# Okna a oszczędność energii w budynkach

**Zmieniające się co kilka lat wymagania cieplne dla budynków powodują, iż obiekty zaprojektowane i wzniesione w latach ubiegłych, odbiegają znacząco od obecnie obowiązujących standardów energetycznych, a jeszcze bardziej od tych, które będą obowiązywały od 2017 i 2021 r.**

## Wstęp

Efektem zmieniających się wymagań cieplnych, są stale rosnące koszty ogrzewania dające się zauważyć szczególnie w przypadkach korzystania przez źródło ciepła z droższych paliw. Biorąc pod uwagę to, iż w Polsce rzeczywisty sezon grzewczy wynosi od 7 do 8 miesięcy, kwestia dbałości o odpowiednią izolacyjność cieplną budynku jest bardzo istotna.

Kompleksowe termomodernizacje budynków polegają na:

- poprawie jakości termicznej przegród zewnętrznych nieprzezroczystych
- poprawie jakości termicznej przegród zewnętrznych przezroczystych
- poprawie szczelności budynku
- modernizacji systemu wentylacji
- modernizacji instalacji centralnego ogrzewania (w tym stosowanie indywidualnego rozliczania kosztów)
- modernizacji źródła ciepła.

Okna są bardzo ważnym elementem każdego budynku i mają dość złożoną rolę w kształtowaniu jego bilansu energetycznego. Wynika to z faktu, iż są źródłem strat ciepła przez przenikanie, zdecydowanie większych w stosunku do innych przegród zewnętrznych i dodatkowo mogą przyczyniać się do strat ciepła poprzez nieszczelności – źródło dodatkowego powietrza infiltracyjnego. Są elementem systemu wentylacji naturalnej działającej mniej lub bardziej sprawnie, w zależności od stopnia szczelności oraz wyposażenia lub nie w nawiewniki.
Z drugiej jednak strony okna umożliwiają bierne korzystanie z energii słonecznej, co może w znacznym stopniu przyczyniać się do poprawy bilansu cieplnego budynku. Wartość energii, zarówno traconej jak i uzyskiwanej przez okna, jest szczególnie istotna w przypadku budynków o obniżonym zapotrzebowaniu (niskoenergetycznych), ponieważ w takiej sytuacji mogą mieć one decydujący wpływ na bilans cieplny budynku.

## Współczynniki charakteryzujące okna związane z bilansem energetycznym budynku

Pod względem energetycznym (straty ciepła przez przenikanie) okna charakteryzuje współczynnik przenikania ciepła $U_w$ [W/(m$^2$K)], zależny od izolacyjności ramy, pakietu szybowego oraz liniowego współczynnika przenikania ciepła mostka cieplnego na styku szyby z ramą okna. Izolacyjność okien poprawia zwiększenie liczby szyb w profilu oraz wypełnienie przestrzeni międzyszybowej gazami szlachetnymi, np. argonem lub kryptonem czy pokrywanie szyb powłokami selektywnymi. Stosuje się również tzw. ciepłe ramki, czyli międzyszybowe ramki polimerowe wpływające na poprawę termiki okna (zmniejszenie liniowego współczynnika przenikania ciepła w miejscu połączenia pakietu szklanego z ramą).
Warunki techniczne dotyczące budynków i ich usytuowania systematycznie ulegają zmianie w kierunku ograniczenia zapotrzebowania na ciepło. 1 stycznia 2014 r. weszły w życie zaostrzone, również w stosunku do okien, wymagania cieplne (tabela 1) [1].
W tabeli 1 przedstawiono obowiązujące oraz przyszłe graniczne współczynniki przenikania ciepła $U_{max}$ dla przegród przezroczystych.

| Lp. | Okna, drzwi balkonowe i drzwi zewnętrzne | Współczynnik przenikania ciepła $U_{max}$ [W/(m²K)] | | |
|---|---|---|---|---|
| | | od 1 stycznia 2014 r. | od 1 stycznia 2017 r. | od 1 stycznia 2021 r.* |
| 1 | Okna (z wyjątkiem okien połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne:<br>a) przy ti ≥ 16°C<br>b) przy ti < 16°C | 1,3<br>1,8 | 1,1<br>1,6 | 0,9<br>1,4 |
| 2 | Okna połaciowe:<br>a) przy ti ≥ 16°C<br>b) przy ti < 16°C | 1,5<br>1,8 | 1,3<br>1,6 | 1,1<br>1,4 |
| 3 | Okna w ścianach wewnętrznych:<br>a) przy Δti ≥ 8°C<br>b) przy Δti < 8°C<br>c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego | 1,5<br>bez wymagań<br>1,5 | 1,3<br>bez wymagań<br>1,3 | 1,1<br>bez wymagań<br>1,1 |
| 4 | Drzwi w przegrodach zewnętrznych lub w przegrodach między pomieszczeniami ogrzewanymi i nieogrzewanymi | 1,7 | 1,5 | 1,3 |
| 5 | Okna i drzwi zewnętrzne w przegrodach zewnętrznych pomieszczeń nieogrzewanych | bez wymagań | bez wymagań | bez wymagań |

* od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością;
pomieszczenie ogrzewane – pomieszczenie, w którym na skutek działania systemu ogrzewania lub w wyniku bilansu strat i zysków ciepła utrzymywana jest temperatura, której wartość została określona w § 134 ust. 2 rozporządzenia;
ti – temperatura pomieszczenia ogrzewanego zgodnie z § 134 ust. 2 rozporządzenia

Tabela 1. Wartości współczynnika przenikania ciepła U okien, drzwi balkonowych i drzwi zewnętrznych nie mogą być większe niż wartości $U_{max}$

Pamiętać należy, iż izolacyjność termiczna nawet dobrego okna jest kilkukrotnie niższa od izolacyjności ściany (na przykład dobra ściana charakteryzuje się współczynnikiem U = 0,20 W/(m$^2$K) natomiast bardzo dobre okno ma współczynnik U = 0,9 W/(m$^2$K)).
Jednakże okna są nie tylko źródłem strat ciepła, ale również dzięki oszkleniu pozyskujemy energię promieniowania słonecznego. Poza parametrem U, który charakteryzuje straty ciepła przez okno, każdy rodzaj szyb charakteryzuje się współczynnikiem przepuszczalności energii promieniowania słonecznego g. Im wyższa jego wartość, tym zyski od słońca są większe. Im niższa wartość współczynnika U, tym trudniej zachować wysoką wartość współczynnika g [2]. Na wielkość g ma wpływ również ewentualne zastosowanie w budynku osłon przeciwsłonecznych. Całkowitą wartość współczynnika przepuszczalności promieniowania słonecznego oblicza się wg [1] ze wzoru:

$$g = f_c \cdot g_n$$

gdzie:
$f_c$ – współczynnik redukcji promieniowania ze względu na zastosowanie urządzenia przeciwsłonecznego, w okresie letnim nie może być większy niż 0,35
$g_n$ – współczynnik przepuszczalności energii promieniowania słonecznego.

| Lp. | Typ oszklenia | Współczynnik całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego $g_n$ |
|---|---|---|
| 1 | Pojedynczo szklone | 0,85 |
| 2 | Podwójnie szklone | 0,75 |
| 3 | Podwójnie szklone z powłoką selektywną | 0,67 |
| 4 | Potrójnie szklone | 0,70 |
| 5 | Potrójnie szklone z powłoką selektywną | 0,50 |

Tabela 2.

Wartości współczynnika całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego [1]

Jeśli w deklaracji właściwości użytkowych okna nie ma podanych wartości współczynnika przepuszczalności promieniowania słonecznego, należy skorzystać z tabeli 2, gdzie zestawiono wartości współczynnika całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego $g_n$.
Wartości współczynnika redukcji promieniowania ze względu na zastosowanie urządzeń

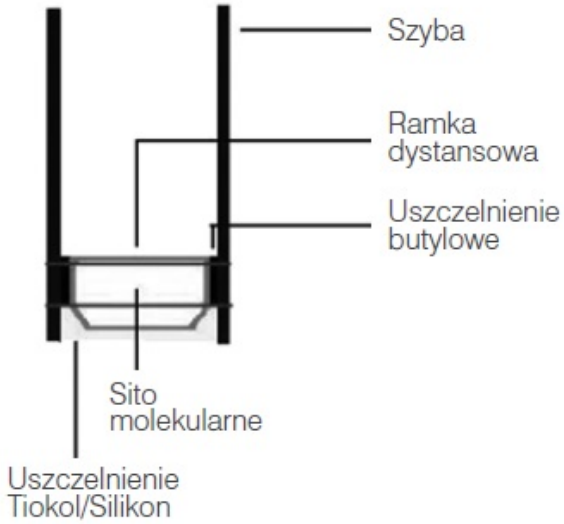
przeciwsłonecznych $f_c$ znajdują się w tabeli 3.

| Typ zasłon | Właściwości optyczne | | Współczynnik redukcji promieniowania $f_c$ | |
|---|---|---|---|---|
| | Współczynnik absorpcji | Współczynnik przepuszczalności | Osłona wewnętrzna | Osłona zewnętrzna |
| Białe żaluzje o lamelach nastawnych | 0,10 | 0,05<br>0,10<br>0,30 | 0,25<br>0,30<br>0,45 | 0,10<br>0,15<br>0,35 |
| Zasłony białe | 0,10 | 0,50<br>0,70<br>0,90 | 0,65<br>0,80<br>0,95 | 0,55<br>0,75<br>0,95 |
| Zasłony kolorowe | 0,30 | 0,10<br>0,30<br>0,50 | 0,42<br>0,57<br>0,77 | 0,17<br>0,37<br>0,57 |
| Zasłony z powłoką aluminiową | 0,20 | 0,05 | 0,20 | 0,08 |

Tabela 3. Wartości współczynnika redukcji promieniowania słonecznego $f_c$ [1]

**Poprawa jakości termicznej okien**

Ewolucja i rewolucja na rynku produkcji szkła budowlanego rozpoczęła się od zastąpienia szkła ciągnionego szkłem walcowanym typu float. Nieco później do powszechnego użytku trafiło szkło niskoemisyjne i miękkopowłokowe, a przestrzeń pomiędzy szybami zaczęto wypełniać mieszaninami gazów szlachetnych i powietrza. Elementem służącym do łączenia tafli szkła w pakiecie szyby zespolonej i zapewniającym właściwą odległość pomiędzy nimi były ramki dystansowe, wykonywane głównie z aluminium. Połączenie wszystkich nowych technologii w produkcji szyb zespolonych doprowadziło do radykalnego obniżenia wartości ich współczynnika przenikania ciepła (dla pakietu szklanego) z poziomu $U_g$ = 2,9 W/(m$^2$K) do $U_g$ = 1,1 W/(m$^2$K). Warto w tym miejscu wskazać, że podane wyżej wartości współczynników przenikania ciepła szyb dotyczą wyłącznie środkowej części szyby.




Rys. 1. Szyba zespolona

Równoległy rozwój technologii produkcji kształtowników okiennych i narastająca tendencja do tworzenia konstrukcji umożliwiających maksymalne ograniczanie strat energii przez okna, doprowadziły do sytuacji, w której najsłabszym ogniwem nowoczesnych okien okazała się strefa brzegowa szyby zespolonej i jej styk z profilami okiennymi. Powodem powstawania mostka cieplnego w tej strefie i zwiększonego przepływu energii od ciepłej szyby wewnętrznej w kierunku zimnej szyby zewnętrznej była wysoka przewodność cieplna aluminium stosowanego do produkcji ramek dystansowych. Konieczne stało się opracowanie technologii produkcji szyb zespolonych z ramkami dystansowymi wykonanymi z materiałów o niższej przewodności cieplnej niż aluminium.

W warunkach eksploatacyjnych w mieszkaniach, szczególnie w pomieszczeniach o zwiększonej emisji wilgoci (kuchnie, łazienki) przy niższych temperaturach zewnętrznych, może dochodzić na skutek lokalnego

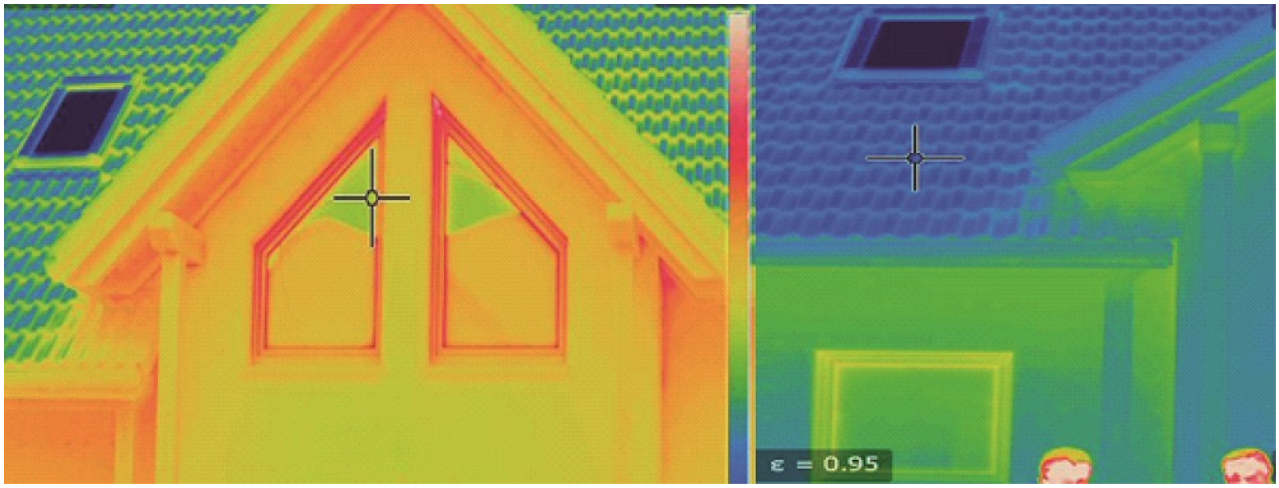
przekroczenia temperatury punktu rosy do wykraplania wilgoci na najzimniejszej powierzchni. Zwykle jest nią wewnętrzna krawędź okna. Jeżeli nie jest to zjawisko wyłącznie wyjątkowe (zdarza się częściej w sezonie grzewczym) prowadzi ono do powstawania na krawędziach okien idealnych warunków dla rozwoju pleśni. Z kolei zarodniki pleśni dostające się do powietrza oddziaływują negatywnie na zdrowie mieszkańców.

Ciepłe ramki dystansowe są wykonane z izolacyjnego kompozytu tworzyw sztucznych (polimerów), który charakteryzuje się znacznie niższym w stosunku do metalu współczynnikiem przewodzenia ciepła. W efekcie takie ramki dystansowe minimalizują mostek liniowy, co zmniejsza ilość ciepła traconego przez okno i podwyższa temperaturę na krawędzi szyby, ograniczając możliwość skraplania wilgoci z powietrza w tym miejscu.

Powierzchnia okien w budynku jest ściśle określona. Nie może być ona zbyt duża zarówno ze względu na możliwość zwiększonych strat ciepła jak i nadmiernego przegrzewania pomieszczeń w miesiącach letnich. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dn. 5.07.2013 r. [1] ogranicza wielkość powierzchni przeszklonych w budynku mieszkalnym i zamieszkania zbiorowego. Pole powierzchni $A_o$ [$m^2$] okien oraz przegród szklanych i przezroczystych o współczynniku przenikania ciepła nie mniejszym niż 0,9 W/($m^2$K), obliczone wg ich wymiarów modularnych, nie może przekraczać wartości $A_{omax}$:

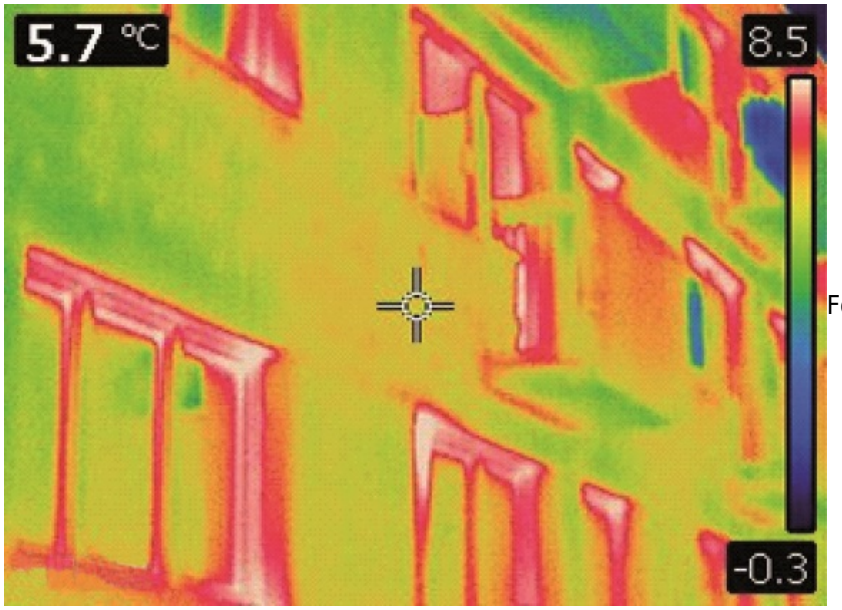
$$A_{omax} = (0{,}15 \cdot A_z) + (0{,}03 \cdot A_w)$$

gdzie:
$A_z$ – suma pól powierzchni rzutu poziomego wszystkich kondygnacji nadziemnych (po zewnętrznym obrysie budynku) w pasie o szerokości 5 m wzdłuż ścian zewnętrznych
$A_w$ – suma pól powierzchni pozostałej części rzutu poziomego wszystkich kondygnacji po odjęciu $A_z$.



Fot. 1. Fragmenty elewacji budynków z oknami montowanymi metodą ciepłego montażu

Ważny jest również sposób montażu okien. W krajach Europy Zachodniej już od kilkunastu lat standardowo stosowany jest tak zwany „ciepły montaż”. Jest to trójwarstwowy system uszczelnienia okien. W Polsce stosowany w zasadzie wyłącznie w budynkach niskoenergetycznych (np. w systemach NF15 czy NF40). Termogramy okien zamontowanych metodą trójwarstwową w budynkach energooszczędnych zamieszczono na fot. 1. Widoczny brak strat ciepła wokół okien zdecydowanie odróżnia ten sposób montażu od tradycyjnego widocznego na fot. 2 (fragment elewacji z wymienionymi podczas termomodernizacji oknami – widoczne podwyższone przepływy ciepła wokół praktycznie wszystkich okien). W standardowych budynkach inwestorzy często nie przywiązują aż tak dużej wagi do montażu okien, sugerując się bardziej wyborem tańszego rozwiązania (montaż tradycyjny na piankę lub silikon).



Fot. 2. Fragment elewacji z oknami zamontowanymi metodą tradycyjną

Montaż tradycyjny nie jest rozwiązaniem złym, jednak zwrócić trzeba uwagę na poprawne i dokładne jego wykonanie. Podczas osadzania okna w murze powstają mostki termiczne na styku ościeżnica-ściana, które mają wpływ na bilans cieplny całego budynku, dlatego należy dążyć do ich minimalizacji. Możliwe jest to wtedy, gdy okno będzie odpowiednio usytuowane względem ściany i jej izolacji termicznej.

Można wyróżnić trzy główne przypadki:

- ściana jednowarstwowa
- ściana dwuwarstwowa
- ściana trójwarstwowa.

W ścianie jednowarstwowej warunek zminimalizowania wpływu mostka termicznego wokół ościeżnicy spełnia montaż w środku grubości muru. W ścianie dwuwarstwowej lub przy docieplaniu ściany jednowarstwowej, najlepszy efekt uzyskujemy licując ościeżnicę ze ścianą od strony zewnętrznej (ocieplenie może częściowo zamykać drogę ucieczki ciepła wchodząc nawet w minimalnym stopniu na ościeżnicę) [3]. W ścianie trójwarstwowej okna powinny być zamontowane w płaszczyźnie ocieplenia z maksymalnym wysunięciem na zewnątrz, aż do dociśnięcia ościeżnicy do węgarka (element, który wraca do łask w budynkach tradycyjnych).

Ostatnio spotyka się, szczególnie w budynkach niskoenergetycznych, montaż okien w ścianie dwuwarstwowej w płaszczyźnie izolacji termicznej, co oznacza konieczność zamontowania okna poza obrysem konstrukcji ściany (na zewnątrz). Służą do tego specjalne profile wchodzące w skład systemu montażowego. Po dołożeniu docieplenia okno jest wmontowane w jego płaszczyźnie analogicznie jak w ścianie trójwarstwowej.
Podczas termomodernizacji budynku z wymianą okien, można przyjąć montaż jak dla ściany dwuwarstwowej. Jeśli nie wymieniamy okien należy ocieplić tzw. glify, wywijając na nie warstwę ocieplenia i dociągając ją do ościeżnicy (przeważnie jest to mniejsza grubość niż stosowana na całej powierzchni ściany, ze względu na ograniczoną wysokość profilu ościeżnicy wystający ponad mur). Także montaż wewnętrznych i zewnętrznych parapetów, powinien być wykonany w taki sposób, aby uniemożliwić ich bezpośredni kontakt z ominięciem izolacji termicznej. Dobre wykorzystanie systemowych elementów i pianki montażowej jest podstawą uniknięcia dodatkowych mostków termicznych w tym miejscu.

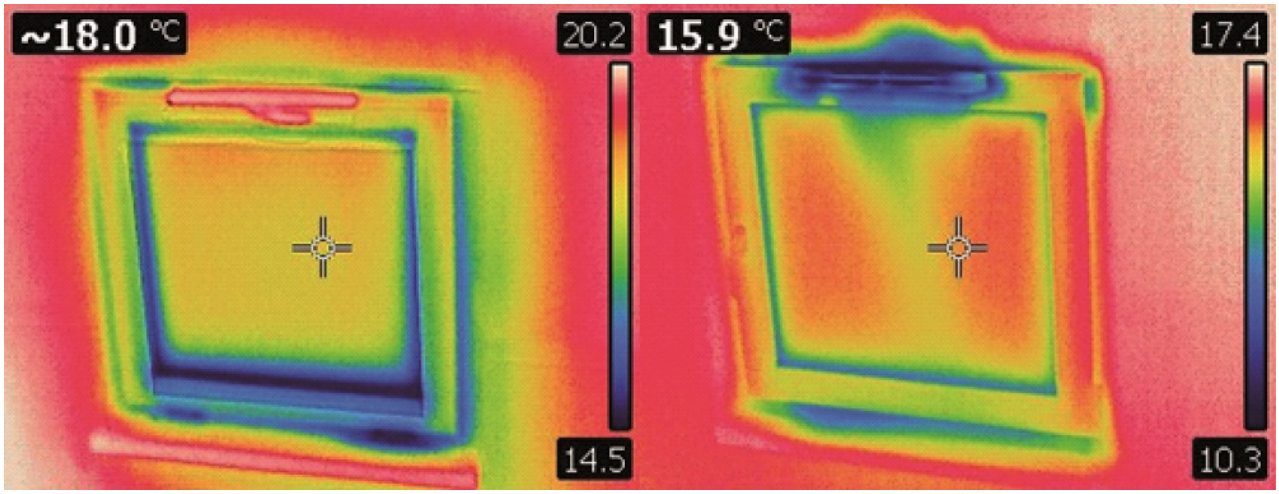
Ostatnio możemy się spotkać ze wzrostem zainteresowania ciepłym montażem. Podstawowym celem tego systemu jest wyeliminowanie mostków termicznych, zabezpieczenie warstwy izolacji termicznej przed degradacją i zlikwidowanie niekontrolowanych strumieni powietrza. Jednoczesne zabezpieczenie izolacji przed wilgocią i zapewnienie jej stałej wentylacji, pozwala na utrzymanie spoiny w stanie suchym z możliwością optymalnego spełniania swojego zadania. Zachowując zasadę „wewnątrz szczelniej niż na zewnątrz”, zapewnia się spoinie optymalne warunki, które wpływają na jej trwałość i jakość. Metoda

tradycyjna osadzania stolarki okiennej, powszechnie stosowana w Polsce prowadzi do strat ciepła, tworzenia się mostków termicznych oraz zawilgocenia warstwy izolacji, czego efektem jest ryzyko pojawienia się niebezpiecznego dla zdrowia zagrzybienia oraz zwiększone koszty ogrzewania [5].
Wg aktualnie obowiązujących warunków technicznych budynek i jego instalacje powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby zużycie energii na cele ogrzewania, ciepłej wody, wentylacji i klimatyzacji (w przypadku budynków innych niż mieszkalne, również na cele oświetlenia) można było utrzymać na jak najniższym poziomie. Oznacza to, że spełnione mają być jednocześnie dwa wymagania podstawowe:

- wartość wskaźnika EP [kWh/($m^2$rok)] określającego roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną budynku powinna być mniejsza od wartości granicznej
- przegrody zewnętrzne budynku spełniają wymagania izolacyjności cieplnej określone maksymalnymi wartościami współczynnika przenikania ciepła U.

Dla budynku podlegającego przebudowie wymagane jest spełnienie tylko drugiego warunku.

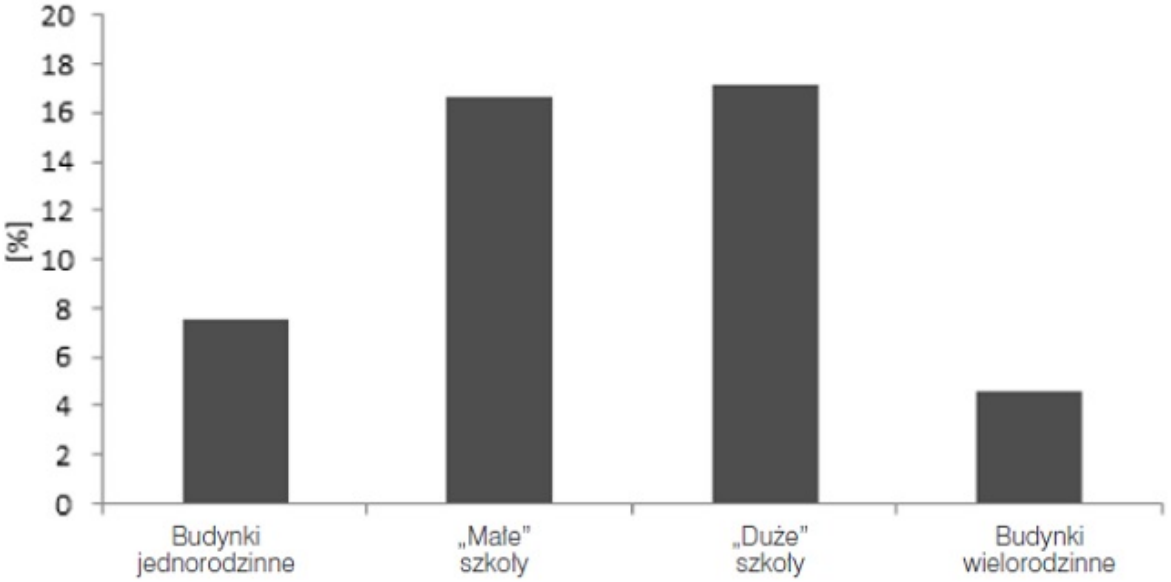
Jeśli budynek nie jest wyposażony w wentylację mechaniczną nawiewną bądź nawiewno-wywiewną, to w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi należy w oknach montować nawiewniki, które zapewnią regulowany dopływ powietrza zewnętrznego.
Tak więc połączenia okien z ościeżami należy projektować i wykonywać pod kątem osiągnięcia ich całkowitej szczelności na przenikanie powietrza, a w celu umożliwienia swobodnego dopływu świeżego powietrza stosować nawiewniki, zamiast „zrzucać” tę funkcję na nieszczelności wynikające z niewłaściwego montażu okien. Przykłady nie do końca poprawnego montażu okien (metodą tradycyjną) oraz niewłaściwego i właściwego działania nawiewników okiennych przedstawiono na fot. 3.



Fot. 3. Termogramy okien montowanych standardowo: z lewej – z niepoprawnie działającym nawiewnikiem, z prawej – z poprawnie działającym nawiewnikiem

Biorąc pod uwagę budowę okna i pełnioną funkcję (przegroda przezroczysta) okna są jednym z głównych elementów zewnętrznych budynku, który ma znaczący wpływ na jego charakterystykę termiczną. Jest to bardzo istotne podczas planowania prac termomodernizacyjnych. Okna w znacznym stopniu decydują o bilansie cieplnym budynku, nie tylko po stronie strat, ale także i zysków (pozyskiwana w sposób bierny energia słoneczna). Przegrody przezroczyste są odpowiedzialne średnio za 15-25% strat energii cieplnej.

W artykule [3, 4] autorzy na podstawie danych pochodzących z monitoringu zużycia energii oraz audytów energetycznych analizowali oszczędności energii wynikające z wymiany stolarki, dla różnych grup budynków. Zależnie od rodzaju budynku oraz liczby wymienianych okien i ich stanu wyjściowego oszczędności wynoszą od 5 do ponad 17% (rys. 2).




R

ys. 2. Udział oszczędności energii uzyskanej w wyniku wymiany stolarki w stosunku do całkowitego zużycia przed modernizacją dla grup budynków rozpatrywanych w artykule [3, 4]

**Podsumowanie**

Okna są bardzo istotnym elementem każdego budynku. Pamiętając o funkcji podstawowej (doprowadzenie światła dziennego do wnętrza budynku) nie można zapominać o wpływie okien na bilans energetyczny oraz na system wentylacyjny budynku. Z racji swojej specyfiki, jako przegrody budowlane przezroczyste, wpływają zarówno pozytywnie (zyski ciepła) jak i negatywnie (straty ciepła) na charakterystykę energetyczną budynku. Z przyczyn oczywistych znaczenie ma nie tylko powierzchnia i parametry techniczne okien, ale również ich rozmieszczenie na poszczególnych elewacjach. Należy brać pod uwagę nie tylko straty ciepła zimą, ale także możliwość powstania nadmiernych zysków latem (potencjalny koszt klimatyzacji). Ważną sprawą jest poprawny montaż okien, aby zminimalizować możliwość powstania liniowych mostków termicznych powiększających straty ciepła. W większości budynków w naszym kraju istnieje system wentylacji naturalnej, co powoduje konieczność wyposażania okien w odpowiednie nawiewniki, umożliwiające w warunkach szczelności stolarki doprowadzenie niezbędnej, z punktu widzenia potrzeb higienicznych, ilości powietrza zewnętrznego do wnętrza budynku.

**Literatura**

1. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dn. 5.07.2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
2. Kalinowska-Wichrowska K., *Modernizacja stolarki okiennej i jej efektywność ekonomiczno-energetyczna*, Wybrane zagadnienia budownictwa energooszczędnego, Płock, 2014, str. 135-143.
3. Sarosiek W., Sadowska B., *Okna a komfort użytkowania budynków oraz efekty termomodernizacji, część 1*, Świat szkła, 10/2008, str. 42-45.
4. Sarosiek W., Sadowska B., *Okna a komfort użytkowania budynków oraz efekty termomodernizacji, część 2*, Świat szkła, 12/2008, str. 42-45.
5. Sarosiek W., Kalinowska-Wichrowska K., *Energetyczno-ekonomiczny aspekt okien w budynkach niskoenergetycznych*, Izolacje, 07-08/2014, str. 56-60.

mgr inż. Katarzyna Kalinowska-Wichrowska
dr inż. Wiesław Sarosiek
Politechnika Białostocka