Załączniki 3.
Metodologia wyznaczania efektywności energetycznej stolarki budowlanej

ETYKIETA ENERGETYCZNA STOLARKI

Spis treści

1. Wprowadzenie 1

2. Wymagania ujęte w dyrektywach 2009/125/WE oraz 2010/30/UE 1

3. Określenie efektywności energetycznej stolarki budowlanej 2

3.1. Określenie wskaźników efektywności energetycznej 2

3.2. Wyznaczenie efektywności energetycznej okna w okresie grzewczym 4

3.3. Obliczenie efektywności energetycznej okna pionowego oraz dachowego 5

3.4. Wyznaczenie efektywności energetycznej okien pionowych 5

Klasyfikacja energetyczna stolarki pionowej: 6

3.5. Wyznaczenie wskaźnika efektywności energetycznej okien pionowych w okresie grzewczym i w okresie chłodzenia 7

3.6. Wyznaczenie efektywności energetycznej okien dachowych 9

Klasyfikacja energetyczna stolarki dachowej: 10

3.7. Wyznaczenie wskaźnika efektywności energetycznej okien dachowych w okresie grzewczym i w okresie chłodzenia 11

3.8. Drzwi zewnętrze. 12

4. Tabela mostków cieplnych: 14

1. Wprowadzenie

Produkty związane z energią mają duży udział w zużyciu zasobów naturalnych i energii w całym świecie. Wywierają one w cyklu „swojego życia" istotny wpływ na środowisko. Mając na uwadze spełnienie wymagań zrównoważonego rozwoju, istnieje potrzeba ciągłej poprawy produktów związanych z energią tak, aby redukować niekorzystne oddziaływania i osiągnąć optymalny poziom oszczędności energii. Poza produktami, które w różny sposób wykorzystują energię tj. wytwarzają, przekazują lub mierzą, nowe dyrektywy rozszerzają ocenę energetyczną o produkty budowlane takie jak: okna, drzwi, bramy garażowe oraz materiały izolacyjne.

System oceny produktów związanych bezpośrednio ze zużyciem energii został wprowadzony wiele lat temu. Okna, drzwi i bramy jako elementy budynku są pośrednio związane ze zużyciem energii. W związku z tym etykietowanie energetyczne stolarki otworowej, zgodnie z obowiązującym prawem UE, powinno być wdrożone we wszystkich krajach członkowskich. Działanie takie zostało już wprowadzone jako dobrowolne lub obowiązkowe przez wiele państw, nie tylko w UE.

W 2009 oraz 2010 roku opublikowane zostały dyrektywy: 2009/125/WE i 2010/30/UE w sprawie wskazania poprzez etykietowanie oraz standardowe informacje o produkcie zużycia energii oraz innych zasobów przez produkty związane z energią (2010/30/UE).

2. Wymagania ujęte w dyrektywach 2009/125/WE oraz 2017/1369/UE

Dyrektywa 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ogólne zasady dotyczące ekoprojektu dla produktów związanych z energią. Dyrektywa odnosi się do produktów związanych ze zużyciem energii. Do tej grupy zaliczono również stolarkę budowlaną: okna, drzwi i bramy garażowe. Wprowadzenie w życie zaleceń dyrektywy powinno dać impuls do opracowywania metodologii oceny stolarki budowlanej, klasyfikacji oraz etykietowania efektywności energetycznej. Producenci lub zrzeszenia producentów powinni opracować jednolitą metodologię oceny efektywności energetycznej wyrobu, która może stać się standardem oceny wyrobów pod względem zużycia energii i zasobów naturalnych. Zgodnie z dyrektywą, jeśli nie dojdzie do przyjęcia w ramach kraju członkowskiego rynkowo uzgodnionej wspólnej metodologii, przewiduje się opracowanie metodologii oceny efektywności narzuconej przez poszczególne rządy krajów UE. Procedura ta jest przewidziana tylko wtedy, gdy przemysł nie podejmie żadnej inicjatywy stwarzającej warunki do samoregulacji. Pierwszeństwo powinno zostać przyznane alternatywnym sposobom działania, np. samoregulacjom ustalanym przez daną branżę. Prawdopodobne jest, iż takie działanie spowoduje szybsze oraz mniej kosztowne osiągnięcie celów energooszczędnej polityki, niż wprowadzenie wymogów obowiązkowych. Środki legislacyjne mogą okazać się konieczne, jeżeli siły rynkowe nie będą ewoluować w odpowiednim kierunku i z zadowalającą szybkością. Dlatego w interesie producentów stolarki powinno być opracowanie i przyjęcie wspólnej metodologii oceny efektywności energetycznej stolarki.

Dyrektywa 2017/1369/UE z dnia 4 lipca 2017 r. w sprawie wskazania poprzez etykietowanie informacji o zużyciu energii przez produkty związane z energią. Zgodnie z Dyrektywą niezbędne jest udostępnianie rzetelnych, stosownych i porównywalnych informacji dotyczących zużycia energii. Definicja **„produktu związanego z energią"** oznacza każdy towar mający wpływ na zużycie energii podczas jego używania, który jest wprowadzany do obrotu lub użytkowania i zawiera części, które mają zostać włączone do produktów związanych z energią objętych niniejszą dyrektywą. Dyrektywa 2017/1369/UE dotyczy wszystkich produktów związanych z energią, w tym również wyrobów stosowanych w budownictwie, wywierających

znaczący wpływ na zużycie energii w sposób bezpośredni lub pośredni. Poza elementami instalacji budynku zużywającymi energię, takimi jak kotły, grzejniki czy urządzenia klimatyzacyjne, obszar wprowadzonych wymagań obejmuje również inne wyroby budowlane, w szczególności materiały izolacyjne, drzwi, okna itp. Wszystkie produkty, dla których opublikowane zostaną odpowiednie akty delegowane, muszą posiadać dołączoną etykietę oraz standardową tabelę informacyjną. Obowiązek spełnienia tych wymagań spoczywa przede wszystkim na producentach, ich upoważnionych przedstawicielach w Unii Europejskiej lub importerach, określanych przez dyrektywę wspólnym mianem „dostawców". Dystrybutorzy z kolei zobowiązani są do widocznego i czytelnego eksponowania etykiet oraz do udostępniania informacji w broszurach dotyczących produktu. Zdaniem autorów dyrektywy Dyrektywa 2017/1369/UE [2] samo działanie „sił rynkowych" nie zdoła zachęcić do racjonalnego zużycia energii i innych zasobów przez wybór produktów w oparciu o własną wiedzę oraz informacje udostępniane przez producentów. Bardzo często przy produktach brak jest informacji o ich efektywności energetycznej lub jest na tyle ukryta i nieczytelna, że nie pomaga w prawidłowym wyborze. Zatem etykietowanie energetyczne powinno wpływać na wybór tych produktów, które zużywają mniej energii. Ma to także zachęcić samych producentów do podejmowania kroków w zakresie ograniczania zużycia energii oraz zasobów naturalnych przez wytwarzane przez nich produkty. Wprowadzenie etykietowania powinno wpłynąć pośrednio na efektywne energetycznie korzystanie z tych produktów, tak aby przyczynić się do osiągnięcia unijnego celu w zakresie poprawy efektywności energetycznej na poziomie 20%. Jak pokazał rynek urządzeń AGD system działa na tyle dobrze, że warto go rozszerzyć o inne produkty, w tym o stolarkę otworową.

3. Określenie efektywności energetycznej stolarki budowlanej

Określenie efektywności energetycznej stolarki budowlanej w ramach konkursu TOP TEN opiera się o bilans energii nieodnawialnej pierwotnej, wyznaczony dla stolarki pracującej w referencyjnych parametrach klimatycznych oraz w referencyjnym budynku. Ze względu na specyfikę działania i wpływ warunków klimatycznych wewnętrznych i zewnętrznych wyznaczenie efektywności energetycznej EE obejmować będzie:

- ✓ stolarkę otworową przeźroczystą:
  - okna pionowe EE_{vert} ,
  - okna połaciowe (dachowe) EE_{roof}.
- ✓ stolarkę otworową nieprzeźroczystą:
  - drzwi zewnętrzne EE_D,

3.1. Określenie wskaźników efektywności energetycznej

Efektywność energetyczna stolarki (okna, drzwi) opiera się na wyznaczeniu wartości EE_i , którą oblicza się ze wzoru:

$$EE_i = EE_{H,i} + EE_{C,i}$$

gdzie:

$EE_{H,i}$ – nieodnawialna energia pierwotna na ogrzewanie [kWh/m^{2}rok];

$EE_{C,i}$ – nieodnawialna energia pierwotna na chłodzenie [kWh/m^{2}rok];

Wartości EE_H i EE_C wyznacza się ze wzorów:

$$EE_{H,i} = \frac{w_{H,ref} \cdot E_{H,i}}{\eta_{H,ref}}$$

$$EE_{C,i} = \frac{w_{C,ref} \cdot E_{C,i}}{\eta_{C,ref}}$$

gdzie:

$E_{H,i}$ – zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania [kWh/m^{2}rok];

$E_{C,i}$ – zapotrzebowanie na energię użytkową do chłodzenia [kWh/m^{2}rok];

$\eta_{H,ref}$ – referencyjna sprawność instalacji c.o.

$\eta_{H,ref} = \eta_{Hw} \cdot \eta_{Ht} \cdot \eta_{H\,rw} \cdot \eta_{H,m}$ = $0{,}98 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}97 \cdot 1{,}0 = 0{,}922$;

η_{Hw} – referencyjna sprawność wytwarzania równa 0,98;

η_{Ht} – referencyjna sprawność transportu równa 0,97;

$\eta_{Hr,w}$ – referencyjna sprawność regulacji i wykorzystania 0,97;

η_{Hm} – referencyjna sprawność magazynowania równa 1,0;

$w_{H,ref}$ – referencyjny współczynnik nieodnawialnej energii pierwotnej na ogrzewanie równy 1,1;

$\eta_{C,ref}$ – referencyjna sprawność instalacji chłodniczej;

$\eta_{C,ref} = \eta_{Cw} \cdot \eta_{Ct} \cdot \eta_{Cr,w} \cdot \eta_{Cm}$ = $3{,}5 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}97 = 3{,}064$;

η_{Cw} – referencyjna sprawność wytwarzania chłodu równa 3,5;

η_{Ct} – referencyjna sprawność transportu chłodu równa 0,95;

$\eta_{Cr,w}$ – referencyjna sprawność regulacji i wykorzystania chłodu równa 0,97;

η_{Hm} – referencyjna sprawność magazynowania chłodu równa 0,95;

$w_{H,ref}$ – referencyjny współczynnik nieodnawialnej energii pierwotnej energii elektrycznej równy 3;

Zapotrzebowanie na energię użytkową na ogrzewanie wyznacza się ze wzoru:

$$E_{H,i} = E_{H.sol,i} - E_{H,U,i} - E_{H,inf,i} - E_{H,\psi,i}$$

gdzie:

$E_{H.sol,i}$ – słoneczne zyski ciepła i-tego typu przegrody [kWh/m^2·rok]

$E_{H,U,i}$ – straty ciepła przez przenikanie i-tego typu przegrody [kWh/m^2·rok]

$E_{H,inf,i}$ – straty ciepła przez nieszczelności i-tego typu przegrody [kWh/m^2·rok]

$E_{H,\psi,i}$ – straty ciepła na połączeniu i-tego typu przegrody otworowej z przegrodą [kWh/m^2·rok]

Zapotrzebowanie na energię użytkową na chłodzenie wyznacza się ze wzoru:

$$E_{C,i} = -E_{C,sol,i} + E_{C,U,i} + E_{C,inf,i} + E_{C,\psi,i}$$

gdzie:

$E_{C,sol}$ – słoneczne zyski ciepła i-tego typu przegrody [kWh/m^2·rok]

$E_{C,U}$ – straty ciepła przez przenikanie i-tego typu przegrody [kWh/m^2·rok]

$E_{C,inf}$ – straty ciepła przez nieszczelności i-tego typu przegrody [kWh/m^2·rok]

$E_{C,\psi}$ – straty ciepła na połączeniu i-tego typu przegrody otworowej z przegrodą [kWh/m^2·rok]

3.2. Wyznaczenie efektywności energetycznej okna w okresie grzewczym

Wyznaczanie wskaźnika efektywności energetycznej dla okresu grzewczego wykorzystuje bilans energetyczny okna (pionowego lub połaciowego):

dla okien fasadowych

$$E_{H,vert} = E_{H,sol,v} - E_{H,U,v} - E_{H,inf,v} - E_{H,\psi,v}$$

dla okien połaciowych dachowych

$$E_{H,roof} = E_{H,sol,r} - E_{H,U,r} - E_{H,inf,r} - E_{H,\psi,r}$$

gdzie:

$E_{H,sol,v}$, $E_{H,sol,r}$ – zyski słoneczne przez okno pionowe, połaciowe w sezonie grzewczym [kWh/m^{2}rok]

$E_{H,U,v}$, $E_{H,U,r}$ – straty ciepła przez przenikanie przez okno pionowe, połaciowe w sezonie grzewczym [kWh/ m^{2}rok]

$E_{H,inf,v}$ $E_{H,inf,r}$ – straty ciepła przez okno przez infiltrację przez okno pionowe, połaciowe w sezonie grzewczym [kWh/ m^{2}rok]

$E_{H,L\psi,v}$, $E_{H,\psi,r}$ – straty ciepła przez okno przez mostek cieplny łączący okno pionowe, połaciowe z konstrukcją przegrody w sezonie grzewczym

Ostatecznie bilans energetyczny opisany jest formułą:

$$E_{H,vert} = A_{(v)} \cdot g_G \cdot C \cdot \eta_{GLR,H} - B_{(v)} \cdot \left(X \cdot U_w + 0{,}053 \cdot L_{100} + \frac{\sum l_{\psi m,i} \cdot \psi_{m,i}}{A_W} \right)$$

$A_{(v)}$ – współczynnik klimatyczny zysków ciepła od nasłonecznienia dla okna pionowego (indeks v) lub dachowego (indeks h), który oznacza wpływ zysków słonecznych na efektywność energetyczną. Wartość A wynosi dla okna pionowego : dla okresu grzewczego - 229 i chłodniczego 91,7. Dla okna dachowego odpowiednio 319,6 oraz 146,5.

$B_{(v)}$ – współczynnik klimatyczny strat ciepła dla okna pionowego (indeks v) oraz dachowego (indeks h), oznacza wpływ temperatury zewnętrznej na efektywność energetyczną stolarki okiennej. Wartość B dla okna pionowego i dachowego wynosi: na ogrzewanie 96,1 i chłodniczego 4,6.

X – wartość 1 dla okna pionowego, oraz 1,2 dla okna dachowego,

3.3. Obliczenie efektywności energetycznej okna pionowego oraz dachowego

Obliczenia wykonano przy następujących założeniach:

- wykorzystano godzinowe dane klimatyczne, dostępne na stronach Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju.
- przyjęto temperaturę wewnętrzną tw=20°C zgodnie z normą PN-EN 12831:2006 „Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego".
- sprawności oraz współczynnik nieodnawialnej energii pierwotnej przyjęto zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej.
- dla stolarki w budynku ogrzewanym wartość efektywności energetycznej wyznacza się ze wzoru:

$$EE_{vert} = EE_{H,vert}$$

- dla stolarki w budynku ogrzewanym i chłodzonym wartość efektywności energetycznej wyznacza się ze wzoru:

$$EE_{vert} = EE_{H,vert} + EE_{C,vert}$$

3.4. Wyznaczenie efektywności energetycznej okien pionowych

Dla okna pionowego przyjęto następujący wzór na obliczenie energii użytkowej na ogrzewania $E_{H,vert}$ [kWh/m^{2}rok] :

$$E_{H,vert} = A_{(v)} \cdot g_G \cdot C \cdot \eta_{GLR,H} - B_{(v)} \cdot \left(U_W + 0{,}053 \cdot L_{100} + \frac{\sum l_{\psi m,i} \cdot \psi_{m,i}}{A_W} \right)$$

gdzie:

$l_{\psi m,i}$ – długość i-tego mostka liniowego na połączeniu okna lub drzwi ze ścianą,

$\psi_{m,i}$- i-ty liniowy współczynnik przenikania ciepła pomiędzy oknem a ścianą o referencyjnej izolacji termicznej $U_{sc,ref}$ = 0,15 W/m^{2}K i budowie od wewnątrz: tynk, cegła silikatowa 24 cm, izolacja, warstwa klejowa na siatce, warstwa tynku cienkowarstwowego, obliczona zgodnie z normą PN-EN ISO 10211:2008 zgodnie z rekomendowanym przez producenta sposobem montażu (mostek może być różny w zależności od części okna np. nadproże, węgarek, podokiennik). Mostek liniowy obliczany jest po wymiarach zewnętrznych. Wartość mostka liniowego może być przyjęta na podstawie obliczeń wykonanych przez systemodawcę montażu lub przyjęty na podstawie tabeli załączonych do konkursu. Wartość mostka cieplnego musi wynikać z deklarowanego przez producenta w karcie gwarancyjnej montażu,

A_W – powierzchnia okna [m^2] dla okna referencyjnego 1,82 m^2,

U_W – współczynnik przenikania ciepła [W/m^2·K], zależny od budowy okna, wyznaczany metodą pomiarową lub obliczony zgodnie z normą PN-EN ISO 10077-1 dla okna o wymiarach 1,48 x 1,23 m^2;

L_{100} – szczelność okna wyznaczono zgodnie z obowiązującymi normami [m^3/h·m^2],

$\eta_{GLR,H}$– sprawność wykorzystania zysków ciepła w okresie grzewczym,

GLR_H – stosunek zysków do strat ciepła,

Przy czym:

$$GLR_H = \frac{Q_{sol}}{Q'_H}$$

$$Q_{sol} = A_{(v)} \cdot g_G \cdot C$$

$$Q'_H = B_{(v)} \cdot \left(U_W + 0{,}053 \cdot L_{100} + \frac{\sum l_{\psi m} \cdot \psi_m}{A_W}\right)$$

$$\eta_{GLR,H} = 1 - e^{\frac{-1}{GLR_H}}$$

Klasyfikacja energetyczna stolarki pionowej:

Klasyfikację energetyczną okna pionowego przyjęto w oparciu o:

$$EE_{H,vert} = \frac{w_{H,ref} \cdot E_{H,vert}}{\eta_{H,ref}}$$

Klasę energetyczną okien pionowych wyznacza się na podstawie względnej wartości efektywności energetycznej, będącej ilorazem wartości $E_{H,vert}$ dla badanego okna do wartości $E_{H,vert,ref}$. Wartość $E_{H,vert,ref}$ wyznaczono dla okien pionowych, spełniających aktualne minimalne wymagania prawne:

$U_{W,ref}$ – 1,3 W/m^{2}K;

$L_{100,ref}$ – referencyjna szczelność stolarki, przyjęto szczelność klasy 4 , L_{100} = 3 m^3/m^2·h;

$g_{G,ref}$ – referencyjny współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego dla zestawu dwuszybowego z powłoką niskoemisyjną równy 0,63;

C_{ref} – iloraz powierzchni szyby do powierzchni okna równy dla okna referencyjnego o wymiarach 1,48x1,23 m^2 , wynoszący 0,68;

$\psi_{m,ref}$ – referencyjny montażowy liniowy współczynnik przewodzenia ciepła wynoszący 0,05 W/mK;

$\frac{\sum l_{\psi m,ref}}{A_{W,ref}}$ - wartość referencyjna długości mostka cieplnego wyznaczona dla połączenia ściany z oknem na 1 m^2 okna, obliczony dla okna referencyjnego o wymiarach 1,23 x 1,48 m^2 równa 2,98 , po zaokrągleniu 3,0;

Klasyfikacja okien pionowych w pomieszczeniach ogrzewanych

Klasa	Okna pionowe w budynkach mieszkalnych ogrzewanych	
	Przedziały energetyczne klas	
	kWh/m^2	kWh/m^2
G		< - 238
F	≥ -238	< -143
E	≥ -143	< -95
D	≥ - 95	< -76
C	≥ -76	< - 57
B	≥ -57	< - 43
A	≥ -43	

3.5. Wyznaczenie wskaźnika efektywności energetycznej okien pionowych w okresie grzewczym i w okresie chłodzenia

Dla stolarki w budynku ogrzewanym i chłodzonym efektywność energetyczną wyznacza się ze wzoru:

$$EE_{vert} = EE_{H,vert} + EE_{C,vert}$$

Obliczenie zapotrzebowania na chłód wykonuje się zgodnie ze wzorem:

$$E_{C,vert} = -A_{(v)} \cdot g_G \cdot C + B_{(v)} \cdot \eta_{GLR,C} \cdot \left(U_W + 0{,}053 \cdot \mathrm{L}_{100} + \frac{\sum l_{\psi m} \cdot \psi_m}{A_W} \right)$$

$$\eta_{GLR,C} = 1 - e^{\frac{-1}{GLR}}$$

$$GLR_C = \frac{Q_H}{Q'_{sol}}$$

$$Q'_{sol} = A_{(v)} \cdot g_G \cdot C$$

$$Q_H = B_{(v)} \cdot \left(U_W + 0{,}053 \cdot L_{100} + \frac{\sum l_{\psi m} \cdot \psi_m}{A_W} \right)$$

gdzie:

$\eta_{GLR,C}$– sprawność wykorzystania strat ciepła w okresie chłodniczym;

GLR_C – stosunek strat ciepła przez przenikanie i nieszczelności do słonecznych zysków ciepła w okresie chłodzenia z uwzględnieniem osłon przeciwsłonecznych;

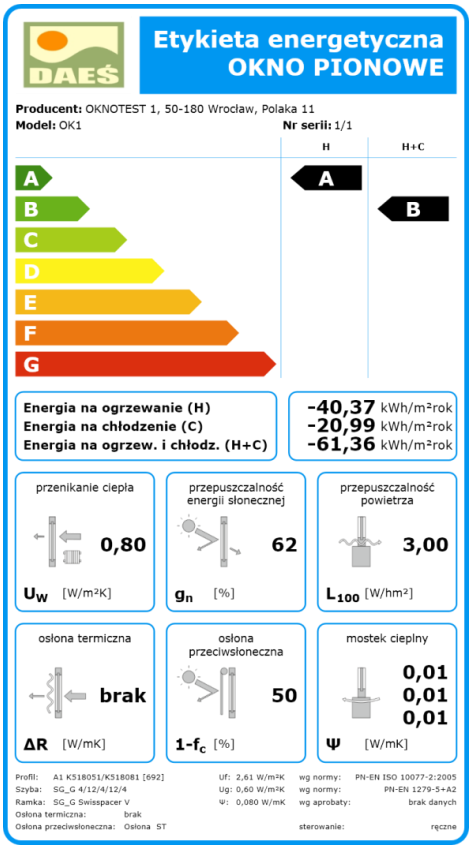
Klasyfikacja okien pionowych w pomieszczeniach ogrzewanych i chłodzonych .

Klasa	Okna pionowe w budynkach mieszkalnych ogrzewanych i chłodzonych	
	Przedziały energetyczne klas	
	kWh/m2	kWh/m2
G		< - 288
F	≥ -288	< -173
E	≥ -173	< -115
D	≥ -115	< -92
C	≥ - 92	< - 69
B	≥ - 69	< - 52
A	≥ - 52	

Ocena energetyczna okna zgłoszonego do konkursu będzie wykonana w programie:

ETYKIETA ENERGETYCZNA STOLARKI

Przykładowy raport z określenia jakości energetycznej okna pniowego wykonanego w programie Etykieta Energetyczna Stolarki wygląda następująco:



3.6. Wyznaczenie efektywności energetycznej okien dachowych

Dla okna dachowego przyjęto następujący wzór na obliczenie energii użytkowej na ogrzewania $E_{H,roof}$ [kWh/m^{2}rok] :

$$E_{H,roof} = A_{(h)} \cdot g_G \cdot C \cdot \eta_{GLR,H} - B_{(h)} \cdot \left(X \cdot U_{Wd} + 0{,}053 \cdot L_{100} + \frac{\sum l_{\psi m,i} \cdot \psi_{m,i}}{A_W} \right)$$

gdzie:

$l_{\psi m,i}$ – długość i-tego mostka liniowego na połączeniu okna dachowego,

$\psi_{m,i}$- i-ty liniowy współczynnik przenikania ciepła pomiędzy oknem a dachem o referencyjnej izolacji termicznej $U_{d,ref}$ = 0,15 W/m2K obliczony zgodnie z normą PN-EN ISO 10211:2008 zgodnie z rekomendowanym przez producenta sposobem montażu (mostek może być różny w zależności od części okna). Mostek liniowy obliczany jest po wymiarach zewnętrznych. Wartość mostka liniowego może być przyjęta na podstawie obliczeń wykonanych przez systemodawcę montażu lub przyjęty na podstawie tabel załączonych do konkursu. Wartość mostka cieplnego musi wynikać z deklarowanego przez producenta w karcie gwarancyjnej montażu. W przypadku braku takich obliczeń można skorzystać z tabeli dołączanej do niemniejszego załącznika.

A_W – powierzchnia okna dachowego [m^2] dla okna referencyjnego 1,82 m^2,

U_{Wd} – współczynnik przenikania ciepła [W/m^2·K], zależny od budowy okna, wyznaczany metodą pomiarową lub obliczony zgodnie z normą PN-EN ISO 10077-1;

L_{100} – szczelność okna wyznaczono zgodnie z obowiązującymi normami [m^3/h·m^2],

$\eta_{GLR,H}$– sprawność wykorzystania zysków ciepła w okresie grzewczym,

GLR_H – stosunek zysków do strat ciepła,

X – mnożnik uwzględniający kąt nachylenia, który w przypadku okien dachowych analizowanych w konkursie wynosi 1,2.

Przy czym:

$$GLR_H = \frac{Q_{sol}}{Q'_h}$$

$$Q_{sol} = A_{(h)} \cdot g_G \cdot C$$

$$Q'_H = B_{(h)} \cdot \left(U_{W,d} + 0{,}053 \cdot L_{100} + \frac{\sum l_{\psi m} \cdot \psi_m}{A_W} \right)$$

$$\eta_{GLR,H} = 1 - e^{\frac{-1}{GLR_H}}$$

Klasyfikacja energetyczna stolarki dachowej:

Klasyfikację energetyczną okna pionowego przyjęto w oparciu o:

$$EE_{H,vert} = \frac{w_{H,ref} \cdot E_{H,vert}}{\eta_{H,ref}}$$

Klasę energetyczną okien dachowych wyznacza się na podstawie wartości efektywności energetycznej, $E_{H,roof}$ oraz wartości referencyjnej dla okna o $E_{H,roof,ref}$. Wartość $E_{H,vroof,ref}$ wyznaczono dla okien pionowych, spełniających aktualne minimalne wymagania prawne:

$U_{Wd,ref}$ – 1,5 W/m^{2}K;

$L_{100,ref}$ – referencyjna szczelność stolarki, przyjęto szczelność klasy 4 , L_{100} = 3 m^3/m^2·h;

$g_{G,ref}$ – referencyjny współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego dla zestawu dwuszybowego z powłoką niskoemisyjną równy 0,63;

C_{ref} – iloraz powierzchni szyby do powierzchni okna równy dla okna referencyjnego o wymiarach 1,48x1,23 m^2, wynoszący 0,68;

$\psi_{m,ref}$ – referencyjny montażowy liniowy współczynnik przewodzenia ciepła wynoszący 0,4 W/mK;

$\frac{\sum l_{\psi m,ref}}{A_{W,ref}}$ - wartość referencyjna długości mostka cieplnego wyznaczona dla połączenia ściany z oknem na 1 m^2 okna, obliczony dla okna referencyjnego o wymiarach 1,23 x 1,48 m^2 równa 2,98 , po zaokrągleniu 3,0;

Klasyfikacja okien pionowych w pomieszczeniach ogrzewanych

Klasa	Okna dachowe w budynkach mieszkalnych ogrzewanych.	
	Przedziały energetyczne klas	
	kWh/m2	kWh/m2
G		< - 387
F	≥ -387	< -341
E	≥ -341	< -310
D	≥ -310	< -232
C	≥ -232	< - 186
B	≥ -186	< - 124
A	≥ -124	

3.7. Wyznaczenie wskaźnika efektywności energetycznej okien dachowych w okresie grzewczym i w okresie chłodzenia

Dla stolarki w budynku ogrzewanym i chłodzonym efektywność energetyczną wyznacza się ze wzoru:

$$EE_{vert} = EE_{H,vert} + EE_{C,vert}$$

Obliczenie zapotrzebowania na chłód wykonuje się zgodnie ze wzorem:

$$E_{C,roof} = -A_{(h)} \cdot g_G \cdot C + B_{(h)} \cdot \eta_{GLR,C} \cdot \left(X \cdot U_{Wh} + 0{,}053 \cdot \mathrm{L}_{100} + \frac{\sum l_{\psi m} \cdot \psi_m}{A_W} \right)$$

$$\eta_{GLR,C} = 1 - e^{\frac{-1}{GLR}}$$

$$GLR_C = \frac{Q_H}{Q'_{sol}}$$

$$Q'_{sol} = A_{(h)} \cdot g_G \cdot C$$

$$Q_H = B_{(h)} \cdot \left(U_{Wd} + 0{,}053 \cdot L_{100} + \frac{\sum l_{\psi m} \cdot \psi_m}{A_W} \right)$$

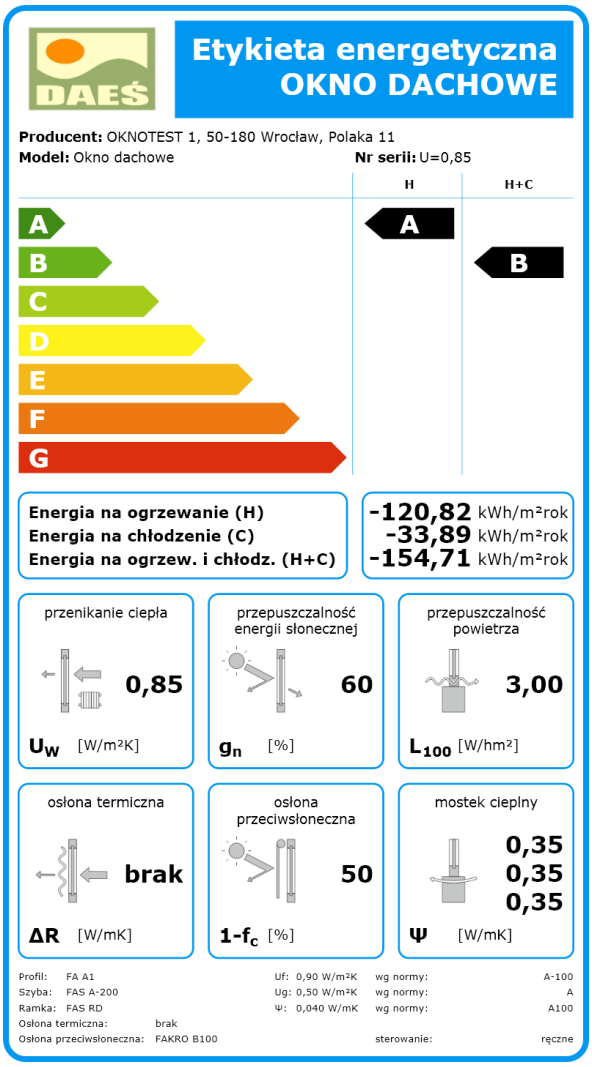
gdzie:

$\eta_{GLR,C}$ – sprawność wykorzystania strat ciepła w okresie chłodniczym;

GLR_C – stosunek strat ciepła przez przenikanie i nieszczelności do słonecznych zysków ciepła w okresie chłodzenia z uwzględnieniem osłon przeciwsłonecznych;

Klasyfikacja okien pionowych w pomieszczeniach ogrzewanych i chłodzonych .

Klasa	Okna dachowe w budynkach mieszkalnych ogrzewanych i chłodzonych	
	Przedziały energetyczne klas	
	kWh/m2	kWh/m2
G		< -420
F	≥ -420	< -385
E	≥ -385	< -350
D	≥ -350	< - 245
C	≥ -245	< - 192,5
B	≥ - 192,5	< - 140
A	≥ - 140	



3.8. Drzwi zewnętrze.

W celu wyznaczenia wskaźnika efektywności energetycznej drzwi przyjęto następujące założenia:

– ze względu na niewielką powierzchnię przeszklenia przegrody o małej przepuszczalności energii słonecznej, najczęściej zadaszonej nie uwzględnia się zysków od słońca.

$$E_D = 71{,}6 \cdot \left(U_D + 0{,}053 \cdot L_{100} + \frac{\sum l_{\psi m} \cdot \psi_m}{A_D} \right)$$

Klasyfikację energetyczną przyjęto w oparciu o efektywność energetyczną drzwi EE_D obliczony według wzoru:

$$EE_D = \frac{w_{H,ref} \cdot E_D}{\eta_{H,ref}}$$

Klasę energetyczną drzwi zewnętrznych wyznacza się wykorzystując iloraz wartości E_D dla badanych drzwi do wartości $E_{D,ref}$. Wartość $E_{D,ref}$ wyznaczono dla drzwi zew. spełniających aktualne minimalne wymagania prawne:

U_D – 1,7 W/m^{2}K

$L_{100,ref}$ – referencyjna szczelność stolarki klasy IV – 6 m^3/m^2·h

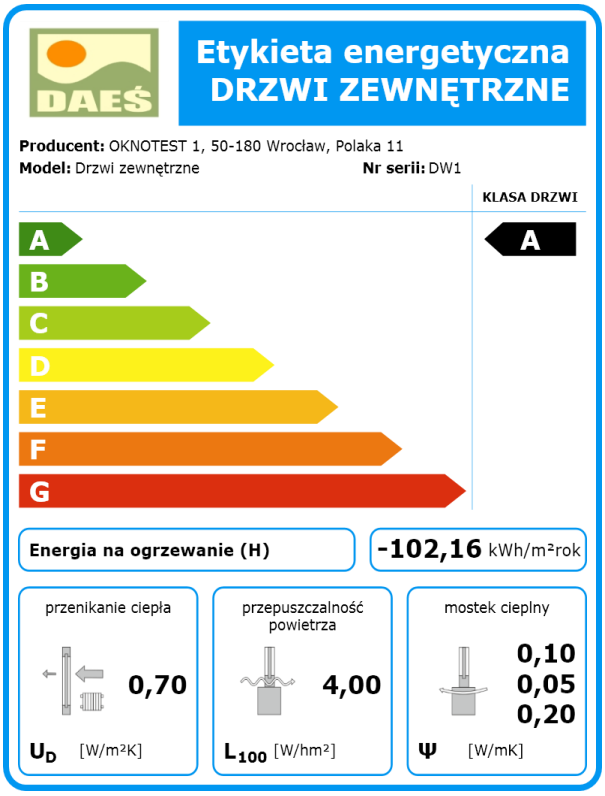
$\psi_{m,ref}$ – referencyjny montażowy liniowy współczynnik przewodzenia ciepła wynoszący 0,25 W/mK;

$\frac{\sum l_{\psi m,ref}}{A_{D,ref}}$ - wartość referencyjna długości mostka cieplnego wyznaczona dla drzwi zewnętrznych o wymiarach 2,2 x 0,9 m^2 równa 3,4

$E_{D,ref}$ dla okresu grzewczego wynosi - 180 kWh/m^{2}K

Klasy energetyczne dla drzwi zewnętrznych

Klasa	Drzwi wejściowe zewnętrzne	
	Przedziały energetyczne klas	
	kWh/m2	kWh/m2
G		< - 312
F	≥ -312	< -276
E	≥ -276	< -240
D	≥ -240	< -192
C	≥ -192	< -144
B	≥ -144	< - 108
A	≥ - 108	



4. Tabela mostków cieplnych:

W przypadku braku obliczeń mostków linowych dla celów konkursu będą przyjmowane wartości liniowych mostków cieplnych zamieszczone w tabeli poniżej. Wartości wyznaczone została dla ściany referencyjnej o konstrukcji od wewnątrz: tynk, cegła silikatowa 24 cm, izolacja, warstwa klejowa na siatce, warstwa tynku cienkowarstwowego o referencyjnej izolacji termicznej oraz dla dachu o $U_{sc,ref}$ = 0,15 W/m2K. Obliczenia wykonano zgodnie z normą PN-EN ISO 10211:2008 po wymiarach zewnętrznych.

Tabelaryczne wartości mostka cieplnego

Typ montaży	wartość mostka cieplnego ψ_m [W/m·K]			koszt wykonania montażu netto
	nadproże	węgarek	podokiennik	[zł/mb]
Montaż na konsolach wysuniętych 2 cm do lica ściany, szczelność osiągnięta przez zastosowanie taśm uszczelniających	0,01	0,01	0,01	110
Montaż w licu ściany, izolacja termiczna zachodzi na ramę stolarki 3 cm, uszczelnienie taśmami uszczelniającymi	0,035	0,035	0,035	40
Montaż okien dachowych ciepły	0,35	0,35	0,35	150