



Dolnośląska Agencja Energii i Środowiska

AKADEMIA ENERGOOSZCZĘDNOŚCI

PROJEKTOWANIE I ETYKIETOWANIE ENERGETYCZNE STOLARKI BUDOWLANEJ



dr inż. Aleksander Panek
Narodowa Agencja Energii i Środowiska
mgr inż. Jerzy Żurawski
Dolnośląska Agencja Energii i Środowiska





7 sierpnia br. zmarł po ciężkiej chorobie dr inż. ALEKSANDER PANEK,

Prezes Zarządu Narodowej Agencji Poszanowania Energii SA,

Wiceprezes Zarządu Fundacji Poszanowania Energii.





EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA STOLARKI ZALEŻY OD NASTĘPUJĄCYCH PARAMETRÓW:

1. **WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA U.**
2. **MOSTEK CIEPLNY.**
3. **PRZEPUSZCZALNOŚĆ POWIETRZNA OKNA.**
4. **OSŁONY TERMICZNE (ROLETY, OKIENNICE...) - RA.**
5. **OSŁONY PRZECIWSŁONECZNE (REFLEKSOLE, ŚWIATŁO ŁAMACZE) – FC.**
6. **AUTOMATYKA STERUJĄCA**





OCENA ENERGETYCZNA STOLARKI

WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA U.

Współczynnik przenikania ciepła U jest podstawowym i najczęściej stosowanym parametrem charakteryzującym właściwości cieplne stolarki. Oznacza ilość ciepła przenikającą w ciągu jednej godziny przez 1m^2 przegrody, przy różnicy temperatury powietrza wynoszącej 1K (1°C). Im niższa jest wartość U, tym lepsza izolacja cieplna i tym mniejsza utrata energii przez okno/drzwi zewnętrzne. Wartość U poniżej $1,0\text{ W/m}^2\text{K}$ oznacza, że okno jest energooszczędne.

MOSTEK CIEPLNY.

Mostek cieplny w stolarce budowlanej występuje na połączeniu okna z konstrukcją ściany i zależy od wielu czynników: geometrii połączenia, szczelności połączenia, zastosowanych materiałów i ich parametrów izolacyjnych. Prawidłowe zaprojektowanie i wykonanie połączenia okna z przegrodą skutkować będzie mostkiem liniowym dla okien pionowych $\psi_L \leq 0,05\text{ W/mK}$. Wartości niższe od $0,05\text{ W/mK}$ można uznać za energooszczędne.

PRZEPUSZCZALNOŚĆ POWIETRZNA OKNA.

Przepuszczalność powietrza (infiltracja) określa na ile szczelna jest stolarka budowlana. Wartość ta ma szczególne znaczenie w przypadku budynków energooszczędnych lub pasywnych, dla których przewidziano wysoki poziom szczelności budynku. W badaniu szczelności określa się ilość powietrza przenikającą przez okno przy zadanym ciśnieniu. Szczelność okna poniżej $3\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ należy uznać za bardzo dobrą. W konkursie wszystkie okna charakteryzowały się szczelnością równą bądź zdecydowanie niższą od $3\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$.





OCENA ENERGETYCZNA STOLARKI

OSŁONY TERMICZNE (ROLETY, OKIENNICE...) - RD.

Osłony termiczne zewnętrzne stanowią integralną część nowoczesnych budynków. Zabezpieczają pomieszczenia przed wiatrem, deszczem, śniegiem i innymi zjawiskami atmosferycznymi. Zapewniają lepszą izolację termiczną budynku, która w okresie letnim może zapobiegać nadmiernemu nasłonecznianiu się pomieszczeń, a w okresie zimowym przyczynia się do oszczędności energii cieplnej. Osłony termiczne zwiększają również izolację akustyczną, odczuwalnie obniżając poziom hałasu w pomieszczeniach.

OSŁONY PRZECIWSŁONECZNE (REFLEKSOLE, ŚWIATŁO ŁAMACZE) - FC

Zewnętrzna osłona przeciwsłoneczna np. refleksol, żaluzje...pomaga w zachowaniu stałej, komfortowej temperatury w pomieszczeniu narażonym na działanie promieni słonecznych. Jednoczesne zastosowanie rolet typu refleksol umożliwia ograniczenie użycia urządzeń klimatyzacyjnych, przyczyniając się do zmniejszenia kosztów eksploatacji budynków.

AUTOMATYKA STERUJĄCA

Automatyka sterująca osłonami termicznymi i słonecznymi pozwala uzyskać dodatkowe korzyści:

- umożliwiają zdalne sterowanie wszystkimi typami osłon w domu
- pozwalają zaprogramować określony zestaw zachowań (scenariuszy działania)
- aktywnie uczestniczą w zarządzaniu energią słoneczną w domu
- zwiększają poziom bezpieczeństwa domu i domowników





POZOSTAŁE CECHY STOLARKI OKIENNEJ

Mające wpływ na efektywność energetyczną stolarki





Współczynnik przepuszczalności światła L_t

Od dostępu do światła słonecznego zależy samopoczucie użytkowników lokali, rozwój oraz zdrowie. Współczynnik przepuszczalności światła L_t to parametr pokazujący, jaka część światła widzialnego przepuszczana jest przez szkło. Im wyższa jest wartość współczynnika przepuszczalności światła, tym więcej światła przenika przez szybę do wnętrza pomieszczenia. Wartość L_t podawana jest w procentach, może przyjmować wartość od 1 do 100, zależy od grubości szkła, składu surowców w masie szklanej oraz zastosowanego systemu powłok.

L_t

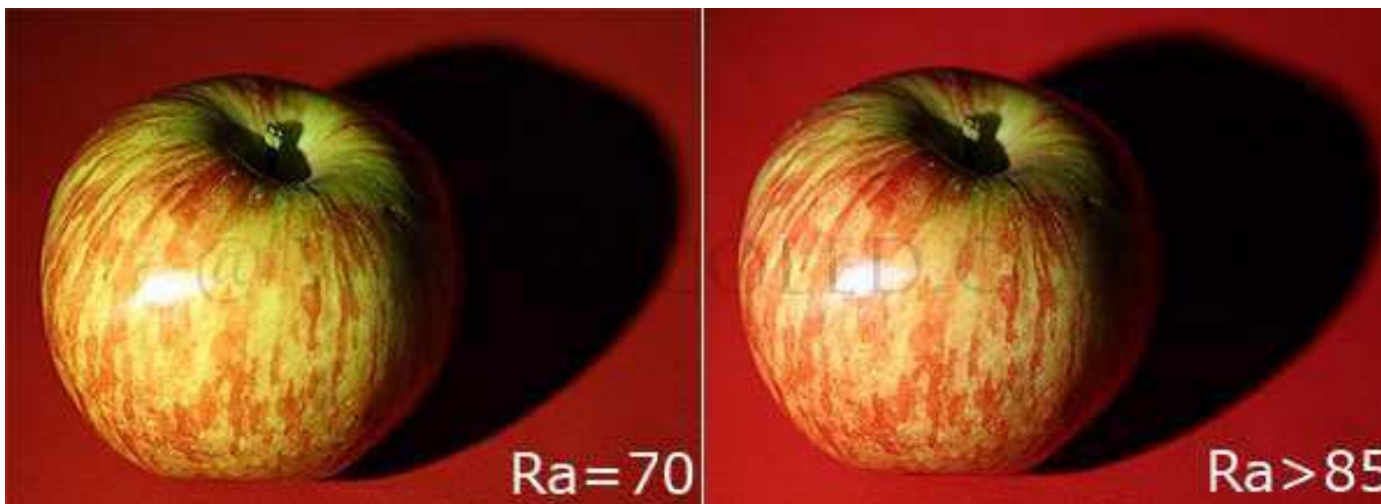
Dzięki wysokiemu współczynnikowi L_t , mówiącemu nam ile światła przechodzi przez szyby do naszych pomieszczeń, będziemy mieć więcej światła dzięki czemu możemy ograniczyć zużycie energii elektrycznej potrzebnej nam do oświetlenia.





WSKAŹNIK ODDAWANIA BARW SZYBY – RA.

Odtwarzanie barw posiada istotne znaczenie dla komfortu użytkownika i wpływa na odczucia estetyczne i psychiczne użytkowników. Światło słoneczne po przejściu przez szyby zespolone może się zmienić w zależności od właściwości szkła oraz zastosowanych powłok. Wskaźnik oddawania barw (wartość Ra) opisuje, czy i jak zmienia się barwa danego obiektu podczas oglądania go przez przeszklenie. Definiuje on „jakość widmową” szkła podczas transmisji. Wartość ta mieści się w przedziale od 0 do 100. Wartość Ra wynosząca 100 oznacza, że barwa obiektu oglądanego przez przeszklenie jest identyczna z jego faktyczną barwą. Indeks odtwarzania barw $Ra > 90$ jest oceniany jako bardzo dobry $Ra > 80$ jako dobry.





KLASA ODPORNOŚCI NA OBCIĄŻENIE WIATREM.

Stolarka budowlana po wbudowaniu staje się częścią budynku i jest poddawane parciu i ssaniu wiatru. Z tego względu jednym z najistotniejszych parametrów okna jest jego wytrzymałość na zginanie. W stolarce budowlanej cechą tą opisuje odporność na obciążenie wiatrem, które informuje, przy jakim obciążeniu wiatrem działającym prostopadle do płaszczyzny okna, nastąpi maksymalne dopuszczalne ugięcie czołowe względne jego najbardziej odkształconego elementu. Rozróżnia się sześć klas odporności na wiatr ze względu na ciśnienie (od 1-6) oraz trzy klasy ze względu na ugięcie elementu ramy (A,B,C), przy czym im wyższa wartość tym lepsza stolarka.

Klasa	Ciśnienie próbne	Wymagania	Zastosowanie
0	-	Bez wymagań	-
1	400	Bardzo niskie	
2	800	Niskie	Zabudowa parterowa
3	1200	Średnie	Zabudowa do 8m
4	1600	Wysokie	Zabudowa do 20m
5	2000	Ekstremalnie	Zabudowa do 100m
Exxx	>2000	Ekstremalnie wysokie	Zabudowa powyżej 100m





WODOSZCZELNOŚĆ.

Za przenikanie wody należy uznać sytuację, w której następuje ciągłe lub powtarzające się zwilżanie wewnętrznej powierzchni okna w wyniku przedostawania się wody od zewnętrznej powierzchni okna do powierzchni wewnętrznej. Okna posiadające oznaczenie 1A zachowują szczelność na wodę opadową przez okres 15 min przy ciśnieniu wynoszącym 0 Pa, co w normalnym użytkowaniu oznacza, że przeciekają właściwie zawsze. Okna posiadające oznaczenie 9A zaczną przepuszczać wodę do wnętrza konstrukcji dopiero przy ciśnieniu 600 Pa, co oznacza, że przecieki mogą się zdarzyć jeśli padającemu deszczowi towarzyszyłby wiatr wiejący z prędkością około 112 km/h. Za okna o bardzo wysokim poziomie wodoszczelności można uznać konstrukcje oznaczone symbolem „E” na przykład E 1200, co oznacza, że zachowują szczelność na wodę przy ciśnieniu wywieranemu na konstrukcję przez wiatr wiejący z prędkością 158 km/h.



IZOLACYJNOŚĆ AKUSTYCZNA OKNA.

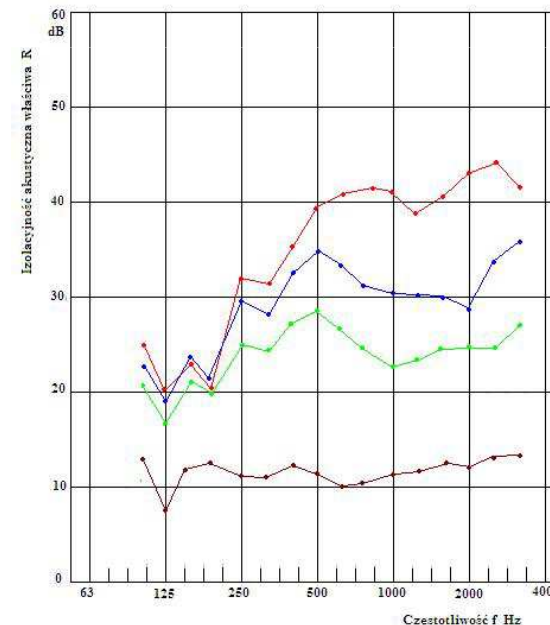
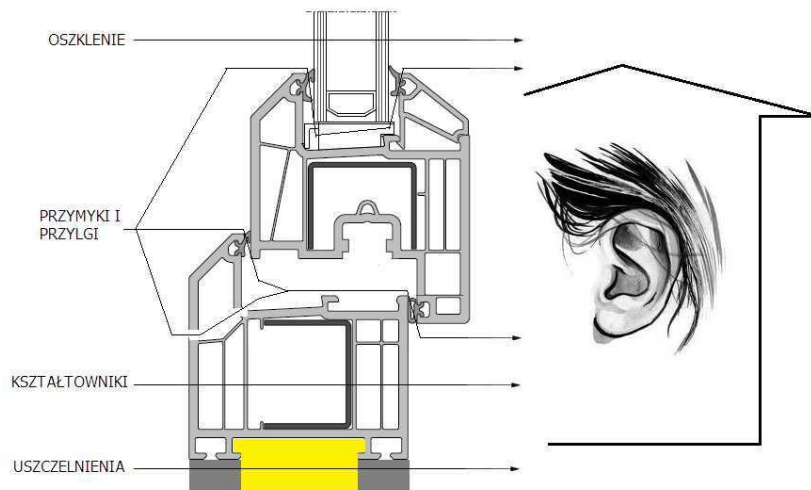
Izolacyjność akustyczna wyrażana jest obecnie za pomocą trzech wskaźników $R_w(C;C_{tr})$, gdzie:

R_w jest ważonym wskaźnikiem izolacyjności akustycznej właściwej, dB,

- C jest widmowym wskaźnikiem adaptacyjnym widma płaskiego, stosowanym np. w przypadku hałasu lotniczego, dB,
- C_{tr} jest widmowym wskaźnikiem adaptacyjnym hałasu nisko-częstotliwościowego, stosowanym np. w przypadku hałasu ulicznego, dB.

Wymagania w stosunku do przegród zewnętrznych odnoszą się do tzw. wskaźników oceny izolacyjności akustycznej właściwej $RA1$ lub $RA2$, które są sumą dotychczas używanego wskaźnika R_w i odpowiedniego widmowego wskaźnika adaptacyjnego C lub C_{tr} , tzn.

- $RA1 = R_w + C$, dB
- $RA2 = R_w + C_{tr}$, dB



Wpływ pozycji kłamki na izolacyjność akustyczną okna

okno szczelne:

$R_w(C; C_{tr}) = 38 (-2; -6)$

I stopień rozszczelnienia:

$R_w(C; C_{tr}) = 32 (-1; -3)$

II stopień rozszczelnienia:

$R_w(C; C_{tr}) = 24 (-1; -1)$

okno uchylone:

$R_w(C; C_{tr}) = 12 (0; -1)$





Ocena podstawowych parametrów stolarki

Parametry okna:	okno referencyjne	dobre parametry	bardzo dobre parametry
Współczynnik przepuszczalności światła Lt	71	≥ 70	≥ 75
Wskaźnik oddawania barw szyby – Ra	90	≥ 80	≥ 90
Klasa odporności na obciążenie wiatrem	C3	≥ C3	≥ C5
Wodoszczelność	5A	≥ 6A	≥ 8A
Izolacyjność akustyczna Rw [dB]	30	≥ 30	≥ 32
C [dB]	-2	-3	-2
Ctr [dB]	-6	-7	-5
Współczynnik przepuszczalności energii - g	0,5	od 0,5 do 0,6	≥ 0,6
Współczynnik przenikania ciepła Uw [W/m ² ·K]	≤ 1,3	≤ 1,0	≤ 0,85
Mostek liniowy montażowy ψ [W/m·K]	0,1	Od 0,05 do 0,1	od 0,0 do 0,05
Przepuszczalność powietrzna L ₁₀₀ [m ³ /m ² h]	wartość 9	od 3 do 5	od 0 do 3
Wskaźnik efektywności energetycznej okna EE _n [hWh/m ² rok]	(klasa D) -95 ≤	(klasa C) -65 ≤	(klasa B) -45 ≤



Dolnośląska Agencja Energii i Środowiska

Metodologia wyznaczania efektywności energetycznej stolarki budowlanej

Opracowanie zostało wykonane przez:



NARODOWA
AGENCJA
POSZANOWANIA
ENERGII S.A.



**Dolnośląska Agencja
Energii i Środowiska**

Autorzy opracowania:

dr inż. Anna Rucińska

dr inż. Adrian Trząski

dr inż. Aleksander Panek

mgr inż. Jerzy Żurawski

Konsultacje:

dr inż. arch. Agnieszka Cena – Soroko

mgr inż. Bogdan Wójtowicz





Metodologię poddano ocenie

Organizacje pozarządowe:

Fundacja Eko-Unia

Stowarzyszenie na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju

Fundacja Efektywnego Wykorzystania Energii - FEWE

Fundacja Ekorozwoju

Ogólnokrajowe Stowarzyszenie "Poszanowanie Energii i Środowiska"

Związek Producentów, Dostawców i Dystrybutorów „POLSKIE OKNA I DRZWI”

Związek Pracodawców "Polskie Szkło”.

Instytut na rzecz Ekorozwoju.

Eksperti:

dr inż. A. Ujma - Politechnika Częstochowska,

dr hab. Inż. A. Alsabry - Uniwersytet Zielonogórski,

dr hab. inż. T. Kisilewicz - Politechnika Krakowska,

dr hab. inż. D. Heim - Politechnika Łódzka,

dr. Inż. R. Geryło,

Konsultacje z przemysłem:

1. Aluprof
2. Saint-Gobain
3. Pilkington
4. Tremco-Ilbruk
5. Oknoplast
6. Drutex
7. Fakro
8. M&S
9. Velux
10. Stolarka Włoszczowa





EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA STOLARKI ZALEŻY OD NASTĘPUJĄCYCH PARAMETRÓW:

1. **WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA U.**
2. **MOSTEK CIEPLNY.**
3. **PRZEPUSZCZALNOŚĆ POWIETRZNA OKNA.**
4. **OSŁONY TERMICZNE (ROLETY, OKIENNICE...) - RA.**
5. **OSŁONY PRZECIWSŁONECZNE (REFLEKSOLE, ŚWIATŁO ŁAMACZE) – FC.**
6. **AUTOMATYKA STERUJĄCA**





EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA STOLARKI ZALEŻY OD NASTĘPUJĄCYCH PARAMETRÓW:

1. WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA U.
2. MOSTEK CIEPLNY.
3. PRZEPUSZCZALNOŚĆ POWIETRZNA OKNA.
4. OSŁONY TERMICZNE (ROLETY, OKIENNICE...) - RA.
5. OSŁONY PRZECIWSŁONECZNE (REFLEKSOLE, ŚWIATŁO ŁAMACZE) – FC.
6. AUTOMATYKA STERUJĄCA





Nazwa producenta

Model okna , numer produkcyjny (zgodnie z oznakowaniem fabrycznym)

A+ - Klasa energetyczna okna w pomieszczeniach ogrzewanych
A –klasa dla okien w pomieszczeniach ogrzewanych i chłodzonych

H - wskaźnik energii na ogrzewanie

C – wskaźnik energii na chłodzenie

H+C – wskaźnik energii na ogrzewanie i chłodzenie

Parametry ocenianego okna odpowiednio:

- U_w – współczynnik przenikania ciepła
- g_n – przepuszczalność energii słonecznej szyby
- L_{100} – przepuszczalność powietrza
- ΔR - osłony termiczne (rolety, okiennice...)
- f_c – przepuszczalność energii słonecznej osłony przeciwsloneczne
- ψ - mostek liniowy (zalecany sposób montażu fabrycznego)





Energia użytkowa na ogrzewanie

$$E_{H,vert}, E_{H,roof} = A_{(v,r)} \cdot g_G \cdot C \cdot \eta_{GLR,H} - B_{(v,r)} \cdot \left(\frac{1}{\frac{1}{U_W} + \eta_h \cdot \Delta R} + 0,053 \cdot L_{100} + \frac{\sum l_{\psi m,i} \cdot \psi_{m,i}}{A_W} \right)$$

Energia użytkowa na chłodzenie

$$E_{C,vert} = A_{(v,r)} \cdot g_G \cdot C \cdot [1 - (1 - f) \cdot \eta_{sh,c}] + B_{h,(v,r)} \cdot \eta_{GLR,C} \cdot \left(\frac{1}{\frac{1}{U_W} + \eta_{sh} \cdot R_s} + 0,053 \cdot L_{100} + \frac{\sum l_{\psi m} \cdot \psi_m}{A_W} \right)$$





Efektywność energetyczna stolarki (okna, drzwi lub bramy) EE_i oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

$EE_{H,i}$ – nieodnawialna energia pierwotna na ogrzewanie [kWh/m²rok];

$EE_{C,i}$ – nieodnawialna energia pierwotna na chłodzenie [kWh/m²rok];

W przypadku oceny stolarki ze względu na ogrzewanie wartość EE_C równa jest zero, wartość EE_{ref} wyznaczana jest dla okresu grzewczego.

Wartości EE_H i EE_C wyznacza się ze wzorów:

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

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





Wartość $E_{H,vert,ref}$ - klasa D

wyznaczono dla okien pionowych, spełniających aktualne minimalne wymagania prawne:

$U_{W,ref} - 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$;

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

$g_{G,ref}$ – 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 $1,48 \times 1,23 \text{ m}^2$, wynoszący 0,68;

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

ΔR_{ref} – wartość dodatkowego oporu cieplnego osłony termicznej równa 0;

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

$E_{H,vert,ref}$ dla okresu grzewczego wyznaczono dla referencyjnych wartości zdefiniowanych powyżej , która wynosi $E_{H,vert,ref} = 95 \text{ kWh/m}^2\text{K}$





Klasyfikacja energetyczna okien pionowych i drzwi

Klasa	Okna pionowe w budynkach mieszkalnych ogrzewanych		Klasa	Okna pionowe w budynkach mieszkalnych ogrzewanych i chłodzonych		Klasa	Drzwi wejściowe zewnętrzne	
	Przedziały energetyczne klas			Przedziały energetyczne klas			Przedziały energetyczne klas	
	kWh/m ²	kWh/m ²		kWh/m ²	kWh/m ²		kWh/m ²	kWh/m ²
G		< - 238	G		< - 288	G		< -450
F	≥ -238	< -143	F	≥ -288	< -173	F	≥ -450	< -270
E	≥ -143	< -95	E	≥ -173	< -115	E	≥ -270	< -180
D	≥ - 95	< -76	D	≥ -115	< -92	D	≥ -180	< -144
C	≥ -76	< - 57	C	≥ - 92	< - 69	C	≥ -144	< -108
B	≥ -57	< - 43	B	≥ - 69	< - 52	B	≥ -108	< - 81
A	≥ -43		A	≥ - 52		A	≥ - 81	





Ocena okien pionowych - ogrzewanie

g_G	U_w	ΔR	η_h	Liniowy współczynnik przewodzenia ciepła ψ	Szczelność okna L_{100}	EE h	klasa
	W/m ² K	Km ² /W		W/mK	[m ³ /m ² h]	kWh/m ²	
0,5	1,4	0	0,33	0,1	6	-145,87	F
0,5	1,3	0	0,33	0,05	5	-114,76	E
0,5	1,3	0	0,33	0,05	4	-109,45	E
0,63	1,3	0	0,33	0,05	3	-91,50	D
0,63	1,2	0	0,33	0,05	3	-82,53	D
0,63	1,1	0	0,33	0,05	3	-73,82	C
0,63	0,95	0	0,33	0,05	3	-61,29	C
0,63	0,9	0	0,33	0,05	2	-53,11	B
0,5	0,85	0	0,33	0,05	2	-57,52	C
0,5	0,8	0	0,33	0,01	2	-43,65	B
0,5	0,75	0	0,33	0,01	2	-39,78	A
0,33	0,55	0	0,33	0,01	2	-34,30	A



Ocena okien pionowych – ogrzewanie i chłodzenie

gg	U _w	ψ	L ₁₀₀	F _c	η _{wo}	EE _c	EE _h	EE _h + EE _c	Klasa
	W/m ² K	W.mK	[m ³ /m ² h]			kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	
0,63	1,4	0,2	9	1	0,65	-31,0	-176,7	-207,8	F
0,63	1,3	0,1	9	1	0,65	-32,7	-136,1	-168,8	E
0,63	1,3	0,05	6	1	0,65	-34,0	-106,2	-140,2	E
0,63	1,3	0,05	3	0,5	0,65	-22,5	-91,5	-114,0	D
0,62	1,2	0,05	3	0,4	0,75	-17,2	-83,3	-100,6	D
0,62	1,1	0,05	3	0,3	0,75	-14,7	-74,6	-89,3	C
0,6	1	0,05	3	0,25	0,75	-13,1	-67,5	-80,5	C
0,6	0,95	0,01	2	0,2	0,75	-11,8	-49,5	-61,2	B
0,6	0,9	0,01	2	0,15	0,75	-10,6	-45,7	-56,3	B
0,6	0,85	0,01	1,5	0,05	0,65	-12,5	-40,1	-52,6	B
0,5	0,8	0,01	1,5	0,15	0,75	-9,0	-41,6	-50,6	A
0,33	0,65	0,01	1,5	0,03	0,85	-3,5	-40,6	-44,1	A



