wysoką sprawnością i niskim zużyciem energii elektrycznej (klasa A i wyższa) oraz mieć możliwość dostosowania się do dużej zmienności przepływów cyrkulacyjnych poprzez samoczynną regulację parametrów pracy. Powinny mieć także możliwość sterowania przy pomocy układów termostatycznych, by skrócić czas krążenia wody w obiegu cyrkulacyjnym.

Aby instalacja po modernizacji spełniała wymagania należy:

- precyzyjnie określić moc potrzebną do podgrzania wody,
- precyzyjnie dobrać wielkości podgrzewacza,
- stosować armaturę wodooszczędną,
- wymienić przewody i armaturę, która jest skorodowana i w złym stanie technicznym,
- właściwie zaizolować termiczne przewody i armaturę,
- wyposażyć duże instalacje w termostatyczne regulatory przepływu,
- zastosować regulatory temperatury z programowaniem dobowym i tygodniowym,
- stosować pompy cyrkulacyjne i ładujące o wysokiej sprawności klasy A, lub wyższej,
- zrezygnować z kotłów węglowych jako źródła ciepła,
- stosować filtry i zawory zwrotne chroniące przed wtórnym zanieczyszczeniem instalacji.

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

Zużycie c.w.u. na mieszkańca pozwala na określenie jej zapotrzebowania dla całego budynku – znając zwyczajnie użytkowników możemy je określić dokładniej, jednak zwykle przyjmuje się je pomiędzy 30 a 100 l c.w.u. o temperaturze ok. 45°C na mieszkańca w ciągu doby. Zakładając na każdego mieszkańca średnio 50 l, czteroosobowa rodzina zużywa 200 l c.w.u. dziennie. Warto wynik ten skonfrontować ze zużyciem wody dla poszczególnych celów sanitarnych:

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

Jak łatwo zauważyć, jedna kąpiel w wannie może pochłonąć zasób wody przewidywany dla trzech osób. Preferencje użytkowników oraz standard wyposażenia budynku będą miały decydujący wpływ na zużycie c.w.u. i energii potrzebnej do jej podgrzania. Informacje te powinny zostać uwzględnione przy doborze źródła ciepła i wielkości podgrzewacza c.w.u.

Decydując się na termomodernizację domu nie możemy zapominać o instalacji c.w.u. Istnieje wiele sposobów pozwalających na ograniczenie zużycia c.w.u. i ilości energii potrzebnej do jej podgrzania. Armatura wodooszczędna to jeden ze sposobów: wodooszczędne natryski, baterie z „eko-przyciskiem”, ograniczniki przepływu, słuchawki prysznicowe, urządzenia zamykające przepływ wody w niezakręconych kranach czy nakładki na krany lub prysznice, tzw. perlatory (aeratory) napowietrzają wodę przyczyniając się do zmniejszenia jej zużycia bez obniżania komfortu jej użytkowania. Zaleca się również używanie baterii termostatycznych z czujnikiem termicznym w głowicy, który reguluje stopień mieszania ciepłej i zimnej wody lub baterii bezdotykowej, wyposażonej w fotokomórkę sterującą włączaniem i wyłączaniem wody tylko przy podstawieniu pod nią rąk (tabela 10.1).

Tabela 10.1. Porównanie zużycia wody na pojedynczą kąpiel pod prysznicem na podstawie danych zachodnioeuropejskich dla różnych typów baterii czerpalnych

Zużycie wody przez	jednostki	Bateria dwuuchwytyowa	Bateria jednouchwytyowa	Bateria dwuuchwytyowa z eko-przyciskiem	Bateria termostatyczna
1 osoba/dobę	[dm ³]	60	45	36	33
4 osoby/dobę	[dm ³]	240	180	144	132
4 osoby/rok*	[dm ³]	84000	63000	50400	46200
Oszczędność wod w porównaniu z baterią dwuuchwytyową	[dm ³] [%]		21 25	33,6 40	37,8 45

* przy założeniu 350 kąpielel na 1 osobę w ciągu roku

Rezygnacja z cyrkulacji w budynkach jednorodzinnych, która powoduje, że zawsze odkręcając kran mamy dostępną od razu ciepłą wodę, może spowodować duże oszczędności. Pojawia się one bowiem nie tylko na polu energii zużywanej na pracę pompy cyrkulacyjnej, ale i energii potrzebnej do ciągłego podgrzewania krążącej w obiegu wody. Takie miesięczne oszczędności mogą sięgać od 60 do nawet 150 zł.

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

10.6. Bakteria Legionella

Chociaż do codziennego użytkowania wody w domu wystarczająca temperatura wody to 40–50°C, przepisy dyktują jej temperaturę przynajmniej 55°C. Powodem tego jest zagrożenie rozwojem groźnych dla ludzi bakterii, takich jak Legionella. Podgrzewając wodę do temperatury c.w.u., czyli do około 55°C, wytrącają się związki żelaza, wapnia i innych nierozpuszczalnych substancji. Osadzają się one na instalacjach i urządzeniach powodując narosty i osady, a także szlam i zmianę koloru wody. Osady i zanieczyszczenia to idealne dla bakterii środowisko – szczególnie groźną jest wspomniana bakteria Legionella. Do zakażenia człowieka dochodzi poprzez wdychanie. Powoduje ona nietypowe zapalenie płuc, tzw. chorobę legionistów. Bakteria rozmnaża się w środowisku wodnym i najlepiej rozwija się w temperaturze 20–50°C, szczególnie w miejscach zastoju wody, końcówkach rur, zasobnikach, podgrzewaczach. W większości nie działają na nią ani fizyczne, ani chemiczne technologie dezynfekcji. Sanepid bada wodę pod kątem obecności tych mikroorganizmów. Pozbywanie się bakterii Legionella czy to poprzez dezynfekcję termiczną, podgrzewając wodę do minimum 70°C, czy specjalną dezynfekcję chemiczną, czy fizyczną (lampy UV) – często nie jest możliwe. Kiedy więc w instalacji pojawi się już osad, szlam, czy rdza, walka ta staje się bardzo ciężka. Dlatego warto jej zapobiegać poprzez profilaktyczną dezynfekcję oraz tworzenia warunków niesprzyjających jej namnażaniu. Okresowe lub ciągłe dezynfekcje chemiczne czy fizyczne – to równocześnie podstawowa zasada ochrony przed jakimikolwiek zanieczyszczeniami. Warto więc wcielać to w życie przynajmniej raz w miesiącu, podgrzewając wodę do minimum 70°C. Należy pamiętać jednak o zabezpieczeniu przed przekroczeniem dopuszczalnego dla danej instalacji ciśnienia i temperatury.

Literatura:

- [1] Firląg S., How to Meet the Minimum Energy Performance Requirements of Technical Conditions in Year 2021?, w: *Procedia Engineering*, vol. 111, 2015, ss. 202–208.
- [2] Firląg S., *Poradnik inwestora. Buduję z głową, buduję energooszczędnie*, 2014, Fundacja Ziemia i Ludzie, ISBN 978-83-935905-4-4, 144 s.
- [3] PN-92/B-01706, Instalacje wodociągowe – Wymagania w projektowaniu.



WYKORZYSTANIE OZE W MODERNIZOWANYCH BUDYNKACH

dr inż. Agnieszka Kaliszuk-Wietecha

Zgodnie z wymaganiami pakietu energetyczno-klimatycznego (zespół aktów prawnych stworzonych do osiągnięcia celów w nich zawartych) przyjętym przez Parlament Europejski i Radę Unii Europejskiej w celu przeciwdziałania zmianom klimatycznym, stworzono plan zwany potocznie 3 x20 [1, 2, 3, 4]. Oprócz innych propozycji najbardziej znaczące są 4 następując, mówiące o tym, że Unia Europejska do 2020 roku:

- zwiększy udział zużycia energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii (OZE) do 20%,
- dokona redukcji o 20% emisji gazów cieplarnianych w stosunku do poziomu emisji z 1990 r.,
- zwiększy o 20% efektywność energetyczną w stosunku do prognoz na rok 2020,
- zwiększy o co najmniej 10% udział biopaliw w ogólnym zużyciu paliw transportowych.

Osiągnięcie celów unijnych będzie możliwe dzięki osiągnięciu ustalonych celów krajowych [1]. Cele te różnią się w zależności od stanu wyjściowego i zdolności zwiększenia dla poszczególnych krajów: np. w zakresie produkcji energii z odnawialnych źródeł: Malta do 10%, Polska do 15%, a Szwecja do 49%. Kolejne ustalenia w ramach tzw. „pakietu zimowego” (koniec 2018 r.) zwiększają udział energii z OZE do 32% dla całej UE do roku 2030.

W naszym kraju szanse na uzyskanie stawianych celów upatrywać należy przede wszystkim w wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii w skali mikro czyli wytwarzanych w przydomowych źródłach oraz korzystanie z lokalnych ciepłowni wykorzystujących odnawialne źródła energii [4]. Należy wymienić tu:

- wykorzystywanie kolektorów słonecznych oraz ogniw fotowoltaicznych (indywidualne),
- zwiększenie wykorzystania biomasy (zwłaszcza na terenach wiejskich) w postaci indywidualnego wykorzystania drewna i jego odpadów oraz uruchamianie lokalnych ciepłowni na słomę oraz odpady drewniane z przeróbki drewna,
- uruchomienie ciepłowni geotermalnych, elektrowni wiatrowych i małych elektrowni wodnych,
- uruchomienie ciepłowni i elektrowni zasilanych biogazem z wysypisk odpadów komunalnych oraz oczyszczalni ścieków.

W obiektach nowo projektowanych będzie się to łączyło z koniecznością spełnienia dzisiejszych wymagań (patrz rozdział 1), a w budynkach modernizowanych z chęcią osiągnięcia niższych kosztów użytkowania, które gwarantuje własne źródło energii odnawialnej. Ze względu na specyfikę odnawialnych źródeł energii (w większości konieczność ekspozycji np. na słońce czy oddziaływanie wiatru) często konieczne będzie sprawdzenie nośności istniejących elementów konstrukcyjnych, takich jak stropodach, dach czy ściany w przypadku dociążenia ich dodatkową konstrukcją wsporczą i samych elementów źródła energii.

11.1. Rodzaje odnawialnych źródeł energii

Odnawialne źródła energii to źródła naturalne, powstające w wyniku powtarzających się procesów przyrodniczych, co czyni je praktycznie niewyczerpalnymi. Ich wykorzystanie nie wiąże się z ich deficytem, ponieważ odnawiają się krótkim czasie, w przeciwieństwie do źródeł konwencjonalnych. OZE pozwalają na pozyskanie energii elektrycznej oraz energii cieplnej. Należy jednak pamiętać, że technologie pozyskiwania energii z tych źródeł wiążą się z wytworzeniem urządzeń z materiałów nieodnawialnych. Ograniczenie tych obciążeń środowiskowych staje się możliwe dzięki recyklingowi oraz dzięki rozwojowi nowych technologii.

Do źródeł odnawialnych zaliczamy:

- energię promieniowania słonecznego (kolektory słoneczne i fotowoltaika),
- energię wiatru,
- energię pochodzącą z biomasy (biomasa i biogaz),
- energię wodną,
- energię ciepłą wnętrza Ziemi (źródła geotermalne).

Wykorzystanie OZE wzbudza kontrowersje. Krytycy tych rozwiązań zwracają szczególną uwagę na wciąż bardzo wysokie koszty inwestycyjne, zagrożenia środowiskowe (ekologiczne i zdrowotne) oraz często konieczność wspierania OZE (elektrownie wiatrowe i słoneczne) źródłami konwencjonalnymi. Rozwój nowych technologii pozwala na przechylenie szali na stronę korzyści, czyli zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych czy obniżenie sumarycznych kosztów wytworzenia energii.

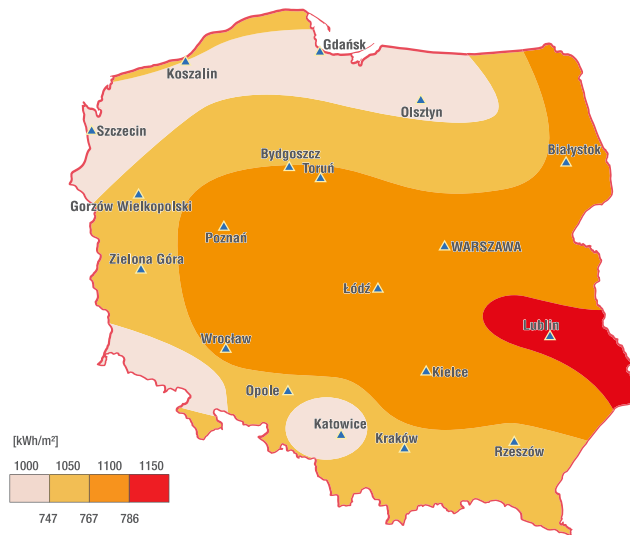
Do najczęściej indywidualnie wykorzystywanych źródeł energii odnawialnych należą:

- kolektory słoneczne wytwarzające energię ciepłą,
- ogniwa fotowoltaiczne (zwane też fotoelektrycznymi) wytwarzające energię elektryczną,
- małe elektrownie wiatrowe,
- wytwarzanie energii z biomasy.

Wykorzystanie OZE wiąże się co prawda z podniesieniem kosztu inwestycji lub kosztów planowanego procesu termomodernizacyjnego, ale skutkuje obniżeniem zarówno kosztów użytkowania jak i kosztów środowiskowych, gdyż pozwala na zmniejszenie wartości wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP (wskaźnik nakładu „w” dla źródeł odnawialnych ma wartość 0) oraz emisji szkodliwych zanieczyszczeń.

11.2. Kolektory słoneczne, rodzaje, zakres stosowania, koszty

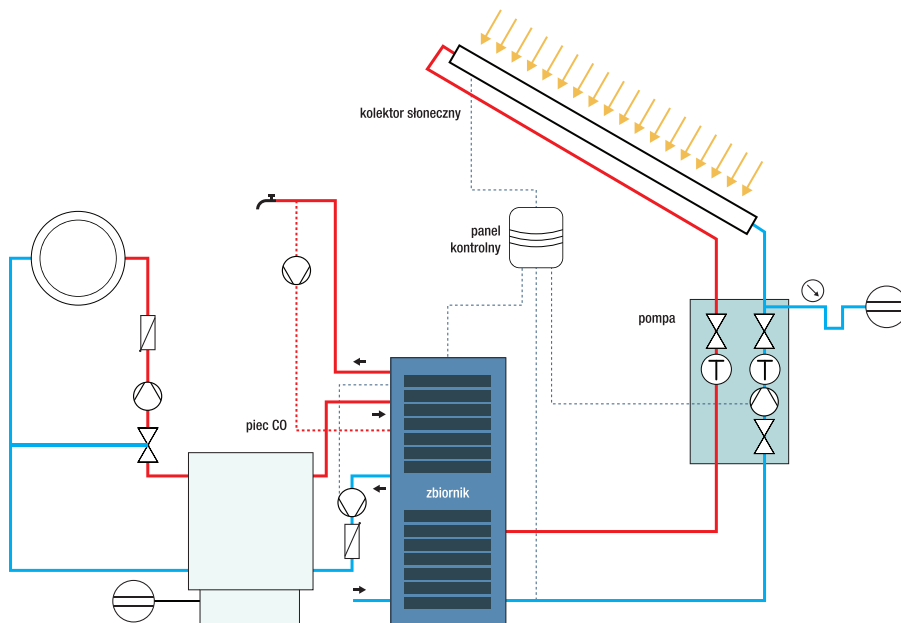
Obecnie coraz popularniejszymi urządzeniami w naszym kraju wykorzystującymi OZE są kolektory słoneczne. Mimo tego, że w Polsce możemy cieszyć się energią promieniowania zdecydowanie rzadziej i w mniejszym natężeniu niż w krajach południa Europy, to biorąc pod uwagę zarówno uśłonecznienie, czyli średnią liczbę godzin słonecznych w ciągu roku (od 1390 do 1900 godzin rocznie), jak i nasłonecznienie czyli moc całkowitego promieniowania słonecznego padająca na 1 m² powierzchni (950–1200 kWh/m², rysunek 11.1.), to także w Polsce korzystanie z energii słonecznej przynosi wymierne korzyści. Szacuje się, że w polskich warunkach można liczyć średnio na zaspokojenie zapotrzebowania na energię na przygotowanie c.w.u. w około 60%.



Rysunek 11.1. Promieniowanie całkowite roczne na powierzchnię poziomą w kWh/m² i potencjał produkcji energii z paneli fotowoltaicznych w kWh/m²

Źródło: JRC

Kolektory słoneczne są urządzeniami, w których następuje konwersja energii promieniowania słonecznego w ciepło. Ogólna zasada działania polega na przechwyceniu energii promieniowania (bezpośredniego i rozproszonego) przez powierzchnię absorbera, przekazanie jej do tzw. czynnika roboczego (glikol, woda, powietrze) przepływającej przez rury urządzenia, a następnie przekazanie jej do instalacji ciepłej wody użytkowej lub centralnego ogrzewania (rysunek 11.2.) [5]. W Polsce ze względu na brak możliwości zapewnienia 100% zapotrzebowania na energię z kolektorów słonecznych często stosuje się „wspomaganie” instalacji słonecznej tradycyjnym systemem np. kotłem gazowym w okresie, kiedy energii słonecznej jest mniej.

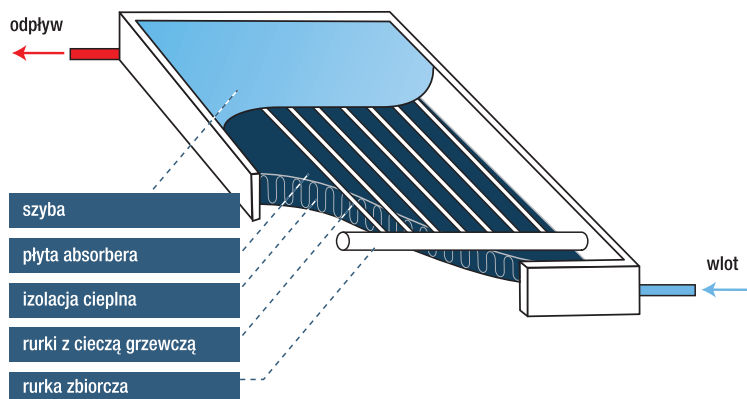


Rysunek 11.2. Schemat instalacji przygotowania c.w.u. przy pomocy kolektorów słonecznych

Źródło: [5]

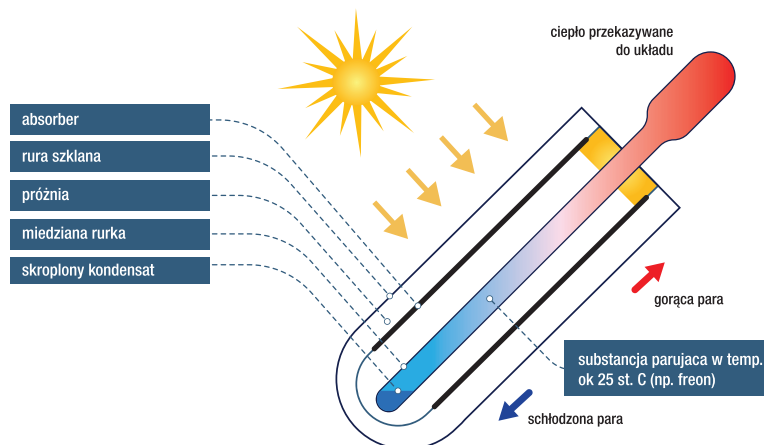
Zarówno w ujęciu ekonomicznym jak i energetycznym jest to najbardziej efektywny sposób konwersji energii (sprawność konwersji w produkcji c.w.u. sięga aż 80%). Kolektory słoneczne ze względu na stosowany czynnik roboczy dzielimy na cieczowe i powietrzne, a ze względu na budowę kolektory cieczowe dzielimy na: kolektory płaskie i próżniowe (rurowe). W obu przypadkach jednym z najistotniejszych elementów kolektora jest absorber pochłaniający energię w obu typach kolektorów.

Budowa kolektora płaskiego i próżniowego różni się od siebie. Kolektor płaski składa się z metalowej ramy przykrytej szybą, której spód i boki izolowane są materiałem izolacyjnym. W powstałej w ten sposób skrzynce na powierzchni absorbera przytwierdzone są miedziane rurki, przez które przepływa ciecz robocza. Elementy te pokryte są warstwą wysokoselektywną, odznaczającą się wysokim współczynnikiem absorpcji promieniowania słonecznego oraz niskim współczynnikiem emisji promieniowania podczerwonego (rysunek 11.3).



Rysunek 11.3. Schemat budowy kolektora płaskiego

Kolektory próżniowe zbudowane są z połączonych ze sobą szklanych rurek (rura w rurze), we wnętrzu których panuje próżnia ograniczając straty ciepła do promieniowania (rysunek 11.4).



Rysunek 11.4. Schemat budowy kolektora próżniowego

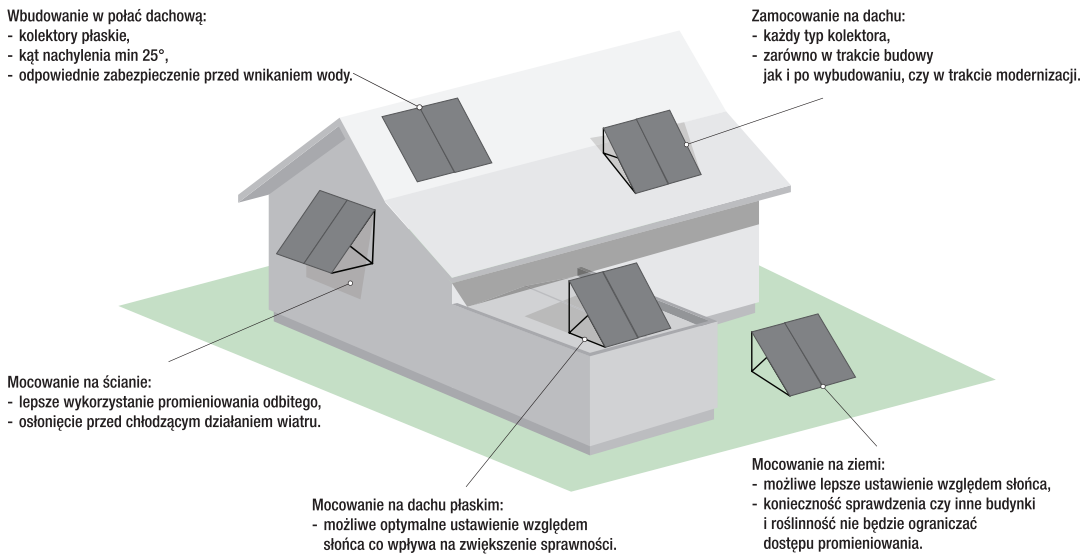
Uprozczone porównanie kolektorów płaskich i próżniowych przedstawiono w tabeli 11.1.

Tabela 11.1. Uprozczone porównanie kolektorów próżniowych i płaskich

Kolektory próżniowe	Kolektory płaskie
Mniejsze straty, wykorzystanie światła rozproszonego (podobna sprawność cały rok), małe opory przepływu – wyższa sprawność	Większe straty, głównie wykorzystanie światła bezpośredniego (sprawność maleje w okresie zimowym), wyższe opory przepływu – niższa sprawność
Montaż rur w końcowej fazie – możliwy demontaż pojedynczych rur	Konieczność montażu całości – konieczność demontażu całości do serwisu.
Droższe	Tańsze

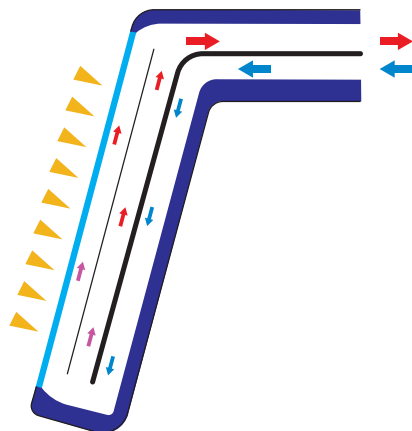
Sposób i miejsce lokalizacji kolektorów zależy jest od indywidualnej sytuacji obiektu, jego stanu, lokalizacji względem stron świata, układu działki i rosnącej na niej zieleni, rodzaju stosowanych kolektorów (rysunek 11.5.). Kolektory słoneczne najczęściej montowane są na dachach, rzadziej na ścianach budynków, ale w przypadku budynków starych

lub zabytkowych, jeśli istnieją ku temu odpowiednie warunki, mogą być mocowane na terenie przy budynku, o ile nie będą one zacienione. Płaszczyzna kolektorów powinna być wyeksponowana w kierunku południowym z możliwie małym kątem odchylenia, a optymalny kąt pochylenia zależy od okresu ekspozycji kolektora, który zimą powinien wynosić 60°C , a latem 30°C . W praktyce jako zalecany przyjmuje się kąt pochylenia około $30\text{--}40^{\circ}\text{C}$.



Rysunek 11.5. Możliwe lokalizacje kolektorów słonecznych w budynku

Trudno jest oszacować dokładne koszty kolektorów słonecznych. Zależą one od wielu zmiennych, między innymi lokalizacji, a więc kosztów robocizny, warunków montażu, rodzaju i wielkości instalacji oraz tego, co bierzemy pod uwagę w kosztorysie, czy uwzględniamy np. koszty pieca kondensacyjnego wspomagającego kolektory. Pełna instalacja to nie tylko kolektory słoneczne, ale również układ pomp, zasobnik solarny, automatyka, wyposażenie montażowe, regulacja pogodowa, wyposażenie dodatkowe. Z roku na rok realne koszty instalacji się zmieniają – następuje rozwój technologii przy jednoczesnym wzroście cen energii. Kompletna instalacja solarna (przygotowanie c.w.u. dla 4 osobowej rodziny) powinna się zamknąć w kilkunastu tysiącach złotych i koszt samych kolektorów to ok. 50%. Stosując bardziej sprawne kolektory próżniowe zapłacimy 25% więcej. Obecnie, nie licząc wzrostu kosztów energii ze źródeł konwencjonalnych, zwrotu inwestycji można się spodziewać po około 10 latach (od 6 do 17 lat). W przypadku wykorzystania dotacji czas ten się odpowiednio skraca od 3,5 do 11 lat. Należy jednak liczyć się z kosztami związanymi z czasem eksploatacji kolektorów, który jest szacowany na 15–20 lat. Kolektory stają się znacznie bardziej opłacalne, gdy wykorzystuje się w obiektach, w których zużycie wody potrafi być większe, czyli tam, gdzie jest wanna z hydromasażem czy też basen.



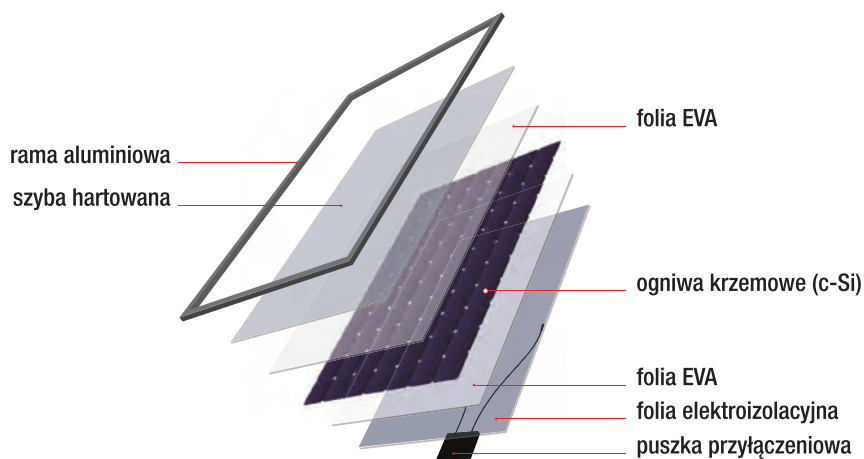
Rysunek 11.6. Schemat budowy kolektora powietrznego

Rzadko spotykanym przypadkiem jest wykorzystanie kolektorów powietrznych (rysunek 11.6). Najczęściej wykorzystuje się je tam, gdzie wspomagają system ogrzewania w budynkach wyposażonych w powietrzny system grzewczy

oraz do wstępnego podgrzewania powietrza wentylacyjnego, nie zaś przygotowania c.w.u. Kolektor powietrzny składa się z absorbera, obudowy i ewentualnie izolacji cieplnej, i czasem przykrycia przezroczystego. Energia promieniowania słonecznego pochłaniana jest przez absorber, na powierzchni którego zmienia się w energię ciepłą, która podgrzewa powietrze przepływające przez kolektor.

11.3. Panele fotowoltaiczne, rodzaje, zakres stosowania, koszty

Cieszącymi się coraz większą popularnością urządzeniami wykorzystującymi odnawialne źródło energii, jakim jest słońce, są ogniwa fotowoltaiczne (w niektórych źródłach nazywane fotoelektrycznymi). Pozwalają one na przemianę promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Energia elektryczna jest bardzo uniwersalnym rodzajem energii. Wykorzystywana jest w gospodarstwach domowych zarówno na potrzeby podtrzymania pracy systemów c.o. i c.w.u. jak i do pracy wielu urządzeń elektrycznych, których używa się na co dzień. Energia elektryczna w ogniwach, lub jak czasem są nazywane bateriach słonecznych powstaje wykorzystując efekt fotowoltaiczny czyli możliwość powstania siły powodującej przepływ prądu w określonym ciele stałym w wyniku stałego działania promieni słonecznych [5]. Sprawność konwersji w ogniwach jest zależna od stosowanych materiałów półprzewodnikowych i ich struktury. Są różne struktury ogniwa fotowoltaicznych: monokrystaliczne, polikrystaliczne i amorficzne. Budowa ogniwa z zewnątrz przypomina nieco budowę płaski kolektor słoneczny: ogniwo krzemowe zabezpieczone przez specjalne siatki i folie jest przykryte szybą hartowaną i umieszczone w wytrzymałej ramie (rysunek 11.6) [6].



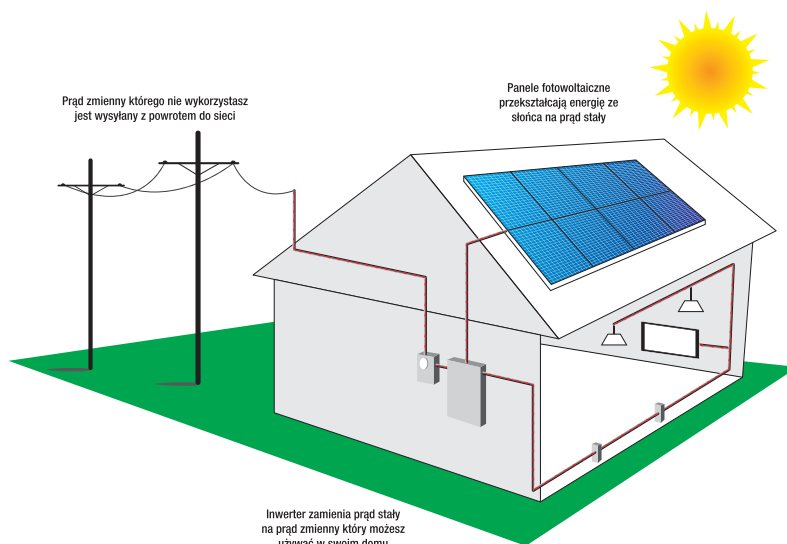
Rysunek 11.6. Schemat budowy ogniwa fotowoltaicznego

W Polsce stosuje się najczęściej ogniwa PV z monokrystalicznego krzemu lub z krzemu polikrystalicznego, który jest tańszy, a zachowuje wysoką sprawność w produkcji energii. Ogniwa produkują prąd stały, dlatego, aby móc wykorzystywać go w urządzeniach pracujących w domach, konieczny jest przetwornik prądu (falownik) zmieniający prąd stały na zmienny [6].

Instalacje z ogniwami mogą pracować w układzie:

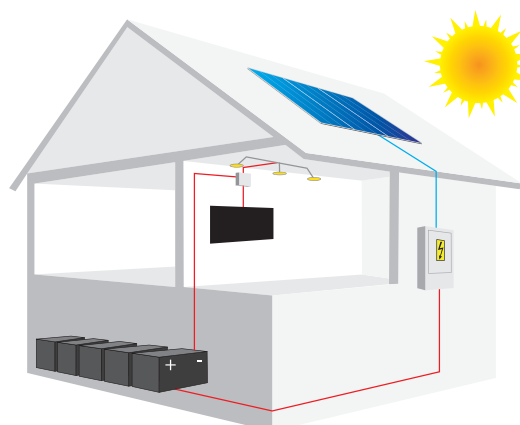
- „on-grid” instalacja podłączona do sieci elektroenergetycznej,
- „off-grid” instalacja niepodłączona do sieci elektroenergetycznej.

Instalacja podłączona do sieci („on-grid”) (rysunek 11.7) jest wyposażona w inteligentny licznik energii pobranej i oddanej do sieci, aby umożliwić rozliczenie z dystrybutorem energii elektrycznej proces wymiany energii. W układzie takim sieć jest swojego rodzaju akumulatorem dla niewykorzystanej energii produkowanej przez ogniwa, i można pobrać ją w czasie większego zapotrzebowania, kiedy produkcja własna nie pokrywa zapotrzebowania. Należy jednak pamiętać, że prosument (użytkownik produkujący energię) ponosi koszt w formie utraty pewnej części energii. Z energii oddanej do sieci można odebrać 80% zmagazynowanej energii (w przypadku instalacji o mocy do 10 kW) lub 70% (w przypadku instalacji większej niż 10 kW, ale mniejszej niż 40 kW) [7]. Należy też sprawdzać, jakie opłaty dodatkowe pobierają przedsiębiorstwa, np. opłata za dystrybucję, eksploatację, obsługę, itp., gdyż realnie może okazać się, że można odebrać z sieci znacznie mniej niż się spodziewano.



Rysunek 11.7. Schemat podłączenia instalacji do sieci elektroenergetycznej „on-grid”

Instalacja niepodłączona do sieci elektroenergetycznej („off-grid”) (rysunek 11.8) musi być wyposażona w akumulator oraz inwerter. Akumulator pozwala zgromadzić nadmiar produkowanej energii w celu wykorzystania jej później. Musi on posiadać też urządzenia kontrolujące poziom naładowania tych akumulatorów. Inwerter steruje pracą ogniw w celu ich synchronizacji oraz maksymalizacji produkcji energii elektrycznej.



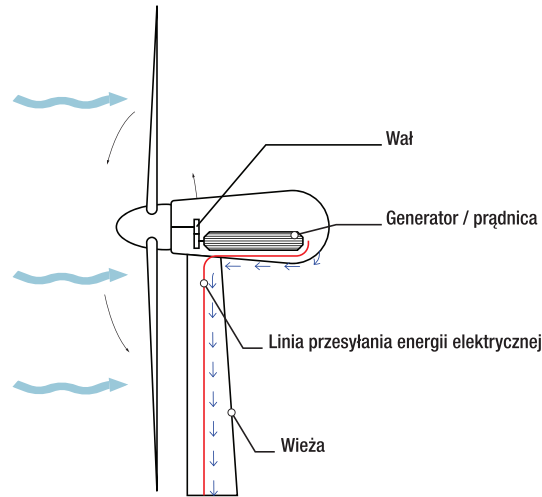
Rysunek 11.8. Schemat podłączenia instalacji do sieci elektroenergetycznej „off-grid”

Analizując koszty instalacji ogniw fotowoltaicznych trzeba wziąć pod uwagę kilka elementów. Instalacja fotowoltaiczna oznacza wyższe koszty jednorazowe oraz późniejsze koszty eksploatacji (chociażby koszt utrzymania i wymiany akumulatorów) niż instalacja kolektorów słonecznych, jednak instalacja ta pozwala na produkcję energii elektrycznej, którą można wykorzystać później na wiele sposobów – jest bardziej uniwersalna. Średnia żywotność urządzeń fotowoltaicznych jest też dłuższa i wynosi około 25 lat. Termomodernizując obiekt należy wziąć pod uwagę również osiąganą po termomodernizacji moc szczytową – nie powinna ona przekraczać 5 kW, co daje około 33 m² instalacji, a to daje koszt około 30 000 złotych. Określenie dokładnej powierzchni ogniw wiąże się z określeniem zapotrzebowania energii elektrycznej dla domu. Prosty okres zwrotu nakładów przy założeniu, że cała wyprodukowana energia zostanie zużyta na własne potrzeby wyniesie nieco ponad 10 lat dla instalacji „on-grid”. Natomiast instalacja „off-grid”, ze względu na konieczność magazynowania prądu, inny rodzaj inwertera oraz większą liczbę paneli, koszty wzrosną o co najmniej 50%. Dla budynku termomodernizowanego oprócz dotychczasowych rachunków za prąd należy oszacować zapotrzebowanie energii oraz optymalną moc po przeprowadzonej termomodernizacji, na podstawie lokalizacji i planowanych prac termomodernizacyjnych. Wykorzystanie energii elektrycznej do ogrzewania domu i przygotowania ciepłej wody użytkowej (dla budynku po termomodernizacji uzyskującego poziom zapotrzebowania na energię jak dla budynku energooszczędnego) warto zamontować instalację fotowoltaiczną o mocy około 10 kWp. Pozwala to osiągnąć znacznie większe oszczędności.

11.4. Małe elektrownie wiatrowe, rodzaje, zakresy stosowania, koszty

Kolejnym odnawialnym źródłem energii jest energia wiatrowa. Zasada działania polega na przekształceniu energii wiatru w energię mechaniczną, która napędza generator prądu. Wiatraki możemy podzielić pod względem układu osi na:

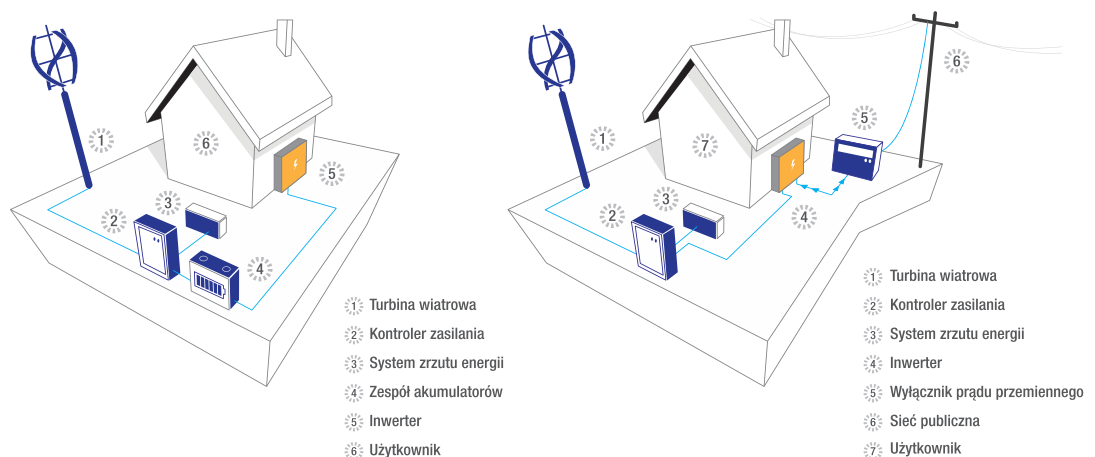
- elektrownie z poziomą osią obrotu wirnika (HAWT) (95% wszystkich) (rysunek 11.9)
- elektrownie lub pionową osią obrotu (VAWT).



Rysunek 11.9. Zasada działania turbiny wiatrowej o poziomej osi obrotu HAWT

Do wyboru są też elektrownie wolno-, średnio- i szybkoobrotowe. Teoretycznie elektrownię można zamontować zarówno na dachu domu lub jako wolnostojące urządzenie. Wysokość masztów przydomowych elektrowni sięga od 1,5 m (na dachach) do 15–20 metrów nad poziomem gruntu. W praktyce, mimo że dla masztów wolnostojących wymaga się osobnych fundamentów, są one najczęściej stosowanymi rozwiązaniami. Współczesne wiatraki mają pod względem aerodynamiki skomplikowaną budowę łopat, a ich wirniki wykonywane są z włókna szklanego lub węglowego, nylonu, polipropylenu (rzadko z drewna). Mają średnicę od 1 do 4 m. Ciężar takich urządzeń wynosi od 6 do 200 kg. Minimalna prędkość wiatru, przy której turbina może zacząć produkować prąd, to 2,5–3 m/s, ale do osiągnięcia mocy nominalnej potrzebny jest wiatr o prędkości około 10 m/s.

Stawiając przydomową turbinę wiatrową w zależności od tego, czy będzie podłączona do sieci, czy nie, należy przewidzieć miejsce dla urządzeń towarzyszących. Są to np. akumulatory gromadzące energię, którą będzie można wykorzystać w dni bezwietrzne [8]. Zwłaszcza że turbiny charakteryzują się tzw. zdolnością wytwórczą na poziomie 25% (jeśli zgodnie z danymi statystycznymi wiatr wieje optymalnie przez 100 dni, to turbina będzie produkować prąd przez 25) (rysunek 11.10.).



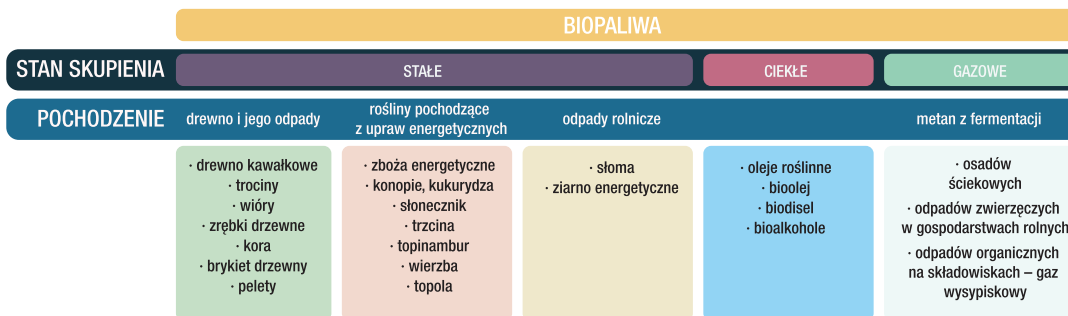
Rysunek 11.10. Zasada działania elektrowni wiatrowej „off-grid” i „on-grid”

Źródło: [11]

Chcąc zaspokoić potrzeby domu jednorodzinnego zamieszkiwanego przez kilkuosobową rodzinę potrzeba będzie elektrownia wiatrowa o mocy około 5 kW. Ustawienie takiej turbiny jest możliwe bez ubiegania się o pozwolenie na budowę tylko w przypadku, gdy będzie to konstrukcja nie mająca stałego połączenia z gruntem (bez fundamentów), czyli na dachu domu, w przeciwnym razie wymaga takich pozwoleń. Koszt instalacji turbiny kilkuwatowej to od 7 do 15 tysięcy złotych. Uśredniony koszt wykonania całej instalacji przydomowej elektrowni wiatrowej o mocy 5 kW to ponad 40 000 zł. (Zmniejszenie mocy turbiny do 3 kW to ponad 20 000 zł). Najbezpieczniej jest traktować ją jako element złożonego system zasilania w energię, korzystającego również z innych źródeł energii.

11.5. Kotły na biomasę, rodzaje, koszty

W polskim prawie biomasa to stałe lub ciekłe substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które ulegają biodegradacji, pochodzące z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej oraz leśnej, a także przemysłu przetwarzającego ich produkty, także części pozostałych odpadów, które ulegają biodegradacji. Biomasa, którą przy użyciu metod fizycznych, chemicznych bądź biochemicznych przygotowano do wykorzystania w celach energetycznych nazywana jest biopaliwem [10]. Biopaliwa można podzielić ze względu na stan skupienia i pochodzenie (rysunek 11.11)

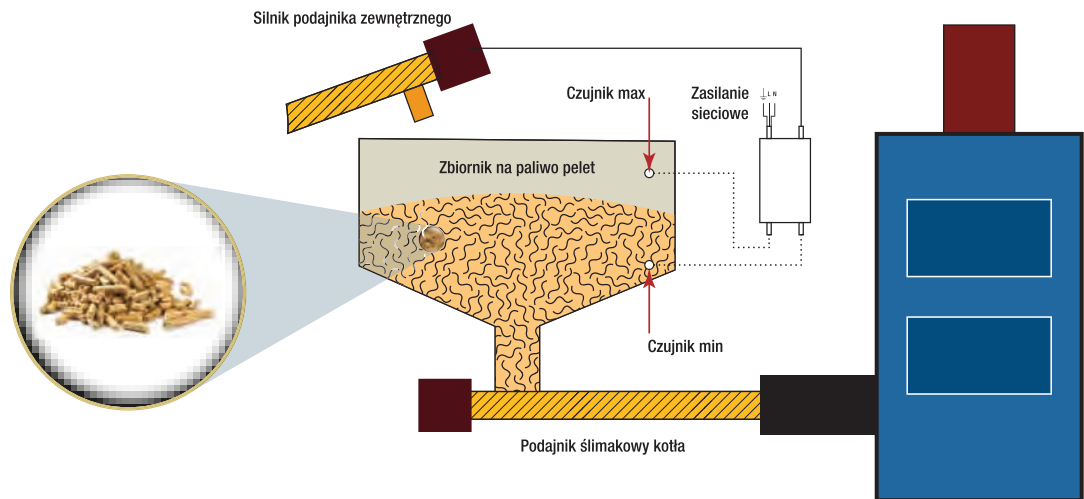


Rysunek 11.11. Podział biopaliw ze względu na stan skupienia i pochodzenie

Najpopularniejszym źródłem energii odnawialnej w Polsce jest biomasa spalana w kotłach na paliwa stałe. Jest to błąd, ponieważ do spalania biomasy należy wykorzystywać specjalnie, wysoko sprawne kotły o zwiększonej powierzchni wymiany ciepła i lepszym mieszanii spalin przy dużych współczynnikach nadmiaru powietrza. Nie jest to źródło energii o zerowej emisji CO₂, ale w odpowiednich ku temu kotłach emisja jest zredukowana, a ilość wcześniej przerobionego przez rośliny CO₂ równoważy ten powstały przy spalaniu. Biomasa jest stosunkowo tanim i dostępnym paliwem [9].

Kotły na biomasę różnią się między sobą rodzajem stosowanego paliwa, temperaturą pracy, sposobem pobierania powietrza do spalania, obecnością i rodzajem podajnika oraz sposobem budowy. Rodzaj kotła i jego moc trzeba dobrać do konkretnych zapotrzebowań tak, aby urządzenie było wydajne, oszczędne i wygodne w obsłudze. Wśród obecnych na rynku kotłów można podzielić je pod względem:

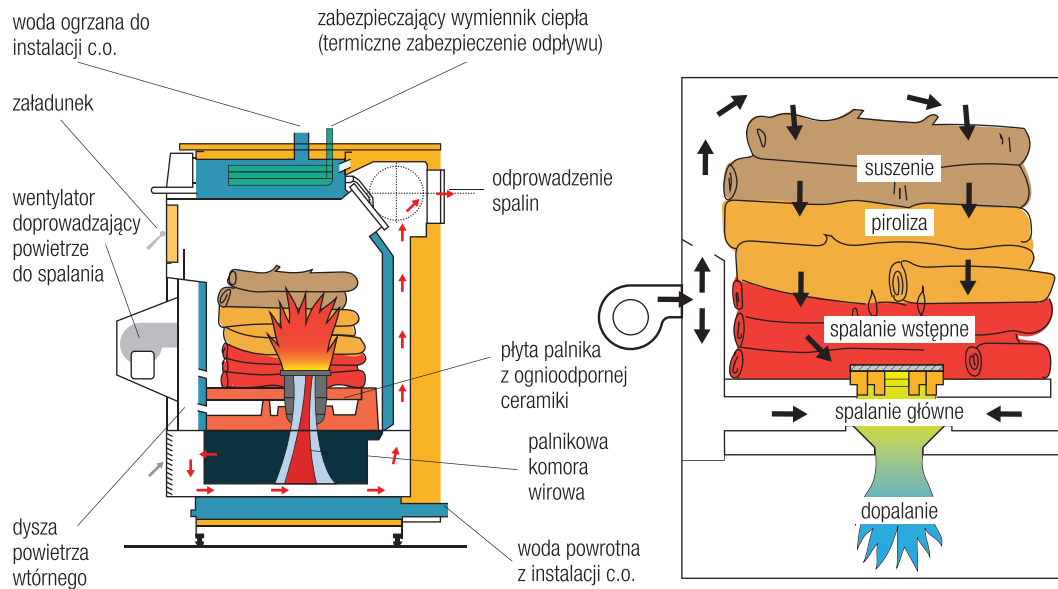
- Rodzaju spalanego paliwa – na rynku są dwa rodzaje kotłów: jednopaliwowe i wielopaliwowe. Jednopaliwowe spalają najczęściej pellet czy słomę, a kotły wielopaliwowe mogą spalać różne paliwa, np. kawałkowane drewno na specjalnym dodatkowym ruszcie. Dzięki takiemu rozwiązaniu są bardziej uniwersalne, ale droższe.
- Sposobem regulacji procesu spalania i podawania paliwa. Niektóre kotły są wyposażone w zasobnik i podajnik paliwa, których praca jest sterowana elektronicznie: tempo podawania paliwa, informacje o zapotrzebowaniu na paliwo i powietrze, temperaturze spalania i wody w obiegu.
- Rodzajem zasobnika paliwa – zasobnik paliwa poprawia komfort użytkownika kotła i automatyzuje jego pracę – zwykle wystarcza jedno zasypanie zasobnika na kilka dni (zasobniki specjalne zgromadzą paliwo nawet na kilka miesięcy).
- Podajnikiem – większość kotłów jest już wyposażona w podajniki. Występują podajniki ślimakowe, tłokowe i szufladowe (rysunek 11.12).



Rysunek 11.12. Układ z kotłem na biomasę

Kotły dzieli się również ze względu na sposób spalania:

- Kotły z górnym spalaniem,
- Kotły z dolnym spalaniem,
- Kotły górno-dolne,
- Kotły zagazowujące drewno (rys. 11.13).



Rysunek 11.13. Schemat spalania w kotłach zagazowujących drewno

Kotły na biomasę nawet najbardziej ekologiczne powodują emisję pyłów, zwłaszcza gdy są przewymiarowane (ich moc grzewcza jest większa niż wymagana). Aby zminimalizować możliwość wystąpienia emisji należy zachować odpowiednią kolejność prac termomodernizacyjnych – najpierw ocieplenie, potem wymiana źródła dostosowanego do nowych potrzeb, lub wykonywać działania kompleksowe.

Koszty kompletnej instalacji kotła na biomasę (kocioł, komin i zasobnik ciepłej wody użytkowej oraz niezbędna armatura zabezpieczająca i sterująca) są zwykle dwukrotnie wyższe niż kotłów węglowych, przy tych samych kosztach rocznych ogrzewania.

11.6. Możliwości sfinansowania lub wsparcia wykorzystania OZE w budynkach jednorodzinnych – program Prosument, programy WFOŚiGW

W krajach Unii Europejskiej odnawialne źródła energii są wykorzystywane znacznie częściej niż u nas, szczególnie na rynku indywidualnym. Krajowa Agencja Poszanowania Energii na rok 2015 podaje dane dotyczące stosowania OZE w Polsce, według których obecnie w naszym kraju jest na przykład około 1,55 mln m² kolektorów słonecznych, czy 12 000 kotłów na biomasę. Te wartości nie są zadowalające, zwłaszcza w kontekście konieczności uzyskania przez Polskę 15% energii ze źródeł odnawialnych. Bez zakrojonych na szeroką skalę oraz skierowanych do jak największej grupy odbiorców programów wsparcia oraz jak najszerzej kampanii informacyjnej, zwiększenie ilości energii produkowanej z OZE nie będzie wystarczające.

Na szczeblu krajowym koordynatorem projektów dotujących OZE jest Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) wraz ze swoimi oddziałami wojewódzkimi. W puli pieniędzy przeznaczonych na rozwój zielonej energii są środki pochodzące ze źródeł:

- krajowych,
- unijnych,
- norweskich i EOG (Europejski Obszar Gospodarczy, który obejmuje Norwegię, Liechtenstein i Islandię),
- systemu zielonych inwestycji GIS (na podstawie protokołu z Kioto).

Programem skierowanym do osób fizycznych jest program Prosument – obecnie wygaszany i przenoszony na szczebel lokalny. Miał on na celu ograniczanie emisji CO₂ z wykorzystaniem OZE. Warunkiem skorzystania z programu było zaciągnięcie kredytu na ten cel (nie środki własne).

Na terenach poszczególnych gmin działają lokalne programy wsparcia (Regionalne Programy Operacyjne). Są one zwykle skierowane do osób prywatnych zamieszkujących dany teren oraz dotyczą źródeł OZE, które na danym obszarze są najbardziej opłacalne. Programy te są najczęściej krótkotrwałe i starając się o dotacje należy śledzić lokalne informacje. Na przykład na wiosnę tego roku trwały w województwie mazowieckim naboru wniosków o dotacje na montaż instalacji odnawialnych źródeł energii w budynkach mieszkalnych (ogniwa fotowoltaiczne, pompy ciepła, kotły na biomasę oraz konfiguracje). W ramach projektu można było uzyskać dotację nawet do 100% związanych z wymianą źródła ciepła lub montażem instalacji fotowoltaicznej.

Literatura:

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/29/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. zmieniająca dyrektywę 2003/87/WE w celu usprawnienia i rozszerzenia wspólnotowego systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych.
- [2] Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2009/406/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie wysiłków podjętych przez państwa członkowskie, zmierzających do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w celu realizacji do roku 2020 zobowiązań Wspólnoty dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych.
- [3] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/31/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie geologicznego składowania dwutlenku węgla oraz zmieniająca dyrektywę Rady 85/337/EWG, Euratom, dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/60/WE, 2001/80/WE, 2004/35/WE, 2006/12/WE 2008/1/WE i rozporządzenie (WE) nr 1013/2006.
- [4] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE.
- [5] Oszczak W., Kolektory słoneczne i ogniwa fotowoltaiczne w Twoim domu. Wydawnictwo WKŁ, 2012.
- [6] Jastrzębska G., Ogniwa słoneczne. Budowa technologia zastosowanie. Wydawnictwo WKŁ, 2013.
- [7] Dz. U. Nr 267 pozycja 2656. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 9 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii.
- [8] Wolańczyk F., Elektrownie wiatrowe. Wydawnictwo i Handel Książkami „KaBe”, Krosno 2013.
- [9] Lewandowski W., Proekologiczne odnawialne źródła energii. Wydawnictwo Naukowe Techniczne, 2012.
- [10] Skrobecki A. (red.). Produkcja biomasy-wybrane problemy Wydawnictwo Wieś Jutra 2009.
- [11] Rynek małych elektrowni wiatrowych w Polsce i w województwie śląskim, Park Naukowo-Technologiczny Euro-Centrum, Katowice 2014.



PRAWIDŁOWO WYKONANE AUDYTY ENERGETYCZNE

dr inż. Szymon Firląg

Termomodernizacja budynków jednorodzinnych powinna mieć charakter możliwie kompleksowy i być wykonana nawet kosztem pozyskania droższych niż nasze własne dodatkowych pieniędzy, np. w postaci kredytu. Możliwy do uzyskania efekt wynikający z kompleksowej realizacji modernizacji może okazać się na tyle duży, że będzie opłacało się ponosić przez jakiś okres koszty spłaty odsetek.

W sposób wyraźny daje wyraz tym zależnościom i prawidłowościom Ustawa o wspieraniu termomodernizacji i remontów, pozwalająca na uzyskanie dofinansowania modernizacji budynku ze środków budżetu państwa w postaci premii termomodernizacyjnej wynoszącej maksymalnie 20% wielkości zaciągniętego na modernizację kredytu. Aby dofinansowanie takie uzyskać wymagane jednak jest uprzednie wykonanie audytu energetycznego (analizy techniczno ekonomicznej) według określonego odpowiednimi rozporządzeniami standardu. Standard ten narzuca wymóg właśnie takiego kompleksowego podejścia do zagadnienia termomodernizacji i dodatkowo zawiera również, jakkolwiek uproszczony, sposób identyfikacji optymalnego sposobu termomodernizacji całego budynku w kilku wariantach, pozwalających właścicielowi lub zarządcy budynku w sposób świadomy podjąć decyzję o ostatecznym zakresie modernizacji. Wykonanie takiej analizy jest szczególnie ważne w przypadku dużych budynków wielorodzinnych, gdzie koszt modernizacji to często setki tysięcy złotych i wykonanie modernizacji w nieprawidłowy sposób spowodować mogłoby poważne, niekorzystne skutki finansowe. W budynkach takich stosuje się zazwyczaj dosyć standardowe rozwiązania, bez możliwości uwzględnienia gustów i upodobań poszczególnych mieszkańców.

W budynkach jednorodzinnych sprawy wyglądają zupełnie inaczej. Często konieczność zmniejszenia kosztów nie jest jedynym kryterium podjęcia decyzji o modernizacji. Ważne są również takie elementy, jak podniesienie standardu zamieszkania i walorów użytkowych domów, konieczność dokonania ogólnego remontu budynków, czasem jest to również traktowane jako inwestycja we wzrost wartości rynkowej nieruchomości, czy wręcz nawet

sposób na danie wyrazu statusowi społecznemu i majątkowemu właścicieli. Dopiero gdzieś między tymi elementami przekrada się energooszczędność i zmniejszenie kosztów eksploatacji. Przed podjęciem decyzji o modernizacji należy zatem odpowiedzieć sobie na pytanie, który z wymienionych czynników jest dla nas priorytetowy. Od tego zależy bowiem, jakie kryteria będą dla nas decydujące przy podejmowaniu decyzji o modernizacji budynków. Jeśli zatem zmniejszenie kosztów jest dla nas podstawowym celem, to będziemy poszukiwać rozwiązań racjonalnych o możliwie niskich kosztach, przynoszących jak największe efekty w postaci oszczędności. Często jednak rozwiązania te nie muszą odpowiadać naszym gustom i upodobaniom. Zaczynamy zatem poszukiwać kompromisu, pozwalającego na pogodzenie kilku ważnych dla nas elementów. Nie sposób wskazać rozwiązania najlepsze, uniwersalne i jedynie słuszne.

Nie sposób również przy tego typu rozważaniach pominąć zagadnienia świadomości, głównie ekologicznej. Zdarzają się inwestorzy, nawet w przypadku budynków jednorodzinnych, dla których nie są istotne koszty. Chcą natomiast mieć nowoczesne, bardzo energooszczędne rozwiązania i urządzenia proekologiczne z możliwością maksymalnego wykorzystania energii odnawialnych, w minimalnym stopniu oddziaływujące na środowisko.

Istnieje zatem bardzo wiele możliwości w zakresie modernizacji budynków istniejących, czy też sposobu postępowania w przypadku budynków nowych. W dalszej części rozdziału przedstawione będą jedynie pewne ogólne zasady doboru poszczególnych rozwiązań oraz proste narzędzia, pozwalające na dokonanie uproszczonych analiz o charakterze technicznym i ekonomicznym, mogące ułatwić podjęcie ostatecznej decyzji, pozostawiając gusta i upodobania do samodzielnego uwzględnienia przez właścicieli.

Podjęcie decyzji o sposobie modernizacji zarówno obudowy budynku, jak i instalacji centralnego ogrzewania dobrze jest poprzedzić wykonaniem choćby uproszczonej analizy ekonomicznej, która pozwoli ocenić opłacalność planowanych działań. Analizę taką, jak już wcześniej wspomniano, można zlecić odpowiednio wykwalifikowanej osobie (ostatnio przyjęło się osobę taką nazywać audytorem energetycznym). Analiza będzie zawierała bardzo wiele szczegółowo opisanych i przeanalizowanych wariantów modernizacji budynku jako całości, począwszy od wariantu obejmującego jedynie modernizację instalacji, po warianty obejmujące jedynie docieplania poszczególnych przegród i wymianę okien. Koszt wykonania takiej analizy dla domku jednorodzinnego waha się w granicach 500 – 1 000 zł (dla audytów wykonywanych w ramach ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych zgodnie z Rozporządzeniem [1]). Można również spróbować wstępnie oszacować, oczywiście w sposób przybliżony, efekty i koszty we własnym zakresie.

12.1. Analiza efektywności ekonomicznej przedsięwzięć termomodernizacyjnych

Oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć termomodernizacyjnych dokonuje się poprzez porównanie kosztów inwestycyjnych dla różnych rozwiązań oraz efektów w postaci oszczędności kosztów wynikających z ich zastosowania. W zależności od tego, jak wysoki priorytet nadajemy oszczędności kosztów i energii, analizę taką traktować będziemy jako podstawę dla podjęcia decyzji o realizacji inwestycji, bądź w przypadku realizacji kompleksowego remontu budynku jako pomocniczą, ułatwiającą nam podjęcie ostatecznej decyzji co do sposobu realizacji niektórych działań i wyborze niektórych rozwiązań [2].

Do oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć termomodernizacyjnych używa się różnego rodzaju wskaźników efektywności ekonomicznej oraz w przypadku inwestycji długoterminowych analizuje się tzw. przepływy finansowe, czyli dokonuje się bilansu efektów i kosztów w dłuższym okresie (najczęściej tzw. „okresie życia inwestycji”, czyli w tym przypadku długości eksploatacji urządzeń).

Najczęściej spotykane wskaźniki to:

- Prosty okres zwrotu,
- Wartość zaktualizowana netto.

Prosty okres zwrotu

Jest to wskaźnik najprostsz i najłatwiejszy do policzenia. Informuje on nas, w jakim okresie użytkowania budynku po dokonaniu modernizacji, odzyskamy z powrotem, w postaci oszczędności kosztów ogrzewania, włożone w realizację inwestycji środki finansowe. Oblicza się go zatem w sposób następujący:

$$\text{Prosty okres zwrotu} = \frac{\text{Koszt modernizacji}}{\text{Roczne oszczędności kosztów energii}}$$

Praktycznie we wszystkich publikacjach na oznaczenie prostego okresu zwrotu używa się oznaczenia SPBT od angielskiego Simple Pay Back Time.

Używać zatem będziemy w dalszej części poniższego wzoru.

$$\text{SPBT} = \frac{\text{Koszt modernizacji}}{\text{Roczne oszczędności kosztów energii}}$$

Wskaźnik ten nie uwzględnia zmiany w czasie wartości pieniądza, zmiany kosztów nośników energii ani zmiany wartości oszczędności energii. Uwzględnienie tych czynników jest zadaniem samym w sobie i podejście takie, jako zbyt skomplikowane, nie jest dla naszych analiz niezbędne. Dla uproszczenia można założyć, że inflacja wpływa w takim samym stopniu na wszystkie ceny i zarówno wielkości oszczędności, jak i koszty eksploatacyjne będą, z uwagi na inflację, wzrastały proporcjonalnie. Zatem inflacja nie wpłynie na wielkość prostego okresu zwrotu. O analizie bez uwzględnienia inflacji mówimy, że jest ona dokonywana w cenach stałych lub bieżących i tylko takie podejście będziemy stosować.

Pomimo swojej prostoty, wskaźnik SPBT niesie jednak ze sobą istotne informacje. Jeżeli okaże się, że koszty jakiegoś przedsięwzięcia zwrócą się w ciągu kilku lub kilkunastu miesięcy, to jest to oczywisty znak, że należy takie działania zrealizować lub przynajmniej przyrzeć im się bardziej dokładnie. Po krótkim okresie spłaty inwestycja taka później generuje już tylko same zyski. W przypadku domów jednorodzinnych, przyjęło się uważać, że działania nawet o 10 letnim okresie spłaty są warte realizacji z uwagi na prognozowany wyższy od inflacji realny wzrost kosztów nośników energii i wynikającą z tego możliwość jedynie skrócenia prostego okresu zwrotu.

Wartość zaktualizowana netto

Wskaźnik ten oznacza się przez skrót NPV, od angielskiego Net Present Value.

Planując modernizację budynku stajemy zwykle przed problemem jej sfinansowania. Możemy więc spotkać się z trzema sytuacjami:

- dysponujemy całą potrzebną kwotą na pokrycie kosztów modernizacji (np. oszczędności),
- całą kwotę musimy pokryć z kredytu bankowego,
- dysponujemy tylko częścią kwoty i brakującą część musimy pożyczyć (najczęściej również w postaci kredytu bankowego).

Sytuacje te różnią się „ilościowo”, natomiast „jakościowo” są bardzo podobne. W każdym przypadku bowiem inwestowane przez nas w modernizację pieniądze mniej lub więcej kosztują i koszt ten można uwzględnić w analizie opłacalności termomodernizacji. Bardzo pomocny w takich analizach jest właśnie wskaźnik NPV, który pozwala policzyć bezwzględny efekt (zysk bądź stratę) w bieżących cenach stałych poprzez zdyskontowanie wartości efektów z przyszłych lat do dzisiejszej wartości pieniądza i uwzględnić koszty inwestycyjne oraz koszt przeznaczanych przez nas na modernizację pieniędzy.

12.2. Kolejność i zakres prac modernizacyjnych

Jak już wcześniej wspomniano najkorzystniejsza jest modernizacja budynku, którą realizuje się w sposób kompleksowy. Najczęściej jednak z powodu ograniczonych środków finansowych i z obawy przed zaciąganiem zbyt dużych kredytów stajemy przed koniecznością ograniczenia zakresu modernizacji. Powinniśmy zatem dążyć do określenia optymalnego zakresu modernizacji, który przysporzy największych efektów w postaci zmniejszenia kosztów, przy jednocześnie możliwie niskich nakładach inwestycyjnych. W przypadku dużych obiektów i kosztownych modernizacji używa się skomplikowanych procedur optymalizacyjnych. W przypadku domów jednorodzinnych postępowanie można znacznie uprościć bez ryzyka popełnienia jakichś poważnych błędów.

Procedura wyłonienia optymalnego zakresu modernizacji w budynku jednorodzinym wyglądać będzie w sposób następujący:

- Określenie zakresu technicznego modernizacji budynku (poszczególne przedsięwzięcia, np. wymiana lub remont okien, docieplenie ścian, stropodachu, modernizacja wentylacji, etc),
- Określenie dla poszczególnych przedsięwzięć prostych okresów zwrotu nakładów SPBT,
- Uszeregowanie poszczególnych przedsięwzięć w kolejności od najmniejszego do największego SPBT (nie dotyczy modernizacji systemu c.o., która powinna być zawsze na pierwszym miejscu zestawienia i być uwzględniona we wszystkich wariantach),
- Określenie możliwych wariantów modernizacji instalacji grzewczej,
- Określenie wariantów łącznych obejmujących modernizację przegród budynku, modernizacji wentylacji i systemu grzewczego.
- Określenie kosztów ogrzewania dla poszczególnych wariantów modernizacji,
- Obliczenie potrzebnych wskaźników ekonomicznych (SPBT, NPV),
- Analiza wskaźników ekonomicznych, wybór wariantu (zakresu) modernizacji.

Mnożąc oszczędności energii (do ich uzyskania konieczne jest sporządzenie charakterystyki energetycznej budynku) przez koszt paliwa otrzymamy wielkość oszczędności dla poszczególnych wariantów. Koszty modernizacji najlepiej jest określić na podstawie aktualnych ofert z firm, które poszczególne prace mogą wykonać, obejmujących również koszty robocizny. Powinniśmy opierać się na kilku ofertach, starannie je przeanalizować oraz koniecznie zapytać wykonawców o referencje, czyli jakie roboty wcześniej już firmy te wykonały i sprawdzić ich wiarygodność. Koszty można również orientacyjnie określić na podstawie danych zawartych w niniejszej książce. W tabeli 12.1 przedstawiono przykładowe zestawienie optymalnych usprawnień w kolejności rosnącej wartości SPBT. Zestawienie to nie obejmuje modernizacji systemu centralnego ogrzewania (z wymianą źródła). Modernizacja ta powinna być elementem każdej modernizacji budynku, niezależnie od wartości SPBT.

Tabela 12.1. Zestawienie optymalnych usprawnień i przedsięwzięć w kolejności rosnącej wartości SPBT

Lp.	Rodzaj i zakres usprawnienia termomodernizacyjnego	Planowane koszty robót, zł	SPBT lata
1	Ocieplenie stropu nad piwnicą	5 790	22.8
2	Modernizacja instalacji c.w.u.	3 800	26.6
3	Ocieplenie stropodachu	8 143	28.4
4	Modernizacja systemu wentylacji	20 000	28.6
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych	23 485	35.9

Na podstawie zestawienia optymalnych przedsięwzięć modernizacyjnych i z uwzględnieniem modernizacji instalacji c.o. (znajduje się na pierwszej pozycji) sporządzono listę wariantów łącznych (tabela 12.2). Najbardziej kompleksowy jest wariant 1 obejmujący wszystkie 6 usprawnień. Wariant 6 obejmuje jedynie modernizację instalacji c.o.

Tabela 12.2. Lista wariantów termomodernizacji budynku

Lp.	Ulepszenie termomodernizacyjne	Nr wariantu					
		1	2	3	4	5	6
1	Modernizacja instalacji c.o.	X	X	X	X	X	X
2	Ocieplenie stropu nad piwnicą	X	X	X	X	X	
3	Modernizacja instalacji c.w.u.	X	X	X	X		
4	Ocieplenie stropodachu	X	X	X			
5	Modernizacja systemu wentylacji	X	X				
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych	X					

Dla każdego z wariantów określono planowane koszty całkowite inwestycji i roczną oszczędność kosztów energii. Dodatkowo podano procentową oszczędność energii i wartość SPBT. Najbardziej kompleksowy wariant 1, charakteryzuje się największymi oszczędnościami, ale i najdłuższym SPBT. Określone wartości mogą ulec zmianie w przypadku uzyskania wsparcia finansowego inwestycji. Analiza podanych w tabeli 12.3 wskaźników ekonomicznych może pomóc inwestorowi w wyborze optymalnego wariantu termomodernizacji budynku.

Tabela 12.3. Zestawienie efektów energetycznych i ekonomicznych dla poszczególnych wariantów

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite, zł	Roczna oszczędność kosztów energii, zł	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię, %	SPBT, lat
1	Wymiana instalacji c.o.	75 168	3 266	77,4	23,0
	Ocieplenie stropu nad piwnicą				
	Modernizacja instalacji c.w.u.				
	Ocieplenie stropodachu				
	Modernizacja systemu wentylacji				
	Ocieplenie ścian zewnętrznych				
2	Wymiana instalacji c.o.	51 683	2 605	61,7	19,8
	Ocieplenie stropu nad piwnicą				
	Modernizacja instalacji c.w.u.				
	Ocieplenie stropodachu				
	Modernizacja systemu wentylacji				
3	Wymiana instalacji c.o.	31 683	1 907	45,1	16,6
	Ocieplenie stropu nad piwnicą				
	Modernizacja instalacji c.w.u.				
	Ocieplenie stropodachu				
4	Wymiana instalacji c.o.	23 540	1 613	38,1	14,6
	Ocieplenie stropu nad piwnicą				
	Modernizacja instalacji c.w.u.				
5	Wymiana instalacji c.o.	19 740	1 470	34,9	13,4
	Ocieplenie stropu nad piwnicą				
6	Wymiana instalacji c.o.	13 950	1 249	29,7	11,2

12.3. Uprozczone systemy eksperckie

Sporządzenie audytu energetycznego wymaga w większości przypadków zatrudnienia audytora energetycznego. Wykonuje on niezbędne analizy i obliczenia w oparciu o wiedzę fachową i zgodnie z obowiązującymi przepisami. Właściciel domu jednorodzinnego może spróbować samemu określić zakres prac modernizacyjnych oraz spodziewane efekty. W dalszej części rozdziału zaprezentowano prosty system ekspercki, który na to pozwala. Nie określa on wskaźników

ekonomicznych dla poszczególnych usprawnień, pozwala jednak na tworzenie indywidualnych wariantów i ocenę ich efektów energetycznych. Do opracowania systemu ekspertowego [3, 4, 5] przyjęto następujące założenia:

- bilans energetyczny istniejących budynków jednorodzinnych jest zbliżony,
- proste określenie możliwej klasy termomodernizacji, nawet przez osoby nieposiadające specjalistycznej wiedzy technicznej – odejmują punkty za poszczególne usprawnienia, uatrakcyjnia system,
- możliwości wyboru usprawnień i tworzenia z nich indywidualnego zakresu modernizacji, co jest istotne z punktu widzenia właściciela budynku,
- możliwe jest przyporządkowanie każdemu usprawnieniu liczby odejmowanych punktów,
- system będzie można poddawać prostej modyfikacji poprzez dodawanie nowych usprawnień, zmienianie ilości przyporządkowanych punktów.

Podstawowe cechy systemu to:

- zaproponowanie usprawnień dotyczących poprawy izolacyjności cieplnej przegród na różnych poziomach, preferowanie bardziej ambitnych rozwiązań,
- uszczegółowienie wymagań dotyczących wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej – dodanie warunku dotyczącego szczelności powietrznej,
- wprowadzenie nowego usprawnienia polegającego na zastosowaniu wentylacji hybrydowej,
- uszczegółowienie wymagań dotyczących instalacji c.o. i c.w.u.

Budynkowi jednorodzinemu przed modernizacją (oznacza budynek, który powstał przed 1991 rokiem i nie dokonywano żadnych prac modernizacyjnych zmniejszających zapotrzebowanie na energię) jest przyporządkowana liczba punktów równa 135¹. Podczas oceny stanu istniejącego budynku możliwe jest odjęcie punktów w przypadku, gdy przegrody lub instalacje spełniają wymagania minimalne, np. w wyniki przeprowadzonych już remontów. W takiej sytuacji wyjściowa liczba punktów dla budynku przed modernizacją może być mniejsza od 135.

O wielkości efektu modernizacji decyduje procentowe zmniejszenie liczby punktów w stosunku do stanu istniejącego. Na potrzeby systemu wprowadzono trzy klasy termomodernizacji:

- A – lekka termomodernizacja,
- B – średnia termomodernizacja,
- C – kompleksowa, głęboka termomodernizacja.

Każdej klasie modernizacji (tabela 12.4) została przyporządkowana wymagana procentowa redukcja liczby punktów.

Tabela 12.4. Wymagana redukcja liczby punktów dla poszczególnych klas termomodernizacji

Klasa	Wymagane procentowe zmniejszenie liczby punktów w stosunku do stanu istniejącego	Przykładowa liczba koniecznych do odjęcia punktów dla budynku niespełniającego żadnych wymagań minimalnych, 135 punktów
A	60%	– 81
B	45%	– 61
C	30%	– 41

Określono minimalne wymagania (tabela 12.5 i 12.6) dla poszczególnych usprawnień. Spełnienie wymagań minimalnych powoduje odjęcie części punktów dla stanu istniejącego budynku. W takim wypadku liczba punktów dla budynku przed modernizacją będzie mniejsza od 135. Mniejsza liczba punktów wyjściowych oznacza mniejszą liczbę punktów koniecznych do odjęcia dla poszczególnych klas termomodernizacji.

¹ Liczba punktów została ustalona na podstawie analizy charakterystyk energetycznych budynków jednorodzinnych.

Tabela 12.5. Wymagania minimalne izolacyjności cieplnej dla przegród wraz z liczbą przyporządkowanych punktów

Przegroda	Minimalne wymagania dotyczące współczynnika przenikania ciepła	Odejmowane punkty	Opis przykładowego rozwiązania
Ściany zewnętrzne	$U \leq 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	- 20	Ściany zaizolowane na całej powierzchni, grubość izolacji $\geq 12 \text{ cm}$
Dach / stropodach nad ogrzewanymi pomieszczeniami	$U \leq 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	- 8	Dach / stropodach zaizolowany na całej powierzchni, grubość izolacji $\geq 15 \text{ cm}$
Podłoga na gruncie / strop nad nieogrzewaną piwnicą	$U \leq 0,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	- 4	Podłoga na gruncie / strop zaizolowany na całej powierzchni, grubość izolacji $\geq 5 \text{ cm}$
Okna	$U \leq 1,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	- 6	Okna z tworzyw sztucznych lub drewniane z szybą podwójną zespoloną
Drzwi zewnętrzne, bramy garażowe	$U \leq 1,70 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	- 1	Grubość skrzydła $\geq 50 \text{ mm}$, wypełnione materiałem izolacyjnym, szklone szybą podwójną zespoloną, bramy garażowe izolowane, grubość izolacji $\geq 40 \text{ mm}$

Tabela 12.6. Wymagania minimalne dla instalacji wraz z liczbą przyporządkowanych punktów

Instalacja	Wymagania – opis	Odejmowane punkty
Sprawnie działająca wentylacja naturalna	<ul style="list-style-type: none"> w oknach znajdują się nawiewniki okienne, w pomieszczeniach, z których należy usuwać powietrze, np. kuchnie, łazienki, WC, pomieszczenia techniczne i bezokienne, znajdują się drożne kanały wywiewne, odpowiednia wielkość szczelin pod drzwiami, min 1 cm i krtek wyrównawczych, min. 200 cm² w drzwiach do łazienek i WC. 	0
Zmodernizowana instalacja c.o.	<ul style="list-style-type: none"> izolacja odkrytych przewodów c.o. w pomieszczeniach nieogrzewanych min. 20 mm, np. zaizolowane przewody w piwnicy, zawory wraz z głowicami termostatycznymi przy wszystkich grzejnikach (o ile dopuszczają to możliwości techniczne), brak problemów z krążeniem wody w instalacji – ciepło dociera do wszystkich grzejników, brak przegrzewania lub niedogrzenia pomieszczeń, brak problemów z zapowietrzaniem instalacji. 	- 5
Wymienione źródło ciepła	<ul style="list-style-type: none"> źródło ciepła młodsze niż 10 lat, w przypadku kotłów węglowych i na biomasę co najmniej klasa 3, zgodnie z certyfikatem zgodności z normą PN-EN 303-5 źródło wyposażone w automatyczny układ regulacji, np. termostat pokojowy 	- 8
Zmodernizowana instalacja c.w.u.	<ul style="list-style-type: none"> izolacja odkrytych przewodów c.w.u. w pomieszczeniach nieogrzewanych min 20 mm, np. zaizolowane przewody w piwnicy, izolacja odkrytych przewodów c.w.u. w pomieszczeniach ogrzewanym min 20 mm (o ile dopuszczają to możliwości techniczne), zaizolowany podgrzewacz c.w.u. min. 50 mm (o ile istnieje). 	- 4

Jeżeli któraś z instalacji nie spełnia wymagań minimalnych to jej modernizacja musi być koniecznie wykonana w ramach termomodernizacji budynku, np. źródło i instalacja c.o. nie zostały zmodernizowane lub wentylacja nie działa prawidłowo. Doprowadzenie instalacji do stanu spełniającego wymagania minimalne daje nieduże oszczędności. Z tego punktu widzenia bardziej opłacalne może okazać się zmodernizowanie instalacji do wyższego standardu. Przykładowo w budynku zostały wymienione, okna ale nie ma nawiewników, trzeba je zamontować w celu spełnienia wymagań minimalnych. Jeśli inwestor zdecyduje się na zamontowanie nawiewników i wykonanie nasad wywiewnych, wspomaganych o regulowanej wydajności, to uzyska system wentylacji hybrydowej, który daje większy komfort i oszczędności energii.

W tabeli 12.7 podano zaproponowaną liczbę punktów możliwych do uzyskania dla poszczególnych usprawnień polepszających izolacyjność cieplną przegród.

Tabela 12.7. Wymagania izolacyjności cieplnej dla przegród wraz z liczbą przyporządkowanych punktów

Usprawnienie	Współczynnika przenikania ciepła	Punkty	Opis przykładowego rozwiązania (*)
Ocieplenie ścian zewnętrznych	$U \leq 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	- 23	Ściany zaizolowane na całej powierzchni, grubość standardowego materiału izolacyjnego około 16 cm
	$U \leq 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	- 25	grubość standardowego materiału izolacyjnego około 22 cm
Ocieplenie dachu / stropodachu nad ogrzewanymi pomieszczeniami	$U \leq 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	- 12	Dach / stropodach zaizolowany na całej powierzchni, grubość standardowego materiału izolacyjnego około 28 cm
	$U \leq 0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	- 13	grubość standardowego materiału izolacyjnego około 44 cm
Ocieplenie podłogi na gruncie / stropu nad nieogrzewaną piwnicą	$U \leq 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	- 6	Podłoga na gruncie / strop zaizolowany na całej powierzchni, grubość standardowego materiału izolacyjnego około 12 cm
	$U \leq 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	- 7	grubość standardowego materiału izolacyjnego około 16 cm
Wymiana okien	$U \leq 0,90 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	- 10	Okna z tworzyw sztucznych lub drewniane, ramy z wkładką izolacyjną, szyba potrójna zespolona, ciepłe ramki dystansowe
	$U \leq 0,75 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	- 11	Okna z tworzyw sztucznych lub drewniane, ramy o specjalnej konstrukcji z warstwą izolacji, szyba potrójna zespolona, ciepłe ramki dystansowe, duży udział szyby w oknie
Wymiana drzwi zewnętrznych, bramy garażowej	$U \leq 1,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	- 1	Grubość skrzydła około 80 mm wypełnione materiałem izolacyjnym, szklone szybą potrójną zespoloną, bramy garażowe izolowane, grubość izolacji około 60 mm

(*) Uwaga: Podane grubości ocieplenia zostały policzone dla materiałów izolacyjnych o standardowych właściwościach. Oznacza to, że dla ścian zewnętrznych, podłogi na gruncie / stropu nad nieogrzewaną piwnicą przyjęto materiał o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda=0,040 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, a dla dachu / stropodachu nad ogrzewanymi pomieszczeniami materiał o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda=0,045 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Zastosowanie lepszych materiałów będzie skutkowało obniżeniem grubości wymaganej izolacji. Przykładowo osiągnięcie współczynnika $U \leq 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ dla ścian zewnętrznych będzie możliwe dla grubości izolacji około 12 cm jeżeli zastosujemy materiał o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda=0,030 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Poniżej (tabela 12.8) podano liczbę punktów możliwych do uzyskania dla poszczególnych usprawnień podwyższających efektywności instalacji.

Tabela 12.8. Wymagania dla instalacji, źródeł ciepła i OZE

Usprawnienie	Wymagania	Punkty	Opis przykładowego rozwiązania
Instalacja wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła	<ul style="list-style-type: none"> – sprawność odzysku ciepła: $\eta \geq 85\%$ – współczynnik nakładu energii elektrycznej: $\leq 0,50 \text{ Wh/m}^3$ – szczelność powietrzna $n_{50} \leq 2,0 \text{ h}^{-1}$ 	- 14	Wykonanie w budynku kanałów nawiewnych i wywiewnych, montaż rekuperatora, likwidacja wentylacji naturalnej (kanałów wywiewnych, nawiewników), uszczelnienie przegród zewnętrznych i ich połączeń, sprawdzenie wielkości szczelin i kraterów w drzwiach wewnętrznych
Wentylacja hybrydowa	<ul style="list-style-type: none"> – automatyczna regulacja wydajności wentylacji na podstawie pomiaru wilgotności względnej, stężenia CO_2 lub inne, – współczynnik nakładu energii elektrycznej: $\leq 0,06 \text{ Wh/m}^3$ 	- 4	Montaż nawiewników okiennych, sprawdzenie drożności istniejących kanałów wywiewnych, montaż hybrydowych nasad kominowych wraz z układem regulacji wydajności, sprawdzenie wielkości szczelin i kraterów w drzwiach wewnętrznych
Modernizacja instalacji c.o. lub jej wymiana	<ul style="list-style-type: none"> – izolacja termiczna rurociągów i armatury spełnia wymagania Warunków Technicznych, – zawory wraz z głowicami termostatycznymi, – wyrównanie hydrauliczne 	- 6	Ocena stanu istniejącej instalacji, następnie jej wymiana np. na ogrzewanie podłogowe w przypadku pompy ciepła lub modernizacja obejmująca: hermetyzację i płukanie instalacji, płukanie lub wymianę grzejników, zaizolowanie przewodów i armatury, montaż zaworów z głowicami termostatycznymi, odpowietrzników, regulację instalacji
Wymiana źródła ciepła	<ul style="list-style-type: none"> – kotły kondensacyjne sprawność nominalna: $\eta \geq 102\%$ – węzeł cieplny sprawność nominalna: $\eta \geq 98\%$ – kotły dedykowane do spalania biomasy, sprawność nominalna: $\eta \geq 85\%$, klasa 5, zgodnie z certyfikatem zgodności z normą PN-EN 303-5 – pompy ciepła typu powietrze/woda dla potrzeb c.o. i c.w.u., zasilane energią elektryczną: $\text{SCOP} \geq 3,3$, – pozostałe pompy ciepła dla potrzeb c.o. i c.w.u., zasilane energią elektryczną: $\text{SCOP} \geq 3,8$, – pompy ciepła zasilane gazem: $\text{SCOP} \geq 1,25$ 	- 14	Usunięcie starego i zamontowanie nowego źródła o mocy dostosowanej do potrzeb budynku, wykonanie układu automatycznej regulacji, np. termostat pokojowy, przebudowa komina, przyłączy, wykonanie dodatkowych instalacji np. gazowej, dostosowanie parametrów pracy źródła do potrzeb instalacji c.o.
Zmodernizowana instalacja c.w.u. lub jej wymiana	<ul style="list-style-type: none"> – izolacja termiczna rurociągów i armatury spełnia wymagania Warunków Technicznych, – zaizolowany podgrzewacz c.w.u., – ograniczniki wypływu (perlatory) na wszystkich bateriach czterpalnych $\leq 8 \text{ l/min}$, 	- 5	Ocena stanu istniejącej instalacji, następnie jej wymiana np. w przypadku żardzewiałych rur stalowych lub modernizacja obejmująca: zaizolowanie przewodów i armatury w pomieszczeniach nieogrzewanych i ogrzewanych, zaizolowanie lub wymianę podgrzewacza c.w.u., usunięcie pompy cyrkulacyjnej lub zastosowanie pompy sterowanej czasowo, montaż perlatorów i wodooszczędnych słuchawek prysznicowych
Montaż kolektorów słonecznych	<ul style="list-style-type: none"> – kolektory słoneczne do podgrzewu c.w.u. 	- 8	Zamontowanie na południowej pości dachowej około dwóch kolektorów słonecznych wraz z wykonaniem instalacji oraz montażem nowego podgrzewacza solarnego

Zaletą systemu eksperckiego jest to, że może być bardzo łatwo modyfikowany, np. liczba odejmowanych punktów może zmieniać się w zależności od regionu i odpowiadać lokalnym problemom, takim jak niska emisja.

12.4. System ekspercki – przykład oceny

Poniżej przedstawiono przykład oceny wykonanej dla domu jednorodzinnego o następujących cechach:

- powierzchnia ogrzewana 115 m²,
- kubatura ogrzewana 326 m³,
- liczba mieszkańców 3,
- współczynnik przenikania ciepła ścian zewnętrznych $U = 0,56 \text{ W/m}^2\text{K}$, powierzchnia 175 m²,
- współczynnik przenikania ciepła stropodachu $U = 0,59 \text{ W/m}^2\text{K}$, powierzchnia 65 m²,
- współczynnik przenikania ciepła stropu nad nieogrzewaną piwnicą $U = 1,09 \text{ W/m}^2\text{K}$, powierzchnia 65 m²,
- współczynnik przenikania ciepła okien $U = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, powierzchnia 18 m²,
- współczynnik przenikania ciepła drzwi $U = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, powierzchnia 2 m²,
- wentylacja naturalna działająca prawidłowo,
- źródło ciepła – stary kocioł węglowy, sprawność 0,70,
- instalacja c.o. i c.w.u. wymaga modernizacji.

W tabelach 12.9, 12.10 i 12.11 przedstawiono sposób oceny w systemie eksperckim oraz propozycję usprawnień dla poszczególnych klas termomodernizacji.

Tabela 12.9. Określenie liczby punktów dla stanu istniejącego

Przegroda/instalacja	Liczba odejtych punktów
START	135 punktów
Ściany zewnętrzne	0
Stropodach	0
Strop nad piwnicą nieogrzewaną	0
Okna	-6
Drzwi zewnętrzne	0
Wentylacja	0
Instalacja c.o.	0
Instalacja c.w.u.	0
Źródło ciepła	0
Kolektory słoneczne	0
Łącznie	129 punktów

Tabela 12.10. Wymagana liczba odejtych punktów dla poszczególnych klas

Liczba punktów w stanie istniejącym	Minimalna liczba odejtych punktów dla klasy A	Minimalna liczba odejtych punktów dla klasy B	Minimalna liczba odejtych punktów dla klasy C
129	-77	-58	-39

Tabela 12.11. Wykaz proponowanych usprawnień dla poszczególnych klas

Przegroda/instalacja	Liczba odejtych punktów dla klasy A	Liczba odejtych punktów dla klasy B	Liczba odejtych punktów dla klasy C
Ściany zewnętrzne	-23 (0,20 W/m ² K)	-23 (0,20 W/m ² K)	
Stropodach	-12 (0,15 W/m ² K)	-12 (0,15 W/m ² K)	-12 (0,15 W/m ² K)
Strop nad piwnicą nieogrzewaną	-6 (0,30 W/m ² K)		
Drzwi zewnętrzne			
Wentylacja	-14 (rekuperacja)	-4 (hybrydowa)	-4 (hybrydowa)
Instalacja c.o.	-6	-6	-6
Instalacja c.w.u.	-5	-5	-5
Źródło ciepła	-14	-14	-14
Kolektory słoneczne			
Łącznie	-80 punktów	-64 punktów	-41 punktów

Wyniki analizy pokazują, że możliwe jest bardzo szybkie i proste określenie klasy termomodernizacji dla proponowanych usprawnień. Wykorzystanie punktów powoduje, że ocena może być wykonana nawet przez osobę bez wiedzy technicznej. Prawdliwość wykonanej oceny stanu istniejącego oraz zakres proponowanych usprawnień może być zweryfikowany przez niezależnego eksperta. Sprawdza on, czy w procesie oceny nie popełniono błędów oraz czy istnieje techniczna możliwość realizacji proponowanej modernizacji.

Literatura:

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, Dz.U. 2009, nr 43, poz. 346.
- [2] Koc D. (red.), Poradnik dla inwestora indywidualnego w zakresie energooszczędnego ogrzewania budynków jednorodzinnych, Krajowa Agencja Poszanowania Energii, Warszawa, 2001.
- [3] Wymagania techniczne i możliwości wsparcia dla termomodernizowanych budynków, BPIE, 2016.
- [4] Firląg S., Jak walczyć ze smogiem? Propozycja wymagań technicznych dla budynków jednorodzinnych poddawanych termomodernizacji, w: Izolacje, vol. 22, nr 2, 2017, ss. 25–29.
- [5] Węglarz A., Dom energooszczędny. Cz.8. Termomodernizacja domów jednorodzinnych, w: Budujemy Dom, nr 5, 2018, ss. 74–84.



WYBÓR FIRM WYKONUJĄCYCH TERMOMODERNIZACJE

dr inż. Arkadiusz Węglarz

13.1. Jak znaleźć rzetelnego i sprawdzonego wykonawcę?

Wykonanie całości robót termomodernizacyjnych najlepiej jest powierzyć fachowcom z doświadczeniem. Poszukiwania wykonawcy termomodernizacji domu jednorodzinnego należy rozpocząć zasięgając informacji w najbliższej okolicy wśród znajomych i sąsiadów, którzy wykonali już termomodernizację swojego domu. Trudno znaleźć lepsze referencje niż te od zadowolonych klientów, którym możemy zaufać. Jeśli nie znajdziemy takich przykładów wśród osób z najbliższej okolicy, to może skorzystać z ofert internetowych zamieszczonych na profesjonalnych portalach. Na przykład takim portalem jest AtlasFachowca.pl. przeznaczony zarówno dla specjalistów z branży budowlanej, jak i inwestorów szukających odpowiedniego wykonawcy lub profesjonalnej porady. O pomoc w wyborze firmy można zwrócić się do doradcy technicznego producenta wybranego przez nas systemu ocieplenia lub producenta innych urządzeń i materiałów używanych w termomodernizacji np. systemów grzewczych. Wyboru wykonawcy można też dokonać na podstawie informacji o przyznanej certyfikacie, potwierdzającym posiadaną wiedzę i doświadczenie w zakresie stosowania produktów i technologii.

Wybierając wykonawcę należy:

- Sprawdzić, czy potencjalny wykonawca posiada pisemne referencje i protokoły odbioru wcześniej wykonanych prac.
- Zatrudnić kierownika budowy o dużym doświadczeniu w zakresie nadzorowania prac termomodernizacyjnych, nawet jeśli prawo tego nie wymaga.
- Sprawdzić, najlepiej w towarzystwie przyszłego kierownika budowy, trwałość i jakość wcześniejszych prac wykonywanych przez wykonawcę.
- Zasięgnąć opinii wcześniejszych zleceniodawców na temat kultury pracy wykonawcy, jego terminowości, sposobu i rzetelności rozliczeń finansowych.
- Sprawdzić, czy wykonawca prowadzi działalność legalnie.

13.2. Przykładowe pytania do wykonawców

Zanim rozpoczniemy rozmowę z wykonawcą warto samemu zapoznać się z technologiami termomodernizacyjnymi szczególnie w zakresie wykonywania ocieplenia przegród zewnętrznych domu. Większość niezbędnych informacji znajduje się w niniejszej publikacji, a dodatkowe szczegółowe informacje można znaleźć na stronach internetowych popularnych miesięczników zajmujących się tematyką budowy i remontów domów jednorodzinnych. Przykładowo mogą to być miesięczniki: „Murator”, „Ładny dom”, „Budujemy Dom”.

Podczas pierwszego spotkania z wykonawcą należy poruszyć takie zagadnienia, jak:

- szacowany czas, w jakim wykonawcy zobowiązuje się do wykonania zlecenia oraz data rozpoczęcia termomodernizacji,
- możliwość zobaczenia wykonywanych wcześniej zleceń,
- referencje od klientów, które potwierdzą dobrą opinię,
- szacowane koszty materiałów,
- koszt wykonania zlecenia.

W kolejnej fazie pierwszego spotkania z wykonawcą powinno się przeprowadzić luźną rozmowę, która pozwoli inwestorowi zorientować się o poziomie wiedzy wykonawcy.

Oto przykładowe pytania, jakie można zadać wykonawcom termomodernizacji:

- Czy można używać materiałów z różnych systemów ociepleń?
- Jak zapewnić przyczepność kleju do podłoża?
- Jak zniwelować wpływ pierwotnych nierówności i odchyłek podłoża?
- Jak i czym kleić?
- Jakich kołków kotwiących użyć i jak głęboko je osadzić?
- Czy można zrezygnować przy ociepleniu systemem BSO z listwy startowej?
- Czy zna najnowsze rodzaje tynków?
- Jaki tynk by zastosował, gdy istnieje ryzyko rozwoju glonów i mchu na elewacji?
- Jaką folię (membranę) by zastosował od strony zewnętrznej ocieplenia wełną mineralną dachu skośnego?
- Jaką folię (membranę) by zastosował od strony zewnętrznej przy ociepleniu wełną mineralną ściany w metodzie lekkiej suchej?
- Czy wie, co to jest termowizja i czy zgodzi się na ocenę jakości prac przy użyciu tej metody?

W przypadku instalatorów należy zadać następujące pytania:

- Czy zaleciłby wymianę kotła przed ociepleniem ścian zewnętrznych budynku?
- Kiedy należy wymienić źródło ciepła?
- Czy potrafi wykorzystać urządzenia OZE do modernizacji systemu grzewczego?
- Czy sprawność systemu wentylacji z odzyskiem ciepła to to samo, co sprawność rekuperatora?

Nie należy bać się merytorycznej rozmowy z wykonawcą, nawet jeśli ma się przekonanie, że się wypadnie niezbyt dobrze na tle wiedzy wykonawcy. Jednak, dzięki tej części rozmowy, po pierwsze można się zorientować, czy ma się do czynienia ze specjalistą. Po drugie, ów specjalista dowie się, że ma przed sobą inwestora, który mniej więcej orientuje się w temacie i nie da sobie wcisnąć byle czego. Jeśli mimo lektury niniejszej publikacji i przeglądu portali internetowych inwestor stwierdzi, że jego wiedza w tym temacie modernizacji i remontu domu jest pobieżna, to dobrze, aby miał na pierwszej rozmowie ze sobą eksperta, np. przyszłego kierownika budowy lub audytora energetycznego. Lista polecanych audytorów energetycznych znajduje się na stronie Zrzeszenia Audytorów Energetycznych (ZAE): www.zae.org.pl

13.3. Przykładowe wzory umów z firmami wykonawczymi

Istotnym elementem poprawnie zrealizowanej termomodernizacji domu jednorodzinnej jest sformułowanie oraz podpisanie odpowiedniej umowy z firmą budowlaną lub indywidualnym wykonawcą [6]. Zazwyczaj jest to umowa o dzieło. Dokument taki może zawierać ogólne lub szczegółowe zapisy, ale pewne elementy z punktu widzenia prawnego są konieczne.

I tak w umowie o roboty termomodernizacyjne należy koniecznie podać:

- datę i miejsce jej zawarcia,
- imiona i nazwiska (lub nazwę firmy) oraz adresy stron, a także wskazanie podstawy działalności wykonawcy (numer wpisu w ewidencji działalności gospodarczej, itp.),
- zakres powierzonych prac,
- termin ich wykonania (rozpoczęcia i zakończenia),
- wynagrodzenie.

Ponadto w umowie o roboty termomodernizacyjne określić warto:

- jakość materiałów oraz sprecyzować, kto je kupuje i kiedy dostarcza na plac,
- kwestie wyżywienia oraz dojazdu pracowników zamiejscowych,
- wielkość i sposób naliczania kar umownych za opóźnienia lub wyrządzone szkody,
- dokładny zakres termomodernizacji,
- newralgiczne etapy realizacji inwestycji,
- wymagania techniczne,
- procedurę kontrolną dotyczącą oceny jakości.

Termin rozpoczęcia prac i ich zakończenia można określić datami bądź liczbą miesięcy od chwili podpisania umowy.

Wynagrodzenie wykonawcy ustala się na dwa sposoby: ryczałtowo – czyli jako z góry określoną kwotę za całość prac, najlepiej na podstawie kosztorysu – lub kosztorysowo (obmiarowo), czyli zestawiając planowane prace i przewidywane koszty. Wynagrodzenie płacone ryczałtowo oznacza, że ani zleceniodawca ani wykonawca nie będzie mógł podwyższyć jego kwoty. W przypadku wynagrodzenia w oparciu o poprzedzony obmiarem kosztorys powykonawczy ostateczna wysokość wynagrodzenia znana będzie dopiero po zakończeniu robót. Warto jednak określić w umowie górną granicę wynagrodzenia. Korzystnie jest również ustalać płatności etapami i dokonywać ich po realizacji i odbiorze prac poszczególnych etapów przez kierownika budowy.

Umowa z wykonawcą powinna zawierać oświadczenie o udzieleniu gwarancji, gdzie należy określać czas, przez jaki ma ona obowiązywać oraz zakres napraw, jakich dokonać ma wykonawca w razie wystąpienia usterek.

Kolejną ważną rzeczą są kary za niedotrzymanie terminu realizacji umowy lub nieodpowiednią jakość wykonanych prac. Kara może być określona jako konkretna kwota lub pewien procent wynagrodzenia. Zazwyczaj jest to maksymalnie 20% wynagrodzenia netto. Warto zapisać w umowie, że zamawiającemu przysługuje prawo do dochodzenia odszkodowania przewyższającego karę umowną.

Najlepiej zapisać w umowie, że za dostarczenie i zakup materiałów budowlanych odpowiada wykonawca. Aby zapewnić właściwą jakość materiałów należy w umowie zapisać konieczność przekazania przez wykonawców wraz z protokołem odbioru robót takich dokumentów, jak: aprobaty techniczne, faktury zakupowe i dokumenty określające warunki i okres gwarancji.

W umowie warto zapisać, że zamawiający nie zapewnia wyżywienia oraz nie refunduje kosztów dojazdu pracowników zamiejscowych.

W przypadku szczegółowego zakresu termomodernizacji należy podać wszystkie istotne czynności technologiczne. Na przykład dla przedsięwzięcia polegające na ociepleniu ściany zewnętrznej szczegółowy zapis mógłby wyglądać następująco:

Zamawiający zleca, a Wykonawca zobowiązuje się wykonać dzieło polegające na: Ociepleniu wszystkich elewacji domu jednorodzinnego zlokalizowanego przy ulicy Jeziorańskiego 3 w Warszawie, na które składają się następujące czynności:

- Demontaż rur spustowych, rynien, blacharki gzymsowej i parapetów zewnętrznych,

- Ustawienie rusztowań zabezpieczonych siatkami,
- Umycie elewacji i usunięcie farby,
- Uzupelnienie ubytków tynków i zgrubne wyrównanie powierzchni ścian,
- Wykonanie ocieplenia wełną mineralną o grubości 20 cm przy użyciu sytemu firmy:....., przy zachowaniu minimum 48 godzinnych przerw technologicznych pomiędzy poszczególnymi czynnościami z użyciem kleju i tynków,
- Wykonanie tynku mineralnego w kolorze białym,
- Montaż rur spustowych, rynien, blacharki gzymsowej i parapetów zewnętrznych,
- Demontaż rusztowań i uprzątnięcie terenu budowy.

Jako newralgiczne etapy realizacji inwestycji, uznaje się 48 godzinne przerwy technologiczne.

Ocieplona ściana zewnętrzna musi spełniać wymagania techniczne zapisane w załączniku nr 2 do Rozporządzenia Ministra właściwego ds. budownictwa w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

W procedurze kontrolnej zalecany jest zapis, że sprawdzana będzie zgodność wykonanych robót z projektem technicznym, a jakość robot dociepleniowych będzie badana przy pomocy kamery termowizyjnej.

Spisanie umowy z wykonawcą jest bezwzględnie konieczne jeszcze przed rozpoczęciem prac. Jeśli wykonawca nie chce podpisać umowy, to należy z niego zrezygnować.

Poniżej podano przykładowy wzór umowy z wykonawcą termomodernizacji:

Wzór umowy o dzieło

W dniu w pomiędzy zamieszkałym w ul., zwanym w dalszej treści umowy Zamawiającym, a z siedzibą w, ul., zwanym dalej Wykonawcą, reprezentowanym przez została zawarta umowa o następującej treści:

§ 1

Zamawiający zleca, a Wykonawca zobowiązuje się wykonać dzieło polegające na

§ 2

1. Wykonawcy zostaną wydane następujące materiały niezbędne do wykonania dzieła:
2. Wymienione materiały zostaną wydane do dnia
3. Wykonawca po zakończeniu dzieła zobowiązany jest rozliczyć się z otrzymanych materiałów oraz zwrócić te, których nie zużył do wykończenia dzieła, najpóźniej w dniu przyjęcia dzieła przez Zamawiającego.

§ 3

1. Rozpoczęcie wykonania dzieła nastąpi dnia, natomiast ukończenie dzieła nastąpi dnia
2. Odbiór nastąpi na podstawie protokołu przekazania, spisane w obecności przedstawicieli Zamawiającego i Wykonawcy.

§ 4

Wykonawca ma prawo powierzyć wykonanie dzieła innej osobie. W takim przypadku jest on odpowiedzialny za jej działania jak za własne.

§ 5

1. Wykonawcy przysługuje wynagrodzenie za dzieło w wysokości zł, słownie złotych.
2. W dniu podpisania umowy Zamawiający wpłaca Wykonawcy zadatek w wysokości zł, słownie złotych, a Wykonawca kwituje odbiór wymienionej kwoty.

3. Pozostała część wynagrodzenia zostanie wypłacona w dniu odbioru dzieła i rozliczenia się z powierzonych materiałów.
4. W przypadku stwierdzenia w dniu odbioru dzieła widocznych usterek, Zamawiającemu przysługuje prawo do wstrzymania się z zapłatą % kwoty wymienionej w § 5 pkt. 1 do dnia usunięcia wad przez Wykonawcę.

§ 6

1. Wykonawca udziela gwarancji na wykonane dzieło na okres
2. W okresie gwarancji Wykonawca zobowiązuje się do usunięcia wad na koszt własny w terminie 14 dni od dnia powiadomienia o ich ujawnieniu.

§ 7

1. W razie zwłoki w wykonaniu dzieła Zamawiającemu przysługuje kara umowna w wysokości % wartości dzieła za każdy dzień zwłoki.
2. W razie wystąpienia zwłoki w wykonaniu dzieła, Zamawiający może:
a) wyznaczyć Wykonawcy dodatkowy termin wykonania dzieła z zachowaniem prawa do kary umownej,
b) odstąpić od umowy, gdy zwłoka przekroczy okres, oraz żądać kary umownej.

§ 8

Zamawiającemu przysługuje prawo do dochodzenia odszkodowania przewyższającego karę umowną na zasadach ogólnych.

§ 9

Zmiany umowy wymagają formy pisemnej pod rygorem nieważności.

§ 10

W sprawach nie unormowanych niniejszą umową mają zastosowanie przepisy Kodeksu cywilnego.

§ 11

Umowę sporządzono w dwóch jednobrzmiących egzemplarzach, po jednym dla każdej ze stron.

Zamawiający

Wykonawca

Od umowy między wykonawcą i inwestorem można odstąpić, gdy wykonawca zwleka z rozpoczęciem prac tak długo, że nie będzie w stanie ich zakończyć w umówionym czasie, albo też gdy budowa jest prowadzona wadliwie lub w sposób sprzeczny z umową. Można od niej odstąpić także wtedy, gdy po odebraniu prac ujawnią się istotne wady. Przed podpisaniem umowy nie należy wręczać wykonawcy zaliczki, a każda transakcja finansowa powinna zostać odnotowana w umowie. Spisanie umowy z wykonawcą robót termomodernizacyjnych, w razie sporu ułatwi dochodzenie roszczeń.

13.4. Na co należy zwracać szczególną uwagę podczas realizacji prac

Podczas realizacji prac należy zwrócić szczególną uwagę:

- Czy wykonawca dysponuje odpowiednimi narzędziami?
- Czy ekipa budowlana składa się z odpowiedniej liczby pracowników?
- Czy ekipa budowlana jest ubezpieczona na wypadek wystąpienia szkody w trakcie pracy?
- Na warunki pogodowe, przy których można ocieplać ściany zewnętrzne.
- Czy zastosowano materiały określone w umowie, z odpowiednimi certyfikatami?
- Czy materiały budowlane są odpowiednio zabezpieczone i przechowywane w odpowiednich warunkach?
- Czy ekipa budowlana ma odpowiednią ilość rusztowań, pozwalających wykonać prace na całej ścianie?

Niekiedy remont będzie wymagał pozwolenia na budowę. Zanim Inwestor przystąpi do planowania termomodernizacji, warto aby zapoznał się z aktualnym przepisami prawa budowlanego.

Warto pilnować, by wszystkie roboty ociepleniowe wykonywane były w temperaturze + 5 st. do + 25 st. C, przy bezdeszczowej i najlepiej bezwietrznej pogodzie. Nie należy również pozwolić na wykonywanie prac ociepleniowych przy bezpośrednim silnym nasłonecznieniu i przy silnym wietrze, gdyż ma to niekorzystny wpływ na układanie i wy-

sychanie tynków oraz powoduje obniżenie przyczepności ich do podłoża i spadek ich wytrzymałości. Należy pamiętać również o tym, że przy każdej czynności technologicznej związanej z systemem BSO potrzeba przynajmniej 48 godzin z dodatnią temperaturą na pełne związanie poszczególnych warstw. Rusztowania powinny być osłonięte specjalnymi siatkami. Siatki chronią elewację przed opadami deszczu, nadmiernym nasłonecznieniem i wiatrem, co pozwala nakładanym materiałom równomiernie wysychać. Należy dopilnować, by robotnicy nie naklejali docieplenia na brudne, zakurzone podłoże, ponieważ nie zapewnia to przyczepności warstwy klejowej. Zdarzyło się już kilka odklejeń warstw docieplenia od ściany z powodu nie usunięcia starych powłok malarskich.

Należy sprawdzić, czy zabezpieczone są okna, obszar wokół rusztowania oraz miejsce przygotowania zapraw, przed ewentualnymi zabrudzeniami. Miejsca składowania materiałów budowlanych powinny być tak zorganizowane, aby worki z materiałami sypkimi nie zamokły, a wiadra z farbą lub gotowymi tynkami nie uległy przegrzaniu na słońcu.

O tym, jak gruba powinna być warstwa termoizolacyjna powinien zdecydować audyt energetyczny, a następnie projekt budowlany, a nie wykonawca robót ociepleniowych.

Trzeba pamiętać, że pod odpowiedni rodzaj tynku stosuje się wyłącznie konkretny podkład tynkarski lub preparat gruntujący. Przeważnie do styropianu stosuje się inne kleje niż do wełny mineralnej. Wybierając system dociepleń warto zwrócić uwagę na możliwości kształtowania wyglądu elewacji [6].

Aby prawidłowo wybrać materiał do termomodernizacji należy:

- unikać tanich produktów nieznanymi marek,
- pytać o rekomendacje audytorów zrzeszonych w Zrzeszeniu Audytorów Energetycznych – ZAE,
- wybierać markowe produkty znanych producentów,
- sprawdzać w Internecie i prasie branżowej, które produkty posiadają certyfikaty jakości,
- sprawdzać na stronach GUNB i UOKiK czarną listę wadliwych produktów,
- nie kupować od nieznanymi importerów,
- pytać o rekomendacje znajomych.

Produkty używane w procesie termomodernizacji powinny mieć certyfikaty i rekomendacje jakości przyznane przez niezależne, notyfikowane w Unii Europejskiej instytucje badawcze, zajmujące się weryfikacją jakości materiałów budowlanych. W Polsce tego typu zaświadczenia wydaje Instytut Techniki Budowlanej.

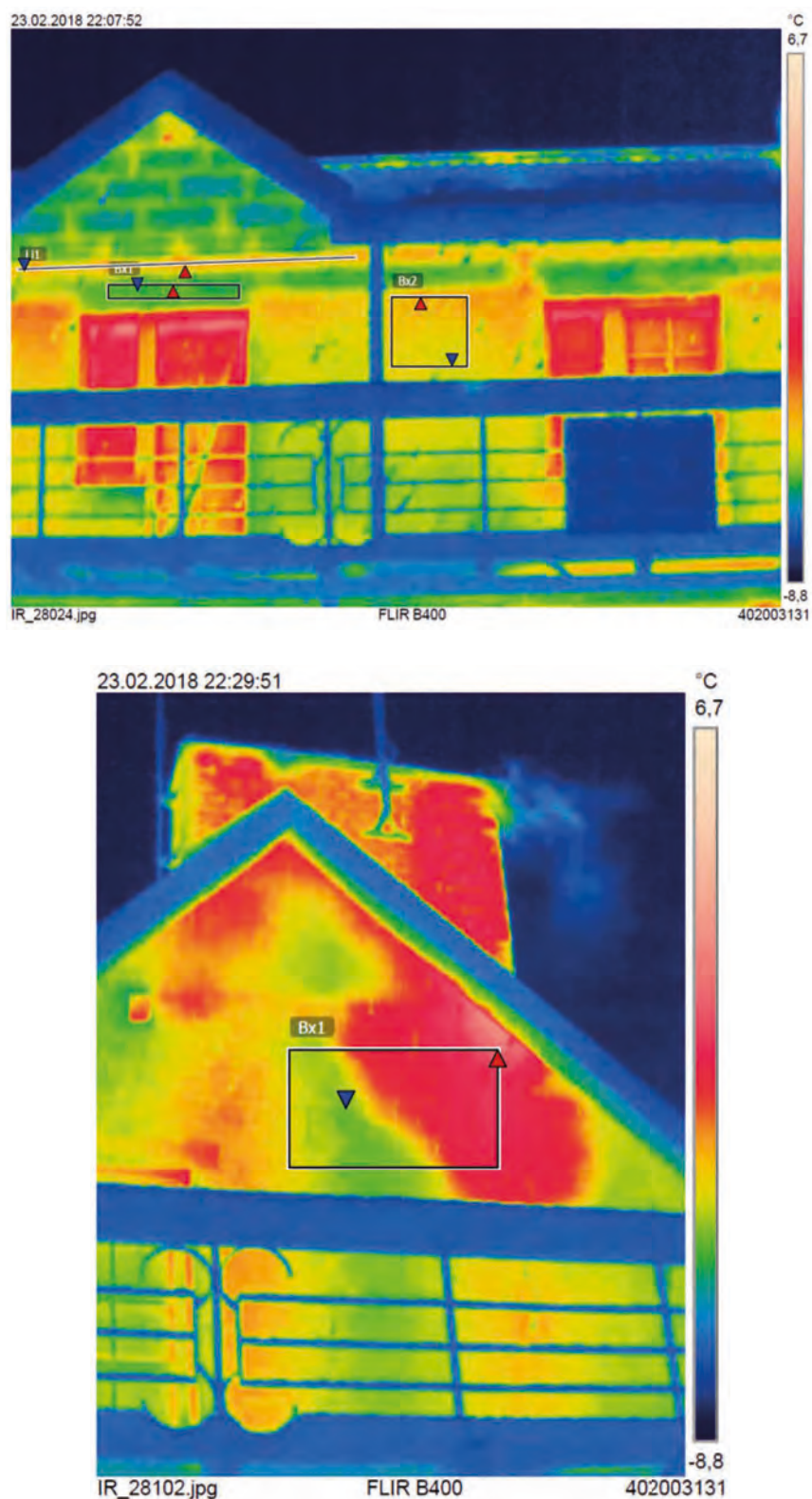
Ważne jest również, żeby często wizytować miejsce prac remontowych, by móc samemu przyglądać się pracy robotników i reagować na oczywiste nieprawidłowości. Jest to stosunkowo łatwe, jeśli mieszka się w modernizowanym budynku np. w czasie prac dociepleniowych. Problem może stanowić konieczność opuszczenia domu jednorodzinnego na czas remontu. Oczywiście, fachową ocenę wykonywanych robót należy pozostawić kierownikowi budowy, ale warto wiedzieć, co dzieje się na placu budowy [7].

13.5. Sposoby powykonawczej kontroli jakości wykonanych prac

Niestety polscy wykonawcy termomodernizacji domów jednorodzinnych mają tendencje zmian materiałowych obniżających koszty inwestycyjne. Oczywiście spotyka się to z aprobatą inwestorów, którzy nie mają najczęściej świadomości konsekwencji tych decyzji. Ponieważ w praktyce w naszym kraju profesjonalny nadzór inwestorski nad robotami remontowymi nie istnieje, to powstają liczne błędy, szczególnie w zakresie robót ociepleniowych. Aby sprawdzić, czy termomodernizowany budynek ocieplono w sposób prawidłowy należy wykonać badanie termowizyjne. Polega ono na wykonaniu serii zdjęć (termogramów) od zewnątrz elewacji budynku kamerą termowizyjną w paśmie promieniowania podczerwonego [4]. Na termogramach widoczne są w postaci różnych kolorów (od białego – najwyższa temperatura przez czerwone do niebieskiego) miejsca o różnych temperaturach. Im wyższa temperatura powierzchni zewnętrznej przegrody, tym większe straty ciepła. Takie badanie przydaje się jako kontrola poprawnego wykonywania następujących robót:

- szczelności ułożenia izolacji termicznej, np. ciągłość przyklejenia płyt styropianowych,
- grubości ocieplenia (różnice w grubości ocieplenia poszczególnych miejsc generują mostki termiczne),
- ciągłości i izolacyjności cieplnej,
- poprawności i szczelności wykonania ociepleń.

Przykładowe zdjęcia termowizyjne domu jednorodzinnego pokazano na rysunku 13.1.



Rysunek 13.1. Zdjęcie termowizyjne domu jednorodzinnego przed ociepleniem pokazujące miejsca intensywnej ucieczki ciepła

fol. Olga Więckowska

W przypadku termomodernizacji domów jednorodzinnych, gdzie zastosowano system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła, konieczne jest sprawdzenie szczelności powietrznej zmodernizowanego budynku. Do tego celu służy test szczelności (rysunek 13.2) metodą drzwi nawiewnych (ang. blower door test) [3].



Rysunek 13.2. Test szczelności z wykorzystaniem drzwi nawiewnych

Zasada badania polega na wymuszeniu różnicy ciśnień pomiędzy budynkiem a jego otoczeniem poprzez zastosowanie wentylatora tłoczącego określony strumień powietrza. Jest to zjawisko odwrotne do naturalnego zjawiska w przyrodzie, jednak pozwala na otrzymanie wszelkich potrzebnych danych do obliczenia współczynnika n_{50} . Badanie składa się z dwóch pomiarów przeprowadzonych w podciśnieniu i nadciśnieniu, co pozwala na określenie strumienia powietrza infiltrującego i eksfiltrującego. Wynik jest wartością średnią arytmetyczną z obu pomiarów. Współczynnik n_{50} określa krotność wymian powietrza (przez nieszczelności) o objętości kubatury budynku w czasie jednej godziny przy różnicy ciśnień 50 Pa.

Wartości graniczne współczynnika przepuszczalności powietrznej n_{50} :

- dla budynków z wentylacją grawitacyjną lub hybrydową $n_{50} < 3,0$ /h,
- dla budynków z wentylacją mechaniczną lub klimatyzacją $n_{50} < 1,5$ /h.

Literatura:

- [1] <http://regiodom.pl/portal/budowa/izolacje/ocieplanie-domu-wskazowki-eksperta-jak-unikac-bledow> – dostęp 30.09.18.
- [2] <http://www.e-mieszkanie.pl/a/remont-mieszkania-wyberz-fachowca-17142.html> – dostęp 30.09.18.
- [3] Praca zbiorowa pod redakcją Jerzego Sowy. Budynki o niemal zerowym zużyciu energii, Politechnika Warszawska, Warszawa 2017.
- [4] Nowak H. Zastosowanie badań termowizyjnych w budownictwie, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2012.
- [5] Damasiewicz A., Umowa o roboty budowlane ze wzorami, Wydawnictwo LexisNexis, 2012.
- [6] Bednarczyk K., Wybór materiału izolacyjnego – kryteria jego oceny. Jak obniżyć koszty ogrzewania budynku, Wydawnictwo Medium, Warszawa 2013.
- [7] Praca zbiorowa pod redakcją dr inż. Szymona Firląga, Zrównoważone Budynki Biurowe, PWN, Warszawa 2017.



14

PROBLEMY, JAKIE MOGĄ SPOTKAĆ INWESTORÓW I WYKONAWCÓW PODCZAS TERMOMODERNIZACJI

dr inż. Arkadiusz Węglarz

14.1. Najczęstsze błędy popełniane w procesie ocieplania przegród

Do najczęstszych błędów w procesie ocieplania ścian zewnętrznych najpopularniejszą w Polsce metodą ETICS należą [1, 2, 5, 7, 8, 11]:

- **Niewłaściwe przygotowanie podłoża.** Wykonawcy często zapominają, żeby zapewnić dobrą przyczepność dla kleju, powierzchnia ocieplanych ścian musi mieć odpowiednią nośność oraz być gładka, równa, odpylona, bez resztek pleśni i wykwitów.
- **Niezgodne z zaleceniami producenta przygotowanie kleju.** Wykonawcy często nie zwracają uwagi na proporcje suchej mieszanki do wody oraz na czas i dokładność wymieszania składników, co powoduje pogorszenie jakości i trwałości klejenia.
- **Zła kolejność wykonywanych prac.** Część wykonawców najpierw rozkłada siatkę na styropian, a potem nakład na nią klej, gdy prawidłowa kolejność jest odwrotna. Niektórzy wykonawcy nakładają tynk cienkowarstwowy bezpośrednio na warstwę zbrojącą z siatki, rezygnując z gruntowania, co skutkuje nieprawidłowym wiązaniem tynku, prześwitami szarego koloru kleju i nierówną powierzchnią elewacji, a po kilku latach pękaniem i odpadaniem tynku.
- **Nieodpowiednie przerwy technologiczne.** Wykonawcy potrafią nie przestrzegać przerw technologicznych. Jedni rozpoczynają kolejne czynności za wcześnie. Np. kołkowanie, szlifowanie płyt oraz przyklejanie siatki zbrojącej rozpoczynają następnego dnia po przyklejeniu styropianu. W czasie, gdy ten okres powinien wynosić co najmniej dwa dni. Inni potrafią zostawić styropian na działanie promieniowania słonecznego przez kilka tygodni. Często zdarza się, że inwestorów nie stać na warstwę tynku i pozostawiają odkrytą warstwę siatki zatopionej w kleju na kilka lat. Wszystko to oczywiście wpływa na jakość i trwałość ocieplenia.

- **Niewłaściwe rozmieszczenie łączników mechanicznych.** Liczba łączników mechanicznych jest uzależniona między innymi od strefy wiatrowej, usytuowania budynku oraz od jego wysokości i powinna być zgodna z założeniami projektu. Tymczasem wykonawcy montują krótsze kołki w złych odstępach. Po za tym kołki kotwiące powinny być wyrobami budowlanymi dopuszczonymi do obrotu, a nie przypadkowymi elementami z plastiku.
- **Niewłaściwy sposób nakładania kleju i przyklejania płyt.** Wykonawcy czasami wyrównują ścianę klejem i dociskają płyty ze styropianu lub wełny mineralnej. Tymczasem prawidłowo klej nakłada się na płyty termoizolacyjne w zależności od rodzaju kleju zazwyczaj metodą obwodowo-punktową i przykładają się je do ściany, lekko dociskają oraz wyrównują tak, aby ściśle przylegały do sąsiadujących płyt. Przy równych podłożach, klej nakłada się pacą zębatą na całą powierzchnię płyty. W przypadku stosowania kleju poliuretanowego, nakłada się go obwodowo i zygzakowo. W metodzie punktowo-krawędziowej złą regułą stało się klejenie „na placki” bez pasma obwodowego kleju pod płytą (rysunek 14.1).



Rysunek 14.1. Brak kleju na obwodzie płyt

fot. Dariusz Czarny

- **Nieprzestrzeżenie reżimu technologicznego związanego z wykorzystaniem określonych materiałów.** Wykonawcy stosują materiały niesystemowe, pochodzące od różnych producentów, co może skutkować znacznym obniżeniem trwałości ocieplenia. Często spotykanym błędem jest przyklejenie styropianu bez odpowiedniego wysezonowania (do 6 tygodni). Skurcz, jaki powstaje przy uwalnianiu się pentanu z pęcherzyków styropianu, może doprowadzić do powstania pęknięć na otynkowanej elewacji.
- **Brak listwy startowej i wywinięcia siatki na styropian.** Niezabezpieczony w ten sposób styropian jest narażony na działanie czynników atmosferycznych, gryzoni i ptaków, a brak listwy startowej może skutkować problemem z wypoziomowaniem pierwszej warstwy przyklejanych płyt.
- **Mocowanie płyt bez zachowania systemu mijankowego.** Skutkuje to powstaniem mostków termicznych.
- **Wypełnianie szczelin pomiędzy płytami termoizolacyjnymi zaprawą klejową.** Konsekwencją tego błędu wykonawców jest powstaniem mostków termicznych, skutkujące przyspieszonym niszczeniem warstwy elewacyjnej.
- **Nieprawidłowe wykonanie nadproży.** Nadproża powinny być szczególnie starannie ocieplone tym samym materiałem, co pozostała powierzchnia ściany. Inne rozwiązanie może powodować odpajanie się tynku.
- **Nieprzeszlifowanie powierzchni zamocowanej warstwy styropianu.** Może skutkować powstaniem nierówności na wykończonym tynku, szczególnie w miejscach łączenia płyt (rysunek 14.2).

- **Brak zakładów sąsiednich pasm siatki w warstwie zbrojącej oraz niestosowanie siatki na całej głębokości ościeży okiennych i drzwiowych.** Może być przyczyną powstawania rys i pęknięć. Siatka zbrojąca powinna być całkowicie zatopiona w kleju, a na krawędziach ścian i wzajemnych styków siatka musi być zawinięta lub nachodzić na siebie co najmniej na 10 cm.
- **Niestaranne wykonanie ocieplenia przy zewnętrznych parapetach.** Może skutkować tym, że tynk będzie narażony na zniszczenie, a spływająca woda będzie dostawać się pod ocieplenie.



Rysunek 14.2. Niestaranne dopasowanie płyt styropianowych

fot. Dariusz Czarny

- **Niewłaściwe ocieplenie ścian fundamentowych i cokołów.** Ścianę fundamentową należy zabezpieczyć materiałem termoizolacyjnym o niskiej nasiąkliwości (np. XPS), od ławy fundamentowej do miejsca, w którym zaczyna się właściwe ocieplenie.



Rysunek 14.3. Szpachlowanie spoin styropianowych i zagłębionych kołków zaprawą klejową prowadzi do powstania mostków termicznych

fot. Dariusz Czarny

- **Niewłaściwe zabezpieczanie tynków przed mikroorganizmami.** Może powodować rozwój alg i mchu na elewacji i w efekcie niszczenie elewacji.
- **Rezygnacja z ułożenia wyprawy tynkarskiej i zastąpienie jej powłoką malarską albo ciężką i sztywną okładziną ceramiczną.** Takie rozwiązanie znacząco wpływa na skrócenie trwałości elewacji i jej uszkodzenie (rysunek 14.3).
- **Nieodpowiednie zamocowanie dodatkowych elementów na ocieplonej elewacji.** Skutkuje powstaniem punktowych mostków termicznych w miejscach, w których do ocieplonej elewacji mocuje się anteny satelitarne, kamery monitoringu lub oświetlenie. Najlepiej wszelkiego rodzaju wieszaki umieszczać na odpowiednich podkładkach izolacyjnych.
- **Zły poziom projektów technicznych ociepleń.** Może skutkować powstaniem licznych już opisanych błędów. Dobre wykonawstwo zasadza się na precyzyjnych instrukcjach technologicznych, dobrym projekcie technicznym i rzetelnym nadzorze. Istotnym mankamentem wielu projektów budowlanych termomodernizacji budynków jest brak niezbędnych szczegółów wykonania robót. Wykonawca zostaje w tej sytuacji zmuszony najczęściej do pospiesznej improwizacji na budowie, co nie daje żadnej gwarancji poprawnego wykonania tego fragmentu robót.

Najczęściej popełniane błędy przy ocieplaniu dachu skośnego to:

- **Niedokładnie przycięte odcinki ocieplenia.** Za długie i zbyt mocno upchnięte między krokwiami płyty wełny mineralnej będą wypychać folię wstępnego krycia do góry, czego rezultatem stanie się zmniejszenie szczeliny wentylacyjnej pomiędzy nią a pokryciem. Natomiast za krótkie wysuną się spomiędzy krokwi.
- **Niedokładne przyleganie sąsiednich odcinków wełny mineralnej.** Szpary pomiędzy dociętymi fragmentami izolacji cieplnej mogą w konsekwencji prowadzić do powstawania mostków termicznych.
- **Stosowanie mniejszej grubości izolacji cieplnej niż w projekcie.** Ułożenie tylko jednej warstwy wełny mineralnej spowoduje, że na materiale zaoszczędzi się niewiele, za to efekty tej zmiany odbiją się na rachunkach za energię przez wiele lat.
- **Nieszczelne ułożenie folii paroizolacyjnej.** Może doprowadzić do zawilgocenia wełny mineralnej, a przez to do pogorszenia jej właściwości cieplnych.
- **Niedokładne połączenie membrany dachowej z kołnierzem okna dachowego lub kominem.** Woda opadowa może przedostawać się pod folię, zawilgocić ocieplenia i drewnianą konstrukcję dachu. Pogorszy to właściwości cieplne wełny mineralnej i spowoduje niszczenie drewna.
- **Niewłaściwe ocieplenie styku ościeżnicy okna dachowego z konstrukcją dachu.** Spowoduje powstanie mostka termicznego, przez który ciepło będzie uciekało z domu.
- **Brak wystarczającej szczeliny wentylacyjnej pod pokryciem oraz za mały przekrój otworów wlotowych przy okapie i wylotowych w kalenicy.** Utrudni albo nawet uniemożliwi właściwą wentylację dachu.
- **Nieocieplane połączenie krokwi z murlatą oraz ścianką kolankową.** Również powoduje powstawanie mostków termicznych.
- **Nieszczelne połączenia membrany dachowej z kołnierzem okna dachowego czy kominami.** Woda opadowa może przedostawać się pod folię, do ocieplenia.

Najczęściej popełniane błędy przy wymianie okien to:

- wymiana okien na szczelne i nie zastosowanie wentylacji mechanicznej lub nawiewników,
- montaż okien bez użycia taśm uszczelniających,
- brak odpowiednich luzów dylatacyjnych,
- wbudowywanie za dużych lub zbyt małych okien,
- ustawienie okna na styk z węgarciem,
- montaż okien na nierównych i nieczyszczonych podłożach,
- montaż bez klocków podporowych oraz kotew i listew progowych,
- niewłaściwe miejsce osadzenia okna,
- nieodpowiednie zamocowanie i niewłaściwe uszczelnienie okna.

Warto wykonać wymianę zniszczonych nieszczelnych okien, bo daje to oszczędności kosztów zakupu energii co najmniej kilkaset zł rocznie (10%-15% całkowitego zużycia ciepła przez budynek) oraz poprawę klimatu wewnętrznego, w tym wizualnego i akustycznego w domu.

14.2. Mniejsze od zakładanych efekty termomodernizacji

Wykonanie termomodernizacji domu jednorodzinnego wcale nie musi spowodować obniżenia kosztów zakupu nośników energii. Przyczyną tego stanu mogą być błędy popełnione w trakcie przygotowania założeń modernizacji, projektowania, wykonawstwa i odbioru prac termomodernizacyjnych oraz zła eksploatacja budynku po termomodernizacji.

Najczęstszą przyczyną gorszego niż przewidywano efektu termomodernizacji jest niedotrzymywanie komfortu cieplnego w budynku przed modernizacją. Wiele pomieszczeń miało niższe temperatury powietrza wewnętrznego niż zakładają normy. Część pomieszczeń w ogóle nie była ogrzewana. Po wykonaniu termomodernizacji zazwyczaj temperatura w pomieszczeniach jest zbliżona do normowej, a nawet wyższa, co oczywiście pomniejsza rzeczywisty efekt termomodernizacji w stosunku do teoretycznych obliczeń. Kolejną przyczyną mniejszego od zakładanego efektu termomodernizacji jest brak zarządzania energią. Po termomodernizacji wielu użytkowników budynków nie ma nawyku korzystania z urządzeń, które regulują temperaturę w pomieszczeniach. Na przykład wiele regulatorów pokojowych ma możliwość programowania wartości temperatury wewnętrznej w określonych dobowych przedziałach, co z kolei pozwala na obniżenie o kilka stopni temperatury w nocy lub w okresach naszej nieobecności w domu. Niestety niewielu mieszkańców korzysta z tej możliwości. Tymczasem obniżenie temperatury wewnętrznej w domu o jeden stopień daje oszczędności energii cieplnej rzędu 6%. Nawet tak proste czynności, jak zmiana nastawu zaworu termostatycznego na grzejniku przed otwarciem okna w danym pomieszczeniu nie są wykonywane przez mieszkańców domów jednorodzinnych.

Kolejna grupa czynników powodujących zmniejszenie efektu termomodernizacji to błędy projektowe, wykonawcze i zła kolejność wykonywania termomodernizacji.

Na przykład modernizacja lub wymiana w pierwszej kolejności samego źródła ciepła bez ograniczenia strat przez przegrody zewnętrzne nie przynosi właściwych efektów energetycznych i ekonomicznych, a koszty takiej modernizacji są o około 30% większe niż w przypadku właściwej kolejności przedsięwzięć termomodernizacyjnych. Po wykonaniu docieplenia przegród zewnętrznych budynku moc źródła ciepła będzie za duża do potrzeb, co może się przełożyć na zmniejszenie jego sprawności i zwiększenie kosztów zakupu paliwa.

Poważnym błędem technicznym jest wykonywanie docieplenia ścian budynku w etapach, zaczynając kolejność od ściany północnej. Ciepło znajdzie zawsze drogę ucieczki z budynku przez najsłabszy element o dużym współczynniku przenikania ciepła. Błędy projektowe i wykonawcze powodujące powstanie mostków termicznych mogą spowodować, że w skrajnych przypadkach efekt ocieplenia ściany zostanie zniwelowane przez ucieczkę ciepła przez liczne mostki termiczne. Dlatego preferowanym rozwiązaniem jest kompleksowa termomodernizacja, zwiększająca izolacyjność wszystkich przegród zewnętrznych oraz modernizacje systemu wentylacji i modernizacje systemów grzewczych budynku łącznie z instalacją przygotowania ciepłej wody użytkowej.

14.3. Zastosowanie instalacji i rozwiązań nieopłacalnych ekonomicznie

Zredukowanie potrzeb cieplnych budynku w wyniku ocieplenia przegród zewnętrznych budynku zmienia warunki pracy istniejącego systemu grzewczego. Zazwyczaj moc cieplna starego źródła ciepła przewyższa nowe zapotrzebowanie. Również wprowadzanie zmian bez wcześniejszych analiz i projektu technicznego może się skończyć niepowodzeniem, brakiem poprawy, a nawet pogorszeniem działania instalacji c.o. [3], [4].

Wybór właściwej metody modernizacji instalacji c.o. nie jest zadaniem standardowym. Może wymagać połączenia kilku działań modernizacyjnych: obniżenia temperatury projektowej czynnika, redukcji wielkości grzejników, montażu zaworów termostatycznych, wymiany pompy obiegowej itd. [3], [4].

Decyzja o wyborze źródła energii wpływa na późniejsze koszty eksploatacji. Wybór nośnika energii jest decyzją na wiele lat (przeciętna trwałość kotła to około 20 lat) i powinna być poprzedzona analizą zmian cen nośników energii. W takiej analizie należy uwzględnić nie tylko same prognozy cen, ale dostępność paliw w miarę wyczerpywania się surowców energetycznych, uregulowania związane z ochroną środowiska, np. zakazujące używania paliw stałych na danym obszarze. Warto więc na etapie podejmowanych decyzji rozważyć wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Pozostawienie instalacji c.o. w stanie sprzed modernizacji przegród zewnętrznych jest błędem inżynierskim i powoduje obniżenie komfortu cieplnego w budynku, rozregulowanie hydrauliczne instalacji oraz zmniejszenie oszczędności energetycznych wynikających z termomodernizacji.

Najprostszym sposobem modernizacji systemu grzewczego jest przepłukanie instalacji, ocieplenie przewodów doprowadzających czynnik grzewczy do grzejników, montaż zaworów termostatycznych na grzejnikach, regulacja instalacji, montaż automatyki pogodowej.

Dopiero w przypadku, gdy mamy stare niewydajne zanieczyszczające środowisko źródło ciepła, a przeprowadziliśmy gruntową termomodernizację przegród zewnętrznych budynku, warto pokusić się o kompleksową modernizację systemu grzewczego. Przy takiej modernizacji praktycznie tworzy się nowy system grzewczy.

W czasie termomodernizacji szczególnie domu jednorodzinnego bez audytu energetycznego można popełnić wiele błędów związanych z zastosowaniem nieopłacalnych ekonomicznie rozwiązań [9], [10]. Spośród przedsięwzięć dotyczących konstrukcji szczególną uwagę należy zwrócić na przedsięwzięcia związane z wykonaniem nowych otworów okiennych na ścianie południowej konstrukcyjnej. Zazwyczaj taka operacja ma okresy zwrotu nakładów rzędu kilkudziesięciu lat. Kolejne przedsięwzięcie, na które trzeba zwrócić uwagę, to wymiana okien będących w dobrym stanie technicznym, o stosunkowo dobrych parametrach izolacyjności cieplnej. Tu również okresy zwrotu nakładów wynoszą kilkadziesiąt lat. Często brak opłacalności ekonomicznej i podwyższenie jednostkowych kosztów za energię można stwierdzić w przypadku modernizacji systemów grzewczych i zamiany wentylacji grawitacyjnej na mechaniczną. Szczególnie dotyczy to kotłów grzewczych, w których spalano biomase pozyskiwaną z własnych zasobów właściciela domu jednorodzinnego (np. z sadu lub lasu). Kolejny problem to źle zaprojektowana i wykonana instalacja wentylacji mechanicznej z odzyskiem, może w ogóle nie spełni swojej funkcji, a właściciel budynku będzie płacić za energię elektryczną.

14.4. Gdzie można uzyskać dodatkowe informacje na temat termomodernizacji domów jednorodzinnych?

W Polsce działa wiele organizacji i instytucji, gdzie można zasięgnąć informacji i porad na temat zagadnień związanych z termomodernizacją.

Poniżej zaprezentowano:

- polecane portale internetowe, fora,
- opisy dobrych przykładów termomodernizacji domów jednorodzinnych,
- polecaną literaturę dotyczącą zagadnień termomodernizacji,
- miejsca i instytucje, gdzie można uzyskać poradę eksperta.

Polecane portale internetowe, fora

W Internecie można znaleźć wiele portali i forów dyskusyjnych poświęconych termomodernizacji budynków jednorodzinnych. Wśród nich szczególnie godne polecenia są następujące strony internetowe:

- www.rynekinstalacyjny.pl/
- <http://termomodernizacja.pl/>
- <http://www.izolacje.com.pl/>
- <http://forum.ladnydom.pl>
- <https://murator-dom.pl/>
- <https://www.budujemydom.pl>

Opisy dobrych przykładów termomodernizacji domów jednorodzinnych

Opisy dobrych przykładów termomodernizacji domów jednorodzinnych można znaleźć między innymi na następujących stronach:

- <http://kotly.pl/termomodernizacja-przyklady-i-efekty-czyli-co-mozna-zyskac/>
- <https://www.dom.pl/termomodernizacja-domu-jednorodzinne.html>
- <https://murator.com.pl/remont-domu/termomodernizacja/efektywna-termomodernizacja-domu-jednorodzinnego-pozegnanie-z-sidingiem-aa-MSu8-1uBa-Ht2m.html>

Polecana literatura dotycząca zagadnień termomodernizacji

Warta przeczytania jest książka: Krzysztofa Kasperkiewicza pt. Termomodernizacja budynków, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018, 230 str.

Publikacja opisuje zagadnienie termomodernizacji w sposób kompleksowy. Wskazuje, które działania i w jakiej kolejności należy wykonać oraz w jaki sposób ocenić uzyskiwane dzięki nim oszczędności energetyczne. Zaprezentowane sposoby obliczania efektów termomodernizacji podzielone zostały na dwie części oszczędności gwarantowanych, których wielkość zależy tylko od warunków klimatycznych w danym sezonie ogrzewczym oraz oszczędności, których wielkość wynika ze sposobu użytkowania przestrzeni ogrzewanej budynku. Wykazano, że dostosowanie instalacji ogrzewczej do zmniejszonych strat ciepła budynku ma istotny wpływ na zwiększenie efektywności energetycznej termomodernizacji. Podane zostały wskazówki dotyczące kolejności przeprowadzania działań termomodernizacyjnych, metody oceny wentylacyjnych strat ciepła oraz słonecznych zysków ciepła. Książka skierowana jest do osób zajmujących się oceną energetyczną budynków oraz wykonawców prac termomodernizacyjnych, a także właścicieli budynków jednorodzinnych.

Wiele ciekawych artykułów na temat termomodernizacji można znaleźć w prasie branżowej przeznaczonej dla osób budujących lub remontujących domy jednorodzinne. Szczególnie polecane są artykułów z miesięczników: „Ładny Dom”, „Murator”, „Budujemy dom”.

Miejsca i instytucje, gdzie można uzyskać poradę eksperta

NFOŚiGW oferuje pomoc doradców energetycznych dla projektów efektywności energetycznej i odnawialnych źródeł energii. Doradcy energetyczni, a w całym kraju działa ich 76, są przygotowani, by nieodpłatnie pomagać we wdrażaniu konkretnych przedsięwzięć.

Projekt „Ogólnopolski system wsparcia doradczego dla sektora publicznego, mieszkaniowego oraz przedsiębiorstw w zakresie efektywności energetycznej oraz OZE” realizowany jest przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej we współpracy z partnerami na terenie całego kraju (Wojewódzkie Fundusze Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz Urząd Marszałkowski w Lublinie).

Listę doradców energetycznych we wszystkich województwach wraz z danymi kontaktowymi można znaleźć na stronie internetowej NFOŚiGW.

- <https://nfosigw.gov.pl/o-nfosigw/doradztwo-energetyczne/kontakt/doradcy-regionalni>

W ramach projektu zintegrowanego LIFE w Małopolsce w 55 gminach powstała sieć eko-doradców, która wspiera wdrażanie programu ochrony powietrza na poziomie gmin, przygotowuje programy dofinansowania wymiany starych źródeł grzewczych na nowe oraz promuje działania w zakresie oszczędzania energii. Eko-doradcy udzielają porad w zakresie termomodernizacji domów jednorodzinnych mieszkańcom gmin w których pracują.

Listę eko-doradców można znaleźć na stronie:

- <https://powietrze.malopolska.pl/ekodoradcy/>

Zrzeszenie Audytorów Energetycznych – promuje i inicjuje współpracę audytorów energetycznych i wszystkich osób zainteresowanych systemem energetycznym oraz racjonalizacją użytkowania energii. Na stronie <http://www.zae.org.pl/audytorzy/lista-audytorow.aspx> można znaleźć listę audytorów energetycznych, którzy doradzą również w sprawach związanych z termomodernizacją domów jednorodzinnych.

Usługi doradcze w zakresie termomodernizacji budynków świadczą również agencje energetyczne, takie jak:

- Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A. – www.kape.gov.pl
- Narodowa Agencja Poszanowania Energii S.A. – www.nape.pl
- Bałtycka Agencja Poszanowania Energii – www.bape.com.pl/
- Agencja Użytkowania i Poszanowania Energii – www.auipe.pl/
- Dolnośląska Agencja Energii i Środowiska – www.cieplej.pl/
- Warmińsko-Mazurska Agencja Energetyczna Sp. z o.o. – www.wmae.pl/
- Fundacja Poszanowania Energii – <https://fpe.org.pl/>
- Mazowiecka Agencja Energetyczna – www.mae.com.pl/

Istotne informacje na temat materiałów i technologii używanych w termomodernizacji można znaleźć na stronach:

- Instytutu Techniki Budowlanej – <https://www.itb.pl/>
- Stowarzyszenia na Rzecz Systemów Ociepleń – www.systemyocieplen.pl/
- Stowarzyszenia Producentów Wełny Mineralnej: Szklanej i Skalnej – <http://miwo.pl/>

Literatura:

- [1] <http://ladnydom.pl/budowa/5,106573,8450171.html> – dostęp 30.09.18.
- [2] http://ladnydom.pl/budowa/1,106573,7066940,Osiem_najczestszych_bledow_popelnianych_przy_ocieplaniu.html – dostęp 30.09.18.
- [3] Jadwiszczak P., Instalacje centralnego ogrzewania w procesie termomodernizacji budynków, Rynek Instalacyjny nr 7–8/2013.
- [4] Jadwiszczak P., Modernizacja instalacji c.o. w budynkach po termomodernizacji, Rynek Instalacyjny 10/2013.
- [5] <http://termomodernizacja.pl/12-bledow-wykonawczych-podczas-ocieplania-nowego-budynku/> – dostęp 30.09.18
- [6] Kasperkiewicz K., Termomodernizacja budynków, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018, 230 str., ISBN: 9788301197759.
- [7] Wysocki K., Docieplenie budynków metodą ETICS, Wydawnictwo Kabe, 2018.
- [8] Radziszewska-Zielina E., Ocieplenie bez błędów, Izolacje. Budownictwo, przemysł, ekologia, Nr 7/8/2003, str. 40–42.
- [9] Radziszewska-Zielina E., Ocena metod termomodernizacji budynków – zalety, wady, najczęściej popełniane błędy, Przegląd Budowlany, Nr 9/2007, str. 41–49.
- [10] Kielar P., Ocieplenie domu – efektywne i efektywne, Jak obniżyć koszty ogrzewania budynku, Wydawnictwo Medium, Warszawa 2013.
- [11] Pawłowski K., Docieplenie budynku wielorodzinnego – wady i uszkodzenia, Jak obniżyć koszty ogrzewania budynku, Wydawnictwo Medium, Warszawa 2013.



CO ZYSKUJE SIĘ NA TERMOMODERNIZACJI BUDYNKÓW JEDNORODZINNYCH?

dr inż. Arkadiusz Węglarz

W wyniku termomodernizacji można spodziewać się następujących efektów:

- Zmniejszenia zużycia energii i kosztów użytkowania budynków,
- Zmniejszenia negatywnego wpływu budynków na środowisko,
- Podwyższenia jakości środowiska wewnętrznego i komfortu życia mieszkańców,
- Zwiększania wartości rynkowej nieruchomości,
- Polepszenia estetyki i funkcjonalności budynków,
- Wydłużenia żywotności budynków.

15.1. Zmniejszenie zużycia energii i kosztów użytkowania budynków

Podstawowym celem modernizacji budynku jest zmniejszenie zużycia energii oraz zmniejszenie kosztów związanych z zapewnieniem komfortu użytkowania i przyjaznego mikroklimatu w domu. Koszty, jakie należy ponieść przy termomodernizacji budynku, zostaną zrekompensowane przez oszczędności energii potrzebnej na ogrzewanie i przygotowanie c.w.u.

Opłacalność przedsięwzięć termomodernizacyjnych zależy od przyjętego sposobu analizy i to różnie można analizować: albo całkowite koszty inwestycji łącznie z pracami związanymi ze wzmocnieniem elementów konstrukcyjnych, albo tylko koszty dodatkowe prac przynoszących oszczędności energii. Wyliczenie można prowadzić w oparciu o teoretyczne zapotrzebowanie na ciepło, albo rzeczywiste zużycie energii. W praktyce analizę inwestycji termomodernizacyjnej należy przeprowadzić dla różnych założeń, a otrzymane wyniki uśrednić. Warto również sprawdzić różne modele finansowania inwestycji. Oprócz wsparcia termomodernizacji domów jednorodzinnych w ramach Ustawy o wspieraniu termomodernizacji i remontów oraz programów z Wojewódzkich Funduszy Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej lub Regionalnych Programów Operacyjnych istnieją firmy typu ESCO, które oferują sfinansowanie inwestycji termomodernizacyjnej w formule finansowania przez stronę trzecią.

Z analizy wyników audytów energetycznych domów jednorodzinnych i doświadczenia zebranego w Polsce oraz w krajach Unii Europejskiej wynika, że koszty ogrzewania typowego budynku można zmniejszyć przynajmniej o połowę przeprowadzając kompleksową termomodernizację. Rzeczywiste wartości oszczędności energii, uzyskane w wyniku termomodernizacji, będą stanowiły nieco ponad 50% maksymalnych wyznaczonych teoretycznie oszczędności. Powodem takiego stanu rzeczy są różne profile użytkowania budynków w stosunku do założeń zwykle podejmowanych w teoretycznych modelach. Często temperatura wewnątrz w pomieszczeniach jest inna niż obliczeniowe 20° C lub nie wszystkie pomieszczenia są ogrzewane, przez co następuje ucieczka ciepła z pomieszczenia ogrzewanego do nieogrzewanego, co z kolei zwiększa zużycie energii cieplnej. Kolejny problem to zła eksploatacja budynku po termomodernizacji. Na przykład często mieszkańcy nie używają zaworów termostatycznych, a gdy jest w pomieszczeniu za gorąco otwierają okna.

15.2. Zmniejszenie negatywnego wpływu budynków na środowisko

Dobry standard energetyczny budynków jednorodzinnych uzyskany po termomodernizacji przynosi oprócz ekonomicznych efektów wiele innych korzyści. I tak zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków zimą oraz zmniejszenie zużycia energii potrzebnej na podgrzanie c.w.u. ma zdecydowany wpływ na stan środowiska naturalnego, a także na jakość życia wszystkich mieszkańców oraz sąsiadów [6], [7]. Zmniejszenie spalania paliw, a co za tym idzie ograniczenie emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza (np. pyłów) ma pozytywny wpływ na zdrowie ludzi i przeciwdziałanie zmianom klimatu. Jeszcze lepsze efekty można osiągnąć, jeśli w procesie termomodernizacji zmieni się źródło ciepła na wykorzystujące OZE, np. na pompę ciepła zasilaną energią elektryczną wyprodukowaną w instalacji fotowoltaicznej. Termomodernizacja to racjonalny wybór zarówno z ekonomicznego, jak i ekologicznego punktu widzenia. Poddając 3,5 miliona budynków jednorodzinnych ze źródłami ciepła na paliwo stałe kompleksowej termomodernizacji można zaoszczędzić ponad 1,6 mln ton węgla rocznie [3]. Jednocześnie pozwoli to na zmniejszenie emisji towarzyszącej spalaniu i zanieczyszczającej powietrze średnio o ponad połowę, w tym najbardziej szkodliwego i rakotwórczego benzo(a)pirenu o ponad 60%. Ale to nie jedyne korzyści, dla których warto poddać dom termomodernizacji. Istotnym efektem termomodernizacji jest podwyższenie jakości środowiska wewnętrznego i komfortu życia mieszkańców domu.

15.3. Podwyższenie jakości środowiska wewnętrznego i komfortu życia mieszkańców

Jakość środowiska wewnętrznego i komfort życia mieszkańców zależy od wielu czynników. Takimi czynnikami mogą być: temperatura powietrza wewnętrznego w danym pomieszczeniu, wilgotność powietrza, prędkość przepływu powietrza między pomieszczeniami, hałas oraz zanieczyszczenia powietrza: cząstkami stałymi, pyłami, związkami organicznymi, itd. Użytkownicy budynków różnie odczuwają poczucie komfortu termicznego w jego wnętrzu. Generalnie większość z nas dobrze czuje się w temperaturach wewnętrznych od 19 do 25°C [6], [7]. Ale nie tylko temperatura powietrza wpływa na klimat wewnętrzny, ale również temperatura powierzchni wewnętrznych przegród wewnętrznych. Im wyższa jest temperatura powierzchni ścian, tym przytulniej jest w mieszkaniu. Im lepsza jest izolacyjność ścian i jej pojemność cieplna, tym szybciej pomieszczenia ogrzewają się zimą, a latem wewnątrz utrzymuje się niższa temperatura bez stosowania klimatyzatorów.

Prawidłowo działająca wentylacja w budynkach to podstawowy wymóg dla zapewnienia wysokiego komfortu wewnętrznego oraz dobrego samopoczucia ich użytkowników. Skuteczność wentylacji zależy od właściwego doprowadzenia świeżego powietrza do budynku z zewnątrz, zapewnienia odpowiedniego przepływu pomiędzy pomieszczeniami i sprawnego usunięcia powietrza zanieczyszczonego. Istotna jest również jakość powietrza zewnętrznego doprowadzanego do systemu wentylacji. Tu problemem może być zjawisko smogu spowodowane niską emisją ze spalania paliw stałych w lokalnych źródłach ciepła o kominie niższym niż 40 m. Inna kwestia to niewystarczająca ilość usuwanego powietrza z pomieszczeń wilgotnych (łazienka, kuchnia), stwarzająca problem polegający na braku możliwości odprowadzenia wytworzonej w tym pomieszczeniu wilgoci. To z kolei spowoduje powstanie pleśni i sprzyja rozwojowi flory bakteryjnej. Niska krotność wymian powietrza oznacza oczywiście brak wystarczającej ilości tlenu i wszelkie związane z tym następstwa, a przede wszystkim niedotlenienie, co sprawdza się najogólniej do złego samopoczucia człowieka przebywającego w danym pomieszczeniu. Problem niewłaściwej wentylacji w ocieplonych budynkach ze szczelnymi oknami można rozwiązać poprzez montaż nawiewników okiennych oraz montaż wentylatorów

wywiewnych w pomieszczeniach mokrych lub zastosowanie opisywanej wcześniej wentylacji hybrydowej, ewentualnie jeśli pozwalają na to warunki i finanse właściciela, to zastosowanie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła. Wykorzystanie jednego z przedstawionych sposobów i urządzeń poprawiających skuteczność wentylacji w termomodernizowanych budynkach powinno w efekcie końcowym zapewnić wymagany komfort cieplno-wilgotnościowy w pomieszczeniach mieszkalnych, w których ludzie spędzają znaczną część swojego życia.

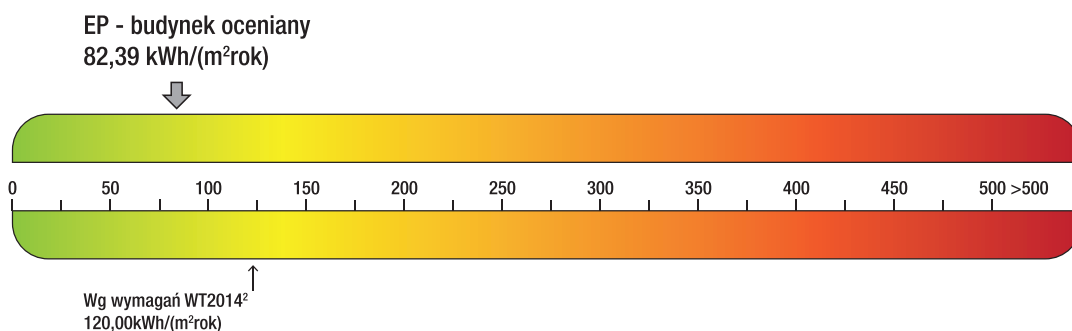
Każda termomodernizacja powinna uwzględniać element zwiększający powierzchnię przekazywania ciepła, tak aby jak największa ilość ciepła w mieszkaniu była przekazywana przez promieniowanie, a nie konwekcję. Przekazywanie ciepła przez promieniowanie powoduje wśród użytkowników budynku odczucie komfortu cieplnego przy niższej o 2°C temperaturze powietrza wewnętrznego, co oczywiście generuje dodatkowe oszczędności.

Efektorem termomodernizacji mogą być lepsze warunki użytkowania budynków, na przykład w pomieszczeniach nie ma zimnych ścian czy podłóg, a budynek jest łatwiej ogrzać nawet przy największych mrozach. Większość materiałów ociepleniowych ma też dobre właściwości akustyczne. Ocieplenia przegród zewnętrznych i uszczelnienie okien ograniczy hałas w budynku, szczególnie jeśli obiekt jest zlokalizowany blisko ruchliwej drogi bez ekranów akustycznych.

Polacy w ankietach dotyczących przesłanek, jakimi się kierowali podejmując decyzje o termomodernizacji swojego domu, podawali głównie ograniczenie kosztu zużycia energii, zrobiło tak aż 80% ankietowanych Polaków. Ale dla 52% badanych ważna był poprawa jakości powietrza wewnętrznego, wykorzystanie materiałów przyjaznych środowisku (45%) oraz zwiększenie ilości światła dziennego w domach (37%) [2].

15.4. Zwiększanie wartości nieruchomości

W Polsce kluczowym czynnikiem decydującym o wartości nieruchomości jest jej wielkość i lokalizacja. Cena nieruchomości rośnie proporcjonalnie do powierzchni działki lub budynku, który się na niej znajduje. Ale gdy kupujący ma do wyboru w poszukiwanej lokalizacji kilka domów o podobnej wielkości, wówczas kieruje się przy wyborze względami architektonicznymi i estetycznymi. Duże znaczenie ma wtedy rozkład pomieszczeń, ich ilość i wielkość oraz estetyka elewacji i sposób zagospodarowania działki. Jeśli działka jest zaniedbana, porośnięta chwastami i krzakami, które wymagają wycinki, a budynek wymaga częściowego lub całkowitego remontu, to aby sprzedać nieruchomość właściciel musi znacznie obniżyć jej cenę. Patrząc odwrotnie, to budynek, który dzięki termomodernizacji (głównie ociepleniu ścian zewnętrznych i wymianie stolarki okiennej) zyskuje estetyczny wygląd, lepiej jest postrzegany przez potencjalnego kupca i wtedy jego cena w stosunku do sąsiednich niezmodernizowanych domów może wyraźnie wzrosnąć. Ponadto, nawet jeśli nieruchomość nie jest przeznaczona na sprzedaż, to z punktu widzenia zagadnień społecznych można również brać pod uwagę wzrost statusu społecznego i majątkowego właściciela termomodernizowanego budynku. W wielu krajach europejskich dobrze funkcjonuje system certyfikacji energetycznej budynków i kupujący w łatwy sposób orientują się, jakie będą koszty eksploatacji budynku ze względu na zużycie energii, co wpływa na decyzje zakupowe. Niestety w Polsce prezentacja charakterystyki energetycznej budynku w postaci tak zwanego suwaka (patrz rysunek 15.1) nie jest zrozumiała dla zwykłego obywatela, więc poziom efektywności energetycznej budynku ma mniejszy wpływ na cenę nieruchomości niż to się dzieje w innych krajach Unii Europejskiej.



Rysunek 15.1. Skala przedstawiająca zapotrzebowanie na energię pierwotną budynku

15.5. Polepszenie estetyki i funkcjonalności budynków

Systemy dociepleń ścian zewnętrznych budynku wpływają bezpośrednio również na estetykę domu i jego otoczenia. Dzięki nieograniczonej ilości dostępnych i dowolnie łączonych kolorów, możliwe jest swobodne kształtowanie wyglądu elewacji (rysunek 15.2). Ale taka duża swoboda kolorów i rodzajów tynków niesie też pewne niebezpieczeństwa. Należy pamiętać, że kolor elewacji wpływa na poziom pochłaniania energii słonecznej przez przegrodę i temperaturę jej powierzchni zewnętrznej, co może powodować naprężenia termiczne w warstwach ocieplenia i jego uszkodzenie. Również zbyt gruba izolacja termiczna ścian może mieć wpływ na estetykę budynku. Czasami zbyt gruba termoizolacja, zamienia dom w niezgrabny obiekt o niedoświetlonym wnętrzu. Dodatkowo zazwyczaj w takich przypadkach źle osadzone okna sprawiają wrażenie, że dom jest twierdzą z otworami strzelniczymi zamiast okien. Również nienaturalnie szerokie parapety psują estetykę wnętrza. Ponadto grube ściany zmniejszają powierzchnię użytkową przy takich samych wymiarach zewnętrznych budynku. Z problemem grubości ocieplenia można sobie poradzić stosując materiały izolacyjne o lepszych (niższych) wartościach współczynnika przewodzenia ciepła, np. pianki poliuretanowe.

Często w czasie termomodernizacji dokonuje się przebudów, które zmieniają funkcjonalność budynków. Powstają ogrody zimowe i ganki, które tworzą strefy buforowe zabezpieczając budynki przed wahaniami temperatury zewnętrznej w zimie i przegrzewaniem pomieszczeń w lecie, a dają też dodatkowe miejsce na strefy wypoczynku.

Często przy okazji ocieplenia poddasza dotychczas stanowiącego magazyn staroci powstają dodatkowe pomieszczenia dające większą przestrzeń do życia mieszkańców. Można też zaobserwować po zmianie źródła ciepła z paliwem stałym, na przykład przeznaczenie pomieszczeń, które były składem opału lub kotłownią na cele użytkowe na siłownię lub pokój zabaw. W najbardziej kompleksowych remontach wraz z termomodernizacją często budynki zostają powiększone w wyniku dobudowania pomieszczeń na parterze lub podwyższenie obiektu o jedno piętro, co zmienia pierwotną funkcjonalność.



Rysunek 15.2. Przykład projektu elewacji termomodernizowanego budynku

Autor: Grzegorz Tomaszewski

15.6. Wydłużenie żywotności budynków

Zazwyczaj domy jednorodzinne projektuje się na okres od 50-ciu do 60-ciu lat trwałości z dwudziestoletnimi okresami użytkowania między dużymi remontami. Tymczasem w praktyce mamy do czynienia z budynkami znacznie starszymi o różnym zużyciu technicznym. Przy okazji termomodernizacji dostają one drugie życie. Na przykład ocieplając dach często wymienia się lub wzmacnia jego elementy konstrukcyjne. Z kolei przy ocieplaniu ścian piwnic lub fundamentów wymienia się izolację przeciwwilgotnościową i osusza konstrukcję. Warto również wiedzieć, że dostępne na rynku kompletne systemy dociepleń nie tylko chronią budynek przed utratą ciepła, ale spełniają również rolę ochronną, odcinając jego konstrukcję od bezpośredniego wpływu środowiska. W efekcie wydłuża się żywotność budynków.

15.7. Dobre przykłady termomodernizacji budynków jednorodzinnych

Poniżej zaprezentowano przykłady głębokiej termomodernizacji budynków jednorodzinnych.

Przykład nr 1

Przykładem ciekawych działań modernizacyjnych może być głęboka termomodernizacja domu jednorodzinnego zlokalizowanego w okolicach Siedlec [1],[4]. Przed modernizacją był to typowy jednorodzinny dom z terenów wiejskich, wybudowany na przełomie lat 60 i 70., o powierzchni 92,7 m², murowany z cegły ceramicznej pełnej, niepodpiwniczony, z poddaszem nieużytkowym, nieocieplony, ogrzewany piecem kafłowym (patrz rysunek 15.3). Jedynymi elementami zmodernizowanymi był: dach, pierwotnie pokryty eternitem (właściciel wymienił pokrycie na blachodachówki) oraz nowe drzwi zewnętrzne i wewnętrzne. Ogólny stan techniczny budynku był dobry. Izolacyjność termiczna przegród zewnętrznych była niska i znacząco odbiegała od obecnych standardów oraz wymagań w zakresie ochrony cieplnej dla domów jednorodzinnych. Wraz z termomodernizacją budynku, inwestor zdecydował się na adaptację nieużytkowego strychu na pomieszczenia mieszkalne. Działanie to spowodowało powiększenie powierzchni mieszkalnej z pierwotnych 92,7 m² powierzchni użytkowej do 197,8 m².

Zaplanowano przeprowadzenie kompleksowej, głębokiej termomodernizacji domu, tak, aby był ciepły i komfortowy w użytkowaniu.



Rysunek 15.3. Dom jednorodzinny w okolicach Siedlec przewidziany do głębokiej termomodernizacji

fot. Dorota Pierzchalska, KAPE S.A

Dlatego przeprowadzono następujące działania termomodernizacyjne:

- Wykonano dodatkowe docieplenie ścian fundamentowych płytami polistyrenu ekstrudowanego ($\lambda=0,037 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) o grubości 18 cm.
- Zdemontowano istniejącą podłogę i wykonano nową zaizolowaną termicznie płytami polistyrenu ekstrudowanego ($\lambda=0,037 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) o grubości 18 cm.
- Wymieniono stare okna na nowe o lepszych parametrach izolacyjności cieplnej (wsp. $U_w=1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$). Montaż okien wykonano jako: ciepły, trójwarstwowy, na konsolach stalowych w warstwie izolacji cieplnej ściany. Zadbanano, aby zapewnić maksymalną szczelność powietrzną na styku okno-ściana.
- Zamontowano w oknach od strony południowej zewnętrzne rolety-markizy, wyposażone w ogniwa fotowoltaiczne niewymagające zewnętrznego zasilania. Rolety zamontowano w celu ochrony budynku przed przegrzewaniem.
- Wymieniono wszystkie drzwi, w tym drzwi zewnętrzne, wejściowe, na nowe o wsp. $U_d=1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

- Wykonano docieplenia ścian zewnętrznych płytami styropianu $\lambda=0,031$ W/(m·K) o grubości 28 cm w systemie ETICS.
- Wykonano ocieplenie połaci dachowych bez zmiany poszycia z istniejącej blachodachówki. Po wzmocnieniu konstrukcji ułożono płyty wełny mineralnej o wsp. $\lambda=0,030$ W/(m·K) i łącznej grubości 28 cm oraz ułożono folię paroszczelną.
- Zdemontowano istniejące piece kaflowe oraz wykonano nową instalację centralnego ogrzewania, w której źródłem ciepła jest nowoczesny kocioł zgazowujący drewno.
- Zamontowano we wszystkich ogrzewanych pomieszczeniach nową instalację grzewczą wyposażoną w płytowe stalowe grzejniki.
- Wyposażono instalację grzewczą w zasobnik ciepłej wody.
- Zamontowano wentylację mechaniczną z rekuperatorem o sprawności wynoszącej 86%.

Wraz z termomodernizacją wykonano przebudowę budynku polegającą na:

- poszerzeniu otworów drzwiowych drzwi wewnętrznych,
- dostosowaniu strychu na funkcję mieszkalną, pociągało to za sobą konieczność wykonania schodów, otworu w istniejącym stropie, wykonaniu ścian na piętrze oraz okien dachowych,
- powiększeniu okien pokoju dziennego od strony południowej.
- wzmocnienie konstrukcji dachu tak, aby można było go bezpiecznie ocieplić oraz wstawić pięć okien dachowych.
- Wzmocnieniu belek stropowych nad parterem.

Przed modernizacją budynek zużywał na ogrzewanie około 133,4 GJ energii końcowej rocznie. Po modernizacji budynek zużywa około 15 razy mniej energii – około 8,89 GJ energii rocznie.

Dzięki przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji (rysunek 15.4) zdołano zmniejszyć obliczeniowe zapotrzebowanie na energię zarówno na c.o. jak również c.w.u. budynku o 90%.

Koszt modernizacji budynku wraz z rozbudową wyniósł około 180 000 zł. Zmniejszenie zużycia energii jest bardzo znaczne, co niestety nie przenosi się na bardzo dobry wynik ekonomiczny inwestycji. Spowodowane jest to bardzo tanią energią, którą inwestor pozyskuje z biomasy. Należy jednak zauważyć, iż komfort użytkownika kotła na biomasę jest znacznie wyższy od pieca kaflowego oraz na fakt lepszej możliwości regulacji temperatury wewnątrz pomieszczeń. Zmiany te znacznie zwiększają komfort życia w domu. Należy także pamiętać, że przed termomodernizacją dom był uznawany przez właściciela jako zimny. Istotny jest również duży efekt ekologiczny spowodowany likwidacją przygotowania c.w.u. w podgrzewaczu elektrycznym i zastąpienie go energią pozyskiwaną z biomasy. Roczna emisja CO₂ związana z eksploatacją budynku wynosiła przed termomodernizacją: 26 404 kg CO₂ rocznie. Natomiast po termomodernizacji powinna wynosić 5 029 kg CO₂ rocznie. Oznacza to, że w wyniku termomodernizacji nastąpiła redukcja emisji CO₂ o 81%.



Rysunek 15.4. Budynek po wykonaniu termomodernizacji

fot. Dorota Pierzchalska, KAPE S.A

Przykład nr 2

Przykładem głębokiej termomodernizacji domu jednorodzinnego jest budynek zlokalizowany we Wrocławiu. Przed modernizacją był to typowy jednorodzinny dom z połowy lat 70 o powierzchni 271 m², murowany z cegły ceramicznej pełnej 38 cm. Stropodach izolowany żużlem paleniskowym gr. średnio 10 cm. Budynek podpiwniczony z piwnicami w pełni ogrzewanymi. System grzewczy oparty na kotłach na koks, centralne ogrzewanie realizowane za pomocą grzejników żeliwnych, bez sprawnych zaworów regulacyjnych.

Ogólny stan techniczny budynku był dostateczny. Izolacyjność termiczna przegród zewnętrznych była niezadowalająca i znacząco odbiegała od obecnych standardów oraz wymagań w zakresie ochrony cieplnej dla domów jednorodzinnych. Wraz z termomodernizacją budynku, inwestor zdecydował się na adaptację tarasu na pomieszczenia użytkowe. Działanie to spowodowało powiększenie powierzchni użytkowej z pierwotnych 271 m² powierzchni użytkowej do 278 m². Na rysunku 15.5 pokazano dom przed modernizacją.

Zaplanowano przeprowadzenie kompleksowej, głębokiej termomodernizacji budynku tak, aby był ciepły i komfortowy w użytkowaniu i spełniał wymagania energetyczne, jak dla domów pasywnych.



Rysunek 15.5. Dom jednorodzinny przewidziany do głębokiej termomodernizacji

fot. Jerzy Żórawski

Dlatego przeprowadzono następujące działania termomodernizacyjne:

- Wykonano dodatkowe docieplenie ścian fundamentowych płytami polistyrenu ekstrudowanego ($\lambda=0,032 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) o grubości 25 cm.
- Wymieniono stare okna na nowe o lepszych parametrach izolacyjności cieplnej (wsp. $U_w=0,8 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$). Montaż okien wykonano jako: ciepły, przez zmianę lokalizacji z węgaraka do liza ściany zewnętrznej.
- Zadbane, aby zapewnić maksymalną szczelność powietrzną na styku okno-ściana.
- Zamontowano w oknach od strony południowej zewnętrzne tzw. refleksy, sterowane ręcznie, zamontowano je w celu ochrony budynku przed przegrzewaniem.
- Wymieniono wszystkie drzwi, w tym drzwi zewnętrzne, wejściowe na nowe o wsp. $U_d=1,0 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.
- Wykonano docieplenia ścian zewnętrznych płytami styropianu $\lambda=0,031 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ o grubości 25 cm w systemie BSO.
- Wykonano modernizację dachu z niewentylowanego na wentylowany, ocieplony wełną celulozową gr. 50–60 cm
- Zdemontowano istniejący kocioł na koks oraz wykonano nową instalację centralnego ogrzewania, opartą na powietrznej pompie ciepła.

- Ciepła woda przygotowywana jest w lecie z kolektorów słonecznych o powierzchni 8,2 m². Wyposażono instalację grzewczą w zasobnik ciepłej wody izolowany pianką PUR 10 cm.
- System grzewczy sterowany BMS-em.
- Zamontowano wentylację mieszaną, częściowo opartą o zdecentralizowaną wentylację mechaniczną z rekuperatorem o sprawności wynoszącej 70%, częściowo naturalną z nawiewnikami ciśnieniowymi sterowanymi ręcznie.

Przed modernizacją budynek charakteryzował się:

- obciążeniem cieplnym na c.o. 29,6 kW,
- zapotrzebowaniem na energię użytkową na c.o. około 176,08 GJ, EUco – 175,9 kWh/m²rok,
- zapotrzebowaniem na energię końcową na c.o. 293 GJ/rok.

Po modernizacji budynek charakteryzuje się:

- obciążeniem cieplnym na c.o. 5,9 kW,
- zapotrzebowaniem na energię użytkową na c.o. około 24,5 GJ, EUco – 24,48 kWh/m²rok,
- zapotrzebowaniem na energię końcową na c.o. 10,3 GJ/rok.

Koszt modernizacji budynku wraz z rozbudową wyniósł około 145 000 zł. Zmniejszenie zużycia energii jest bardzo znaczne, co niestety nie przynosi się na bardzo dobry wynik ekonomiczny inwestycji. Na rysunku 15.6 przedstawiono widok budynku po termomodernizacji.



Rysunek 15.6. Dom jednorodzinny po głębokiej termomodernizacji

fot. Jerzy Żórawski

Podsumowanie przykładów termomodernizacji

Przedstawione przykłady głębokiej termomodernizacji domów jednorodzinnych pokazują, że istnieje techniczna możliwość osiągnięcia znacznych (około 90%) oszczędności energii końcowej w wyniku termomodernizacji typowego domu jednorodzinnego wybudowanego w latach 60, 70 i 80 ubiegłego wieku. Jednak analiza ekonomiczna tego typu przedsięwzięć nie napawa optymizmem. Tego typu domy ogrzewane są najczęściej energią z taniego węgla i/lub pozyskiwaną lokalnie z biomasy, której koszty dla właściciela domu są znikome, więc okresy zwrotu nakładów są rzędu kilkudziesięciu lat. Opłaca się jednak termomodernizować takie domy ze względu na przeciwdziałanie zjawisku smogu i jego konsekwencji zdrowotnych dla człowieka.

Literatura:

- [1] Pierzchalska D., Węglarz A., Praktyczna realizacja idei głębokiej termomodernizacji, *Materiały Budowlane* 1/2016 str. 23-25.
- [2] <https://www.budujemydom.pl/okna-i-drzwi/23237-glowna-przyczyna-remontu-domu-jest-zwiekszenie-energooszczednosci> – dostęp 30.09.2018.
- [3] <http://ladnydom.pl/budowa/7,106570,20623139,ocieplenie-domu-ile-mozna-zaoszczedzic.html> – dostęp 30.09.2018.
- [4] Pierzchalski M., Single-Family Residential Building Energy Retrofit: A Case Study. In: Ryńska E., U. Koźmińska, Zinowiec-Cieplik K., Rucińska J., & Szybińska-Matusiak B. (Eds.). *Design Solutions for nZEB Retrofit Buildings* (pp. 248–274). Hershey, PA: IGI Global. (2018). doi:10.4018/978-1-5225-4105-9.ch011.
- [5] Kasperkiewicz K., *Termomodernizacja budynków*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018, 230 str.
- [6] Kaliszuk-Wietecha A. E.: *Budownictwo zrównoważone. Wybrane zagadnienia z fizyki budowli*, Wydawnictwo Naukowe PWN, (2017).
- [7] Praca zbiorowa pod redakcją Jerzego Sowy. *Budynki o niemal zerowym zużyciu energii*, Politechnika Warszawska, Warszawa 2017.

Ponad połowa Polaków mieszka w budynkach jednorodzinnych. Niestety jak dowodzą badania, większość z nich ma niski standard energetyczny i nie zapewnia odpowiedniego komfortu. Ogrzewane są zazwyczaj przestarzałymi urządzeniami, co przyczynia się do powstania zjawiska smogu. Rozwiązaniem tych problemów może być kompleksowa termomodernizacja. O tym jak ją przeprowadzić, aby uzyskać zamierzone efekty oraz jak skorzystać ze wsparcia dowiedzą się Państwo z niniejszej książki.

Książka dotyka bardzo istotnego z punktu widzenia gospodarczego i społecznego zagadnienia kompleksowej termomodernizacji w odniesieniu do budynków jednorodzinnych. Przedstawia w sposób wyczerpujący zagadnienia termomodernizacji – od wyjaśnienia celowości tego procesu i podstawowych pojęć, przez kwestie prowadzenia samego procesu termomodernizacji aż po analizę potencjalnych zysków.

dr hab. inż. Ryszard Robert Gajewski

Książka może być pomocna dla projektantów, wykonawców oraz nadzoru budowlanego w trakcie podnoszenia kwalifikacji.

prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz

Publikacja „Kompleksowa termomodernizacja budynków jednorodzinnych” to jedno z zadań projektu „Termomodernizacja – to się opłaca”, ponadregionalnego programu aktywnej edukacji grup zawodowych na rzecz wspierania efektywnego zarządzania energią, dofinansowanego ze środków Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014–2020. Projekt realizowany jest przez Fundację Ziemia i Ludzie.

Zapraszamy na www.termomodernizacjadowow.pl