

A 7000	BOUWFYSICA
A 7210	WARMTEDOORGANGSCOËFFICIËNT U-WINDOW
bladzijde	hoofdstuk
3	1 Inleiding
6	2 Begrippen, grootheden en definities
6	2.1 De U-waarde van de beglazing (U_{glazing})
8	2.2 De U-waarde van het kozijn (U_{frame})
9	2.3 De U-waarde van de aansluiting kozijn/paneel op glas (ψ_{glazing})
11	3 Uitgangspunten voor een berekening
11	3.1 De warmtegeleidingscoëfficiënt λ
12	3.2 Randcondities (overgangsweerstanden)
13	3.3 Software
14	4 Voorbeelden
14	4.1 Warmtedoorgangscoefficiënt kozijn (U_w)
14	4.2 Kozijndetaillering
17	5 Literatuur

1 Inleiding

Het Bouwbesluit stelt in hoofdstuk 5 eisen aan de energetische prestatie van een gebouw. Deze prestatie wordt uitgedrukt in de energieprestatiecoëfficiënt (EPC) en wordt conform NEN 5128 bepaald. Een van de parameters in deze berekening is het transmissieverlies via gevelopeningen in de uitwendige scheidingsconstructie.

Bepaling Uw		
Materiaal:		
U _{gl}	0,60	W/m²K
U _{fr}	1,00	W/m²K
Ψ _{i;gl}	0,06	W/mK
Rekenwaarde F _{kozijn}		
<input type="radio"/>	standaardwaarde	
<input checked="" type="radio"/>	eigenwaarde	
	0,23	
U _w	0,84	W/m²K
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Annuleren"/> <input type="button" value="Help"/>		

Figuur A 7210-1 Invoervenster U_f/U_w in EPC-berekening

In NEN 1068 wordt voor de bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt van deze gevelopeningen verwezen naar NEN-EN-ISO 10077 'Thermische eigenschappen van ramen en deuren en luiken – Berekening van de warmtedoorgangscoefficiënt'. In deze norm wordt de warmtedoorgangscoefficiënt uitgedrukt in een U-waarde. De U-waarde geeft aan hoeveel energie er per m² en per Kelvin temperatuurverschil wordt getransporteerd. Hierbij geldt: hoe lager de U-waarde, hoe lager het warmteverlies.



Figuur A 7210-2 Thermografische opname van een gevel: de meeste energie uit de woningen gaat verloren via de gevelopeningen

In genoemde norm worden de volgende termen gebruikt:

- U_f kozijn (profiel)
- U_w raam (kozijn + glas)
- U_p paneel (deurblad)
- U_d deur (kozijn + deurblad)

De bepalingsmethodiek voor de warmtedoorgangscoefficiënt van een raam of deur (inclusief kozijn) of een kozijn met vast ondoorschijnend paneel wordt in hoofdstuk 4 en 5 van NEN-EN-ISO 10077-1 nader beschreven in formule 1 en 8.

$$U_D = \frac{A_g U_g + A_p U_p + A_f U_f + I_g \Psi_g + I_p \Psi_p}{A_g + A_p + A_f}$$

$$U_W = \frac{A_g U_g + A_f U_f + I_g \Psi_g}{A_g + A_f}$$

Figuur A 7210-3 Formule 1 en 8 uit NEN-EN-ISO 10077-1

waarin:

- U_w warmtedoorgangscoefficiënt van het raam (kozijn+glas), in $W/(m^2 \cdot K)$;
- U_d warmtedoorgangscoefficiënt van de deur (kozijn+deurblad), in $W/(m^2 \cdot K)$;
- A_g glasoppervlakte, in m^2 ;
- U_g warmtedoorgangscoefficiënt van het glas, bepaald volgens 5.2, in $W/(m^2 \cdot K)$;
- A_p geprojecteerde oppervlakte van het paneel, in m^2 ;
- U_p warmtedoorgangscoefficiënt van het paneel, in $W/(m^2 \cdot K)$;
- A_f geprojecteerde kozijnoppervlakte, in m^2 ;
- U_f warmtedoorgangscoefficiënt van het kozijn cf. bijlage C/C.1 uit NEN-EN-ISO 10077-2, in $W/(m^2 \cdot K)$;

l_g	zichtbare lengte van het glas, in m^1 ;
ψ_g	lineaire warmtedoorgangscoefficiënt als gevolg van de gecombineerde effecten van beglazing, afstandhouder en kozijn/paneel, bepaald bijlage C/C.2 uit NEN-EN-ISO 10077-2, in $W/(m \cdot K)$;
l_p	zichtbare lengte van het paneel, in m^1 ;
ψ_p	lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van het paneel, bepaald bijlage C/C.2 uit NEN-EN-ISO 10077-2, in $W/(m \cdot K)$.

Kortweg komt het er op neer dat op basis van de aanwezige oppervlakteverhouding tussen kozijn, glas, paneel en lengte van de aansluiting van glas of paneel op het kozijn, de gemiddelde U-waarde van een gevelopening wordt bepaald.

Bij het invoeren van een raam in de EPC-berekening wordt conform NEN 1068 standaard gerekend met de verhouding 70% glas, 30% kozijn (of 80-20% indien dit leidt tot aan ongunstiger U_w). Voor de meeste ramen zal deze verhouding van 70-30% globaal juist zijn. Echter voor grote puien, waarin zich veel glas bevindt, kan het gunstiger zijn het werkelijke aandeel kozijn uit te rekenen.

Elk raam heeft, bij verschillende afmetingen, een ander aandeel kozijn en dus ook een andere U_w . Om U_w van ramen met een verschillende kozijndetaillering toch met elkaar te kunnen vergelijken, geeft NEN-EN-ISO 10077 een richtwaarde voor de afmeting van een raam waarbij U_w wordt berekend: 1,23 x 1,48 m. Hierdoor wordt de invloed van bijvoorbeeld een andere kozijnprofilering, een andere afstandhouder en/of andere beglazing onderling vergelijkbaar.

2 Begrippen, grootheden en definities

2.1 De U-waarde van de beglazing (U_{glazing})

De rekenwaarde voor de warmtedoorgangscoefficiënt van meervoudige beglazing wordt bepaald volgens een aantal verschillende normen en moet altijd worden gebruikt voor de berekening van glasbladen met gasvulling. De effecten van de aansluiting van het glas met het kozijn worden hierbij niet meegenomen: deze worden verdisconteerd in ψ_g (zie 2.3). Tevens mag gebruik worden gemaakt van een in NEN-EN-ISO 10077-1 (bijlage C) opgenomen tabel met forfaitaire waarden. Onderstaand is de betreffende tabel weergegeven.

Glazing				Thermal transmittance for different types of gas space a Ug				
Type	Glass	Normal emissivity	Dimensions mm	Air	Argon	Krypton	SF ₆ ^b	Xenon
Double glazing	Uncoated glass (normal glass)	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8	3,0	2,6
			4-8-4	3,1	2,9	2,7	3,1	2,6
			4-12-4	2,8	2,7	2,6	3,1	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6	3,1	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6	3,1	2,6
	One pane coated glass	≤ 0,2	4-6-4	2,7	2,3	1,9	2,3	1,6
			4-8-4	2,4	2,1	1,7	2,4	1,6
			4-12-4	2,0	1,8	1,6	2,4	1,6
			4-16-4	1,8	1,6	1,6	2,5	1,6
			4-20-4	1,8	1,7	1,6	2,5	1,7
	One pane coated glass	≤ 0,15	4-6-4	2,6	2,3	1,8	2,2	1,5
			4-8-4	2,3	2,0	1,6	2,3	1,4
			4-12-4	1,9	1,6	1,5	2,3	1,5
			4-16-4	1,7	1,5	1,5	2,4	1,5
			4-20-4	1,7	1,5	1,5	2,4	1,5
	One pane coated glass	≤ 0,1	4-6-4	2,6	2,2	1,7	2,1	1,4
			4-8-4	2,2	1,9	1,4	2,2	1,3
			4-12-4	1,8	1,5	1,3	2,3	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3	2,3	1,4
			4-20-4	1,6	1,4	1,4	2,3	1,5
One pane coated glass	≤ 0,05	4-6-4	2,5	2,1	1,5	2,0	1,2	
		4-8-4	2,1	1,7	1,3	2,1	1,1	
		4-12-4	1,7	1,3	1,1	2,1	1,2	
		4-16-4	1,4	1,2	1,2	2,2	1,2	
		4-20-4	1,5	1,2	1,2	2,2	1,2	

Glazing				Thermal transmittance for different types of gas space a Ug				
Type	Glass	Normal emissivity	Dimensions mm	Air	Argon	Krypton	SF ₆ ^b	Xenon
Tripte glazing	Uncoated (normal) glass	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8	1,9	1,7
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7	1,9	1,6
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6	2,0	1,6
	Two panes coated	≤ 0,2	4-6-4-6-4	1,8	1,5	1,1	1,3	0,9
			4-8-4-8-4	1,5	1,3	1,0	1,3	0,8
			4-12-4-12-4	1,2	1,0	0,8	1,3	0,8
	Two panes coated	≤ 0,15	4-6-4-6-4	1,7	1,4	1,1	1,2	0,9
			4-8-4-8-4	1,5	1,2	0,9	1,2	0,8
			4-12-4-12-4	1,2	1,0	0,7	1,3	0,7
	Two panes coated	≤ 0,1	4-6-4-6-4	1,7	1,1	1,0	1,1	0,8
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8	1,1	0,7
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6	1,2	0,6
Two panes coated	≤ 0,05	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9	1,1	0,7	
		4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7	1,1	0,5	
		4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5	1,1	0,5	
NOTE The values of thermal transmittance in the table and gas were calculated using EN 673. They apply to the emissivities and gas concentration given. For individual glazing units the emissivity and/or gas concentrations can change with time. Procedures for evaluating the effect of ageing on the thermal properties of glazed units are given in EN 1279-1 ^[12] and EN 1279-3 ^[13]								
^a Gas concentration ≥ 90 % ^b The use of SF ₆ is prohibited in some jurisdictions								

Figuur A 7210-4 Tabel C.2 uit NEN-EN-ISO 10077-1 warmtedoorgangscoefficiënten van beglazing zonder invloed randeffecten



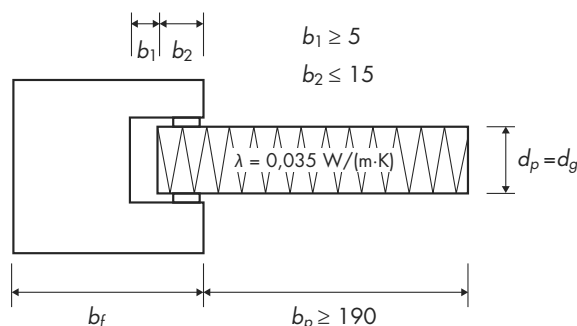
Figuur A 7210-5 Triple glas (bron: Finstral)

2.2 De U-waarde van het kozijn (U_{frame})

De bepaling van het warmteverlies via een kozijn wordt in NEN-EN-ISO 10077-2 gegeven, waarbij wordt uitgegaan van een numerieke rekenmethode. Consequentie hiervan is dat elk kozijnprofiel apart dient te worden doorgerekend. In eerste instantie kan gebruik gemaakt worden van forfaitaire waarden volgens paragraaf 7.3 van NPR 2068. In deze praktijkrichtlijn wordt onderscheid gemaakt tussen drie typen kozijnen:

- houten of kunststof kozijn ($U_f = 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$);
- metalen kozijn met een thermische onderbreking dat voldoet aan de in bijlage A van NPR 2068 gegeven voorwaarden ($U_f = 3,8 \text{ W/m}^2\text{K}$);
- metalen kozijn zonder (voldoende) thermische onderbreking ($U_f = 7,0 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Desgewenst kan, mits onderbouwd door een numerieke berekening, een afwijkende U_f -waarde ingevoerd worden. U_f wordt dan berekend volgens bijlage C van NEN-EN-ISO 10077-2 met behulp van figuur A 7210-6 en A 7210-7.



Figuur A 7210-6 Figuur C.1 uit NEN-EN-ISO 10077-2

$$U_f = \frac{(L_f^{2d} - U_p * b_p)}{b_f}$$

Figuur A 7210-7 Formule C.1 uit NEN-EN-ISO 10077-2

waarin:

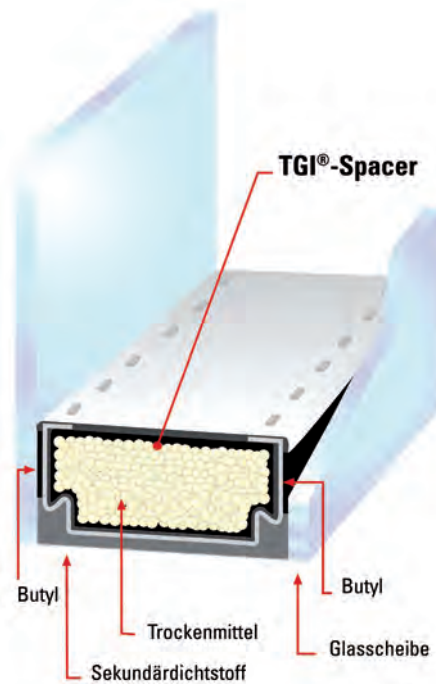
- U_f warmtedoorgangscoefficiënt van de kozijndoorsnede, in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- U_p warmtedoorgangscoefficiënt van het ondoorschijnend paneel, in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- b_f geprojecteerde breedte van de kozijndoorsnede, in m;
- b_p zichtbare lengte van het ondoorschijnend paneel, in m;
- L_f^{2D} tweedimensionale thermische koppelingscoëfficiënt van het rekendetail, in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

2.3 De U-waarde van de aansluiting kozijn/paneel op glas (ψ_{glazing})

Omdat bij de bepaling van de U-waarde voor zowel beglazing, kozijn als paneel geen rekening wordt gehouden met de invloed van een eventuele afstandhouder langs de rand van het glas, zal deze invloed afzonderlijk moeten worden bepaald. In NEN-EN-ISO 10077-2 wordt daarom een bepalingsmethodiek voor een tweedimensionale thermische koppelingscoëfficiënt gegeven, waarmee de gecombineerde effecten van beglazing, afstandhouder en kozijn worden berekend.

Figuur A 7210-8 Bepaling van ψ_g volgens formule C.2 uit NEN-EN-ISO 10077-2

$$\psi = L_{\psi}^{2D} - U_r * b_r - U_g * b_g$$



Figuur A 7210-9 Voorbeeld van een verbeterde afstandhouder (bron: TGI)

Een alternatief is om gebruik te maken van de forfaitaire waarden zoals die in tabel E.1 en E.2 van NEN-EN ISO 10077-1 zijn opgenomen. Daarbij is een relatie gelegd tussen type kozijn en type glas:

Type frame	Dubbel of triple beglazing, ongecoat met lucht- of gasvulling	Dubbel of triple beglazing, gecoat met lucht- of gasvulling
Hout of kunststof	0,06 W/m.K	0,08 W/m.K
Metaal zonder thermische onderbreking	0,02 W/m.K	0,05 W/m.K
Metaal met thermische onderbreking	0,08 W/m.K	0,11 W/m.K

Tabel A 7210-1 Gehanteerde forfaitaire ψ_g conform tabel E.1 uit NEN-EN ISO 10077-1

3 Uitgangspunten voor een berekening

3.1 De warmtegeleidingscoëfficiënt λ

Voorbeelden van rekenwaarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënten van materialen in een kozijnprofiel zijn weergegeven in tabel A 7210-2. De waarden in deze tabel zijn ontleend aan bijlage D van NEN-EN-ISO 10077-2 en/of afkomstig van kozijnproducenten.

Materiaal	Warmtegeleidingscoëfficiënt (λ) [W/(m.K)]
Meranti	0,150
Accoya	0,130
Vuren	0,130
Grenen	0,130
Lariks	0,120
Oregon Pine	0,110
Aluminium	160,000
Staal	50,000
RVS	15,000
PUR	0,035
Purenit	0,070
Kit	0,200
PE	0,040
Homogeen paneel in berekening U_f	0,035
Luchtholten	λ_{eq} wordt bepaald cf. paragraaf 6.3 NEN-EN-ISO 10077-2

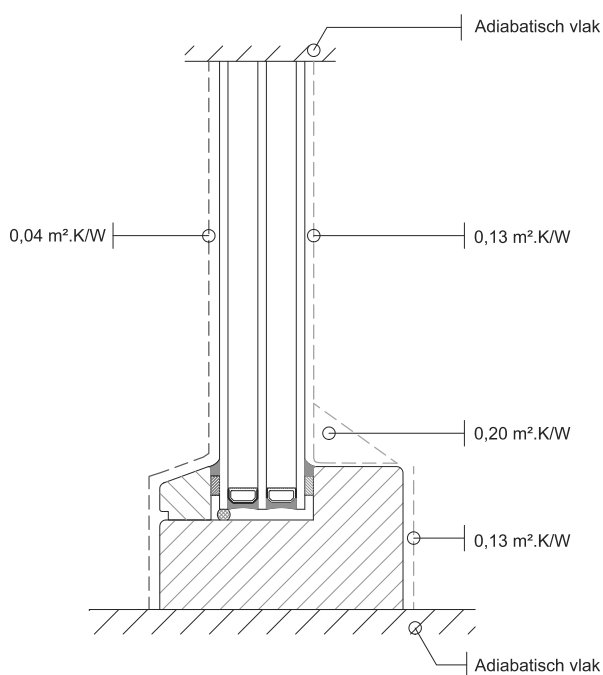
Tabel A 7210-2 Voorbeeld warmtegeleidingscoëfficiënten toegepast in kozijnen

3.2 Randcondities (overgangswaerstanden)

In de berekening van U_f worden de volgende randcondities conform NEN-EN-ISO 10077-2, bijlage B en bijlage D toegepast.

Overgangswaerstand vlakke oppervlakte (buiten)	R_{se}	= 0,04 m ² .K/W
Overgangswaerstand vlakke oppervlakte (binnen)	R_{si}	= 0,13 m ² .K/W
Gereduceerde overgangswaerstand in hoeken of aansluitingen van twee vlakken (buiten)	R_{se}	= 0,04 m ² .K/W
Gereduceerde overgangswaerstand in hoeken of aansluitingen van twee vlakken (binnen)	R_{si}	= 0,20 m ² .K/W
Buitenluchttemperatuur	θ_e	= 0°C (genormeerd)
Binnenluchttemperatuur	θ_i	= 20°C (genormeerd)

Tabel A 7210-3 Randcondities

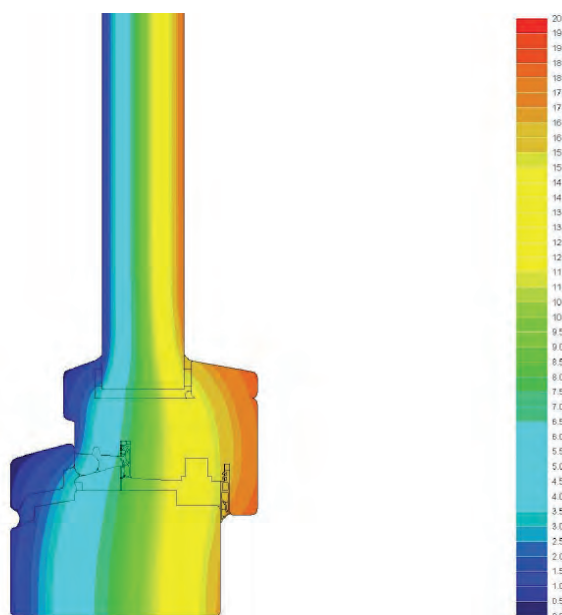


Figuur A 7210-10 Schematische weergave van de randcondities rondom een raam

3.3 Software

Voor het berekenen van U_f zijn diverse programma's op de markt. Belangrijk hierbij is dat wordt gerekend volgens de numerieke rekenmethode en dat het programma voldoet aan de nauwkeurigheidscriteria volgens NEN-EN-ISO 10077-2, bijlage D. Het programma rekt numeriek volgens de eindige elementenmethode en op basis van een orthogonaal grid. Met een dergelijk grid kunnen de kleine rondingen in de kozijnen zeer nauwkeurig worden geschematiseerd.

Een U_f -berekening wordt als volgt uitgevoerd. Een DWG-bestand van een kozijnleverancier wordt ingelezen in de software. Aan elk toegepast materiaal wordt een λ -waarde gekoppeld. De randcondities worden opgelegd, waarna door het programma de warmtestroom L_f^{2D} uit formule C.1 wordt doorberekend. Vervolgens wordt op basis van de verhouding onderdorpel, stijl en bovendorpel de gemiddelde U_f bepaald. Deze gemiddelde U_f , gecombineerd met U_g en ψ_g levert uiteindelijk U_w op.



Figuur A 7210-11 Isothermenverloop door een kozijn met een draai-/kiepraam (bron: Timmerfabriek Overbeek)

4 Voorbeelden

4.1 Warmtedoorgangscoefficiënt kozijn (U_w)




Onderstaand is van een aantal varianten de waarde U_w weergegeven bij een aangegeven U_g en U_f . Hierbij is uitgegaan van een kozijn met vast glas met een afmeting van 1,23 x 1,48 m en $\psi_g = 0,06$ W/m·K.




U_w	U_g							
U_f	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
0,6	0,68	0,76	0,84	0,92	1,00	1,08	1,16	1,24
0,7	0,70	0,78	0,86	0,94	1,02	1,10	1,18	1,26
0,8	0,72	0,80	0,88	0,96	1,04	1,12	1,20	1,28
0,9	0,74	0,82	0,90	0,98	1,06	1,14	1,22	1,30
1,0	0,76	0,84	0,92	1,00	1,08	1,16	1,24	1,32
1,1	0,78	0,86	0,94	1,02	1,10	1,18	1,26	1,34
1,2	0,80	0,88	0,96	1,04	1,12	1,20	1,28	1,36
1,3	0,82	0,90	0,98	1,06	1,14	1,22	1,30	1,38

Tabel A 7210-4 Indicatieve waarden U_w van een houten of kunststof kozijn

4.2 Kozijndetailering

In de praktijk komt ondertussen een veelheid aan hoogwaardige kozijnprofileringen voor. In tabel A 7210-5 is een globaal overzicht hiervan weergegeven. U_f van deze profileringen ligt globaal tussen 0,8 en 1,0 W/(m²·K).

Opbouw	Voorbeeld
<p><i>Geïsoleerd hout (PUR / Purenit) bron: Timmerfabriek Overbeek</i></p>	
<p><i>Geïsoleerd hout (PUR / Purenit) + aluminium bron: Timmerfabriek Overbeek</i></p>	
<p><i>Geïsoleerd hout (luchtholten) bron: Airotherm</i></p>	

Opbouw	Voorbeeld
<p><i>Kunststof</i> <i>bron: Internorm</i></p>	
<p><i>Kunststof – aluminium</i> <i>bron: Internorm</i></p>	
<p><i>Aluminium</i> <i>bron: Schüco</i></p>	

Tabel A 7210-5 Voorbeelden moderne kozijnprofilering

5 Literatuur

- [1] NEN 1068 'Thermische isolatie van gebouwen – Rekenmethoden'.
- [2] NEN-EN-ISO 10077-1 'Thermische eigenschappen van ramen en deuren en luiken – Berekening van de warmtedoorgangscoefficiënt – Deel 1: Algemeen'.
- [3] NEN-EN-ISO 10077-2 'Thermische eigenschappen van ramen, deuren en luiken – Berekening van de warmtedoorgangscoefficiënt – Deel 2: Numerieke methode voor kozijnen'.

