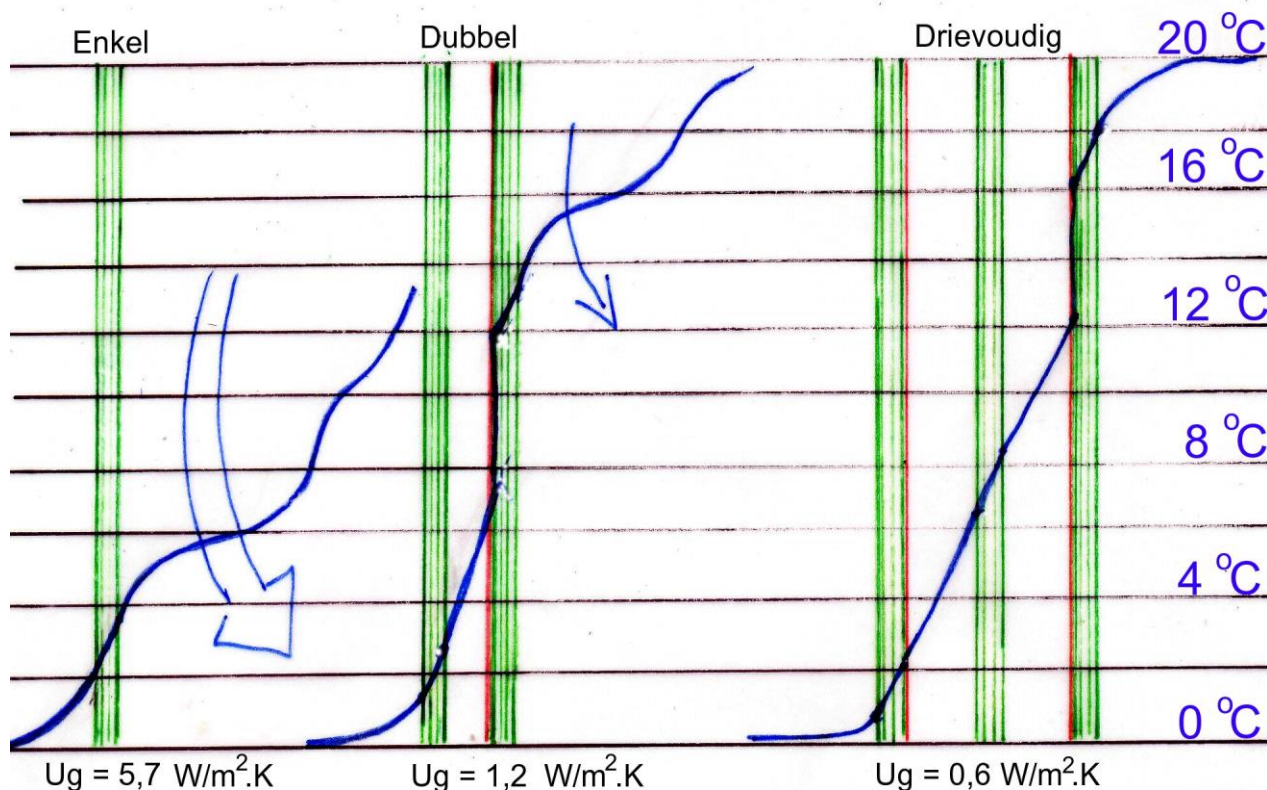


## 101 Soorten Glas met $U_g$ - en $R_g$ -waarden, isolatieverbetering, opties en kostenindicaties



Door: Sjoerd Nienhuys, woonenergie adviseur

Datum: November 2023.

[Energy@nienhuys.info](mailto:Energy@nienhuys.info) [www.nienhuys.info](http://www.nienhuys.info)

**Abstract:** Een overzicht van de  $U_g$ - en  $R_g$ -waarden van enkel, dubbel, triple en gelamineerd isolatieglas bij verschillende configuraties, inclusief voor- en achterzet-ruiten. Uitgebreide tabellen in  $U_g$ - en  $R_g$ - waarden met isolatieverschillen van ruiten met verschillende gasvullingen (lucht, Argon, Krypton), afstanden tussen de ruiten en coatings. Waarop te letten bij prijsvergelijkingen en offertes? Tillen met hijskraan van zware ruiten. Verbeteringsopties bestaande ruiten. Monumentenglas. Vacuümglas. Zonwerende glasfolies. Ventilatie. Glasroeden. Hoogbouw. Gehard glas. Tweedubbel glas. Thermische breuk. Gebogen ruiten. Goede mogelijkheid voor Doe-Het-Zelf dubbel isolatie, ook voor stoeltjesprofiel metalen ramen en monumenten.

In dit document wordt niet ingegaan op de details van het plaatsen van het glas, glaslatten of de verschillende soorten kozijnen en het stellen of monteren van kozijnen. Zie hiervoor aparte documenten op mijn website [www.nienhuys.info](http://www.nienhuys.info)

## Inhoud

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Verklaringen, woordenlijst.</b>                                                                                     | 3  |
| <b>Minimum nieuwbouw isolatiewaarden</b>                                                                               | 5  |
| Hoe werkt een ruit als isolatie?                                                                                       | 5  |
| <b><math>U_{\text{glas}}</math>-waarde en <math>R_{\text{glas}}</math>-waarde van glas en globale kostenindicatie.</b> | 6  |
| Verbindingsprofiel. <i>Spacer</i>                                                                                      | 7  |
| Warmtereflectie zichtbaar                                                                                              | 8  |
| <b>Tabel: <math>U_g</math>-waarden en <math>R_g</math>-waarden en lijst van kostenaspecten (indicaties jaar 2022)</b>  | 9  |
| Isolatieruiten in stalen stoeltjesprofiel kozijnen.                                                                    | 11 |
| Glasverwarming                                                                                                         | 12 |
| Andere glassoorten.                                                                                                    | 12 |
| Monumentenglas <sup>8</sup> .                                                                                          | 12 |
| Dunne isolatieruiten monumenten.                                                                                       | 13 |
| Vacuümglas                                                                                                             | 14 |
| Zonwerende coating of glasfolie.                                                                                       | 14 |
| Geluidwerend glas.                                                                                                     | 15 |
| Hol of bol gebogen ruiten, isochore druk.                                                                              | 16 |
| Thermische breuk.                                                                                                      | 16 |
| Glasroeden.                                                                                                            | 17 |
| Ventilatie. Ademend raam.                                                                                              | 17 |
| Normen en ISO.                                                                                                         | 18 |
| <b>Twee tabellen met <math>U_g</math>- en <math>R_g</math>-waarden van ruiten.</b>                                     | 18 |
| <b>Verbeteren van de isolatiewaarde van ruiten</b>                                                                     | 22 |
| Vervangen van enkel glas door HR <sup>++</sup> isolatieglas.                                                           | 22 |
| Voorzet- en achterzetruiten of ramen.                                                                                  | 25 |
| Glas-In-Lood tussen isolatieglas.                                                                                      | 26 |
| Prefab voorzet- en achterzetramen.                                                                                     | 26 |
| Vast voorzet- of achterzetruit van HR <sup>++</sup> .                                                                  | 27 |
| Hijskraan voor zwaar tillen.                                                                                           | 28 |
| <b>Kozijn- of raamfolie, glasfolie, glasfilm, anti-condens.</b>                                                        | 29 |
| Anti-condens glasfolie.                                                                                                | 30 |
| Anti-condens coating of antifog.                                                                                       | 31 |
| Doorvalveiligheid en gehard glas.                                                                                      | 31 |
| Hoogbouw gehard of gelamineerd glas.                                                                                   | 32 |
| Glazen luifels en ander horizontaal glas.                                                                              | 33 |
| Warmtescan foto's.                                                                                                     | 33 |
| <b>Acrylaat (PMMA) of Polycarbonaat (PC) voor/achterzetramen.</b>                                                      | 34 |
| Isolerende gordijnen (rol of plissé, enkel en dubbel).                                                                 | 34 |
| Stalen raamkozijnen en stoeltjesprofielen.                                                                             | 35 |
| Gebogen ramen.                                                                                                         | 37 |
| Meer informatie over glas, stalen ramen, vensters isoleren en folies.                                                  | 38 |

## Verklaringen, woordenlijst.

De volgende termen worden gebruikt in dit document:

**Ruit.** Van glas (meestal doorzichtig, ook van Acrylaat of Polycarbonaat) dat in een raamwerk zit.

**Raam.** Ruit inclusief de omlijsting. Het raam maakt het mogelijk om de ruit open te zetten voor ventilatie. Het raamwerk zit meestal in een kozijn. Het raamwerk is vaak permanent in het kozijn dicht/vastgezet.

**Kozijn.** Het framework dat in de bouwmuren zit. Hierin kan direct een vast ruit worden geplaatst of een ruit met een raamwerk.

**Overgangswaarde Rsi** voor binnen en buiten ( $R_{se}$ ). Tussen een materiaal (glas) en de lucht bestaat een weerstand voor de warmteoverdracht. Voor ruiten is het gemiddelde bepaald door de Internationale Standaard Organisatie (ISO). Voor Nederland is de gemiddelde (over het jaar)<sup>1</sup> buiten-overgangswaarde  $R_{si}$  voor glas  $0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ . De binnenzijde overgangswaarde is voor glas  $0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ . Samen is dit dus voor enkel glas  $0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ . De isolatiewaarde van het glas zelf is erg laag. Dit betekent dat de rekenwaarde voor enkel glas  $\approx 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

**Achterzetruit.** Dit is een extra ruit of Acrylplaat die aan de binnenzijde achter de bestaande ruit wordt geplaatst zodat er een beter isolerende dubbele ruitconstructie ontstaat. De isolatiewaarde van de enkele ruit ( $R_g = 0,17$ ) wordt daarmee met  $R_c \approx 0,2$  met ongeveer 100% verhoogd tot  $R_c \approx 0,35$ .

**Voorzetruit.** Dit is een extra ruit of Acrylplaat die aan de buitenzijde voor de bestaande ruit wordt geplaatst zodat er een beter isolerende dubbele ruitconstructie ontstaat. De isolatiewaarde van de enkele ruit ( $R_g = 0,17$ ) wordt daarmee met  $R_c \approx 0,2$  met ongeveer 100% verhoogd tot  $R_c \approx 0,35$ .

Twee glasruiten samen of een ruit en een glas-in-lood ruit samen. Dit kan met voorzetruit zijn (buiten) of achterzetruit (binnen). De isolatiewaarde is  $U_g \approx 2,5 \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}$  of  $R_g \approx 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

**Dubbelglas.** Samengestelde ruit op een spacer. Na 1972 komen deze op de markt.  $U_g \approx 0,2$  of  $R_g \approx 0,45$ .

**HR glas.** Isolatieglas uit de periode 1985-1995. Een betere soort dubbel glas met argonvulling, maar zonder een IR-straling reflecterende coating. De isolatiewaarde is  $U_g \approx 1,9 \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}$  of  $R_g \approx 0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

**HR<sup>+</sup> glas.** Isolatieglas uit de periode 1995-2015. Op de binnenkant van de binnenste ruit zit een lichte IR-straling reflecterende coating. De isolatiewaarde is  $U_g \approx 1,5 \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}$  of  $R_g \approx 0,67 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

**HR<sup>++</sup> glas.** Nieuwbouw 2021 minimumnorm met een  $U_g 1,2 \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}$  of  $R_g = 0,833 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ . Wanneer een woningeigenaar geen isolatie specificatie geeft aan de glashandel krijgt die de minimum isolatiewaarde.

**HR<sup>+++</sup> glas.** Dit is geen vastgestelde waarde, dat kan dus van alles betekenen. Sommige bedrijven of instellingen gebruiken HR<sup>+++</sup> als aanduiding voor Tripleglas; dat is onjuist en verwarrend.

**HR<sup>++++</sup> glas.** Dit is geen vastgestelde waarde, dit is dus ook een fantasiewaarde. Alleen met de opgave van de  $U_g$ -waarde van het glas wordt duidelijk welke kwaliteit het is.

**Tripleglas.** Drie ruiten met gas gevuld en binnen op de binnenste en buitenste ruit een IR-straling reflecterende coating. Minimum  $U_g 0,7 \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}$  of  $R_g = 1,43 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ . Maximum  $U_g 0,5 \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}$  of  $R_g = 2,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ . Sommige bedrijven stellen dat dit HR<sup>+++</sup> is, dit is een verkeerde aanduiding.

---

<sup>1</sup> De lucht kleeft als het ware aan het glas. Als de lucht stil staat en het niet waait is de overgangswaarde hoger, maar als het waait en nat is, is de overgangswaarde lager. De opgegeven waarde is het jaargemiddelde in Nederland. Als er binnen veel luchtverplaatsing is vanwege ventilatoren wordt deze waarde lager. Wanneer de luchtpouw dun is (18 mm tot 20 mm) is de overgangswaarde ongeveer  $+R_c \approx 0,2$ .

**Driedubbel glas.** Zes ruiten? Foute benaming. Sommige bedrijven geven deze naam aan Tripleglas. Driedubbel zijn feitelijk 6 ruiten. Driedubbel Tripleglas is dan helemaal een fantasienaam voor Tripleglas.

**Vacuümglas.** Twee glasplaten waartussen een vacuüm is getrokken met een  $U_g$  0,7 tot 0,4  $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$  of  $R_g = 1,43$  tot 2,5  $\text{m}^2\cdot\text{K/W}$  afhankelijk van het fabricaat. Dit heeft afstandshouders tussen de ruiten.

**Gelaagd glas.** Met Bouwbesluit 2012 is doorvalveilig glas verplicht in woningen en openbare gebouwen als het glas begint onder de 85 centimeter, gerekend van de vloer. In kinderdagverblijven is dit zelfs verplicht tot een hoogte van 120 centimeter. Aanduiding 3.3.1 is 2x3mm ruit + PVB folie er tussen.

**Gelaagd isolerend glas.** Normaal gelaagd of gelamineerd glas is verbonden met een PVB folie (Polyvinylbutyral). De kamerzijde ruit kan tussen de ruit en de PVB folie ook een Low-E coating op het glas hebben, waardoor de isolatiewaarde van het glas met ongeveer 30% toeneemt. Deze oplossing kan geschikt zijn voor dunne stalen raamprofielen, wanneer de stalen ramen of kozijnen niet vervangen kunnen/mogen worden.

**Spacer of afstandhouder.** De verbindingsstrook die de ruiten bij isolatieglas gasdicht bij elkaar houdt. Meestal in glanzend aluminium. Vaak wordt het kenmerk en de productiedatum van de ruit op die spacer geprint. De zwarte spacers (warm edge, TGI) hebben een betere isolatiewaarde.

**Zonwerende glasfolie.** Een licht blokkerende folie die op het glas aan de buitenkant wordt toegepast ter vermindering van zoninstraling. Sommige bedrijven noemen dit raamfolie, dat is verwarrend want raamfolie wordt op het raamhout/plastic geplakt.

**Isolerende glasfolie.** Deze wordt aan de warme kant op de ruit geplakt. Dit verbetert de isolatiewaarde van die ruit met  $\approx +R_c 0,3$ . Sommige bedrijven noemen dit raamfolie. Raamfolie wordt op het raamhout/plastic geplakt. Hoe beter de bestaande ruit is, hoe kleiner het percentage van de toegevoegde isolatiewaarde is.

**Raam of kozijnfolie.** Dit wordt op het raamhout of het kozijn bevestigd waardoor een isolerende luchtlag ontstaat. Bij een dikte van 18 tot 20 mm heeft dit het beste rendement met  $\approx +R_c 0,2$ . Hoe beter de bestaande ruit is hoe kleiner het percentage van de toegevoegde isolatiewaarde is.

**Interferentie, irrisatie of anisotropie.** Dit is een lichteffect dat kan optreden bij gehard glas (t.g.v. spanning na het afkoelen) of Tripleglas (bij gelijke ruitdiktes). Het effect kan bij een bepaalde invalshoek regenboogkleuren veroorzaken en kan bij gehard glas zichtbaar zijn met een gepolariseerde bril, in de vorm van olievlekken of cirkels. Dit is sterk afhankelijk van de gezichtshoek en het invallende licht.

**ZTA-waarde.** De mate van licht of ZonToelatingsAspekt van een ruit. Bij zonwerende folies vermindert deze waarde. Bij een dikker glas pakket (Tripleglas) en bij extra coatings op het glas vermindert dit ook, maar is van binnen niet waar te nemen als alle ruiten dezelfde dikte en coatings hebben.

**Isochore druk.** De ruiten worden volledig gasdicht op de spacer aan elkaar verbonden. Bij een lage buitentemperatuur zal het gas tussen de ruiten afkoelen en zal de buitenste ruit door de luchtdruk iets naar binnen gedrukt worden (Isochore druk) en gaan ze hol staan. Bij warme dagen worden de ruiten naar buiten gedrukt en gaan ze een klein beetje bol staan. Wanneer de isochore druk erg hoog kan worden dan worden geharde ruiten toegepast of gelaagde ruiten.

**Stoeltjesprofielen.** Stalen raamkozijnen (toegepast tot omstreeks 1960) die een profieldoorsnede hebben van een stoeltje. Deze smalle ramen en kozijnen hebben geen thermische onderbreking (toegepast tot 1995) en hebben daardoor een erg slechte thermische isolatie. Bij enkel glas is de isolatiewaarde  $< R_c 0,17$ .

## Minimum nieuwbouw isolatiewaarden

Warmteverlies gebeurt hoofdzakelijk door 4 mechanismen.

1. Straling is verantwoordelijk voor het merendeel met **60% – 70%**. Warmtestraling wordt bij isolatieruiten gedeeltelijk tegengehouden door een Low-E coating ertussen.
2. Contact tussen bouwmaterialen (ook met lucht) vooral bij funderingen.
3. Convectie (luchtstroming, tocht, ventilatie), 2 en 3 samen voor  $\approx 30\% - 35\%$ .
4. Bij mechanische ventilatie zonder WTW is er constant warmteverlies in de winter. 5% - 15%

Een on-geïsoleerde spouwmuur of steensmuur  $R_c \approx 0,5$ , na-geïsoleerd met 5 cm EPS-parels  $R_c \approx 1,7$ .

**Minimum nieuwbouwwaarde gevel  $R_c = 4,7$**  dus 3x zo goed als een na-geïsoleerde spouwmuur.

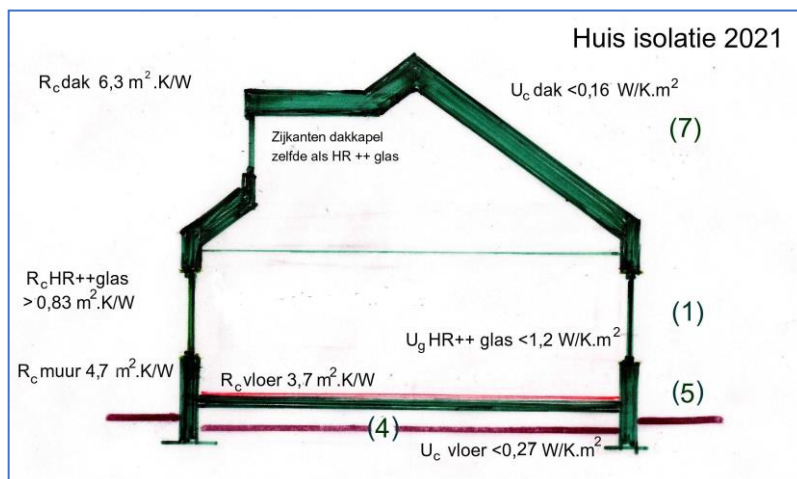
Een gewone enkele ruit heeft een  $R_c \approx 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  dat is de laagste isolatiewaarde in de woning.

Een pre-1995 dubbel glas heeft een  $R_g \approx 0,6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

**Tripleglas en ook Vacuümglas  $R_c = 1,7$  tot  $\approx 2,0$ .**

Figuur 1.

**Minimum nieuwbouwnormen 2021**  
met  $R_c$  waarden (isolatiewaarden).  
Begane grond vloer.  $R_c = 3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$   
Buitenmuren  $R_c = 4,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$   
Dakconstructie  $R_c = 6,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$   
Ruiten, ramen, deuren, panelen,  
dakkapel/-glas, kozijnen  $R_c > 0,83 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$   
 $U_g = < 1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$



### Hoe werkt een ruit als isolatie?

De isolatiewaarde van enkel glas is ongeveer<sup>2</sup>  $R_g \approx 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  hetgeen grotendeels wordt bepaald door de overgangs-waarden (weerstand) tussen het glas en de lucht. De warmtestraling gaat zonder reflecterende coating dwars door het glas naar buiten en maakt het grootste deel uit van het warmteverlies (65% tot 75%). De isolatiewaarde van dubbel glas met een droge lucht spouw is  $R_g \approx 0,37 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  is. Het grootste warmteverlies ontstaat ook hier door straling, meer dan door convectie, en een beetje door het contact tussen de ruit (met afstandshouder tussen de glasplaten) en het kozijn.

De toegevoegde isolatiewaarde van de spouw bij dubbel glas ten opzichte van enkel glas is  $R_c = 0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ . Deze toegevoegde  $R_c$ -waarde geldt voor elk voorzetruit, achterzetruit, Acrylplaat of isolerende raam/kozijnfolie, mits de luchtspouw tussen de 18mm en 20mm is.

<sup>2</sup> Dit is het jaargemiddelde. Wanneer er absoluut geen luchtstroming langs het glas is en de lucht kleef dus aan het glas is de **overgangswaarde**  $R_s \approx 0,15$ , maar dat is alleen het geval tussen twee ruiten die niet meer dan 18 mm tot 20 mm luchtdicht op elkaar zijn geplaatst (dubbel glas).

Het jaargemiddelde  $R_s$  voor de kamerkant (met lichte luchtstroming, Resistentie surface interieur) is  $R_{si} \approx 0,13$  terwijl het jaargemiddelde (Resistentie surface exterieur) voor de buitenkant  $R_{se} \approx 0,04$ .

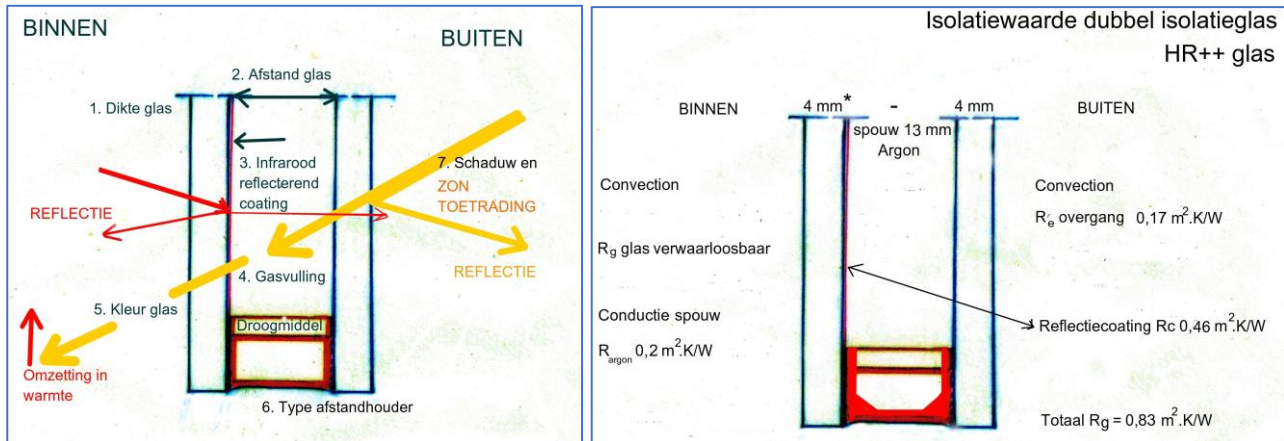
De isolatiewaarde van 3 mm dik glas met  $\lambda = 0,8 \text{ W/m} \cdot \text{K}$  zelf is  $0,003 \text{ m} \times 1/0,8 = R_g = 0,00375$

Totale aangenomen isolatiewaarde is dan  $0,13 + 0,04 + 0,00375 = R_c 0,17375 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  afgerond 0,175

Wanneer het buiten dus windstil is, is de isolatie wat hoger, maar als het hard waait wat lager. Een binnenruit van een tochtdeur heeft dan een isolatiewaarde van  $R_g 0,13 + 0,13 + 0,00375 = 0,26375$  afgerond 0,265 of  $\approx 0,3$ .



Bij de toepassing van een goede Low-E coating verminderd de warmtedoorstaling aanzienlijk en verbetert de isolatiewaarde tot  $R_g \approx 0,83 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (HR++ glas), bij een spouw van 15mm; een verbetering met  $R_c = 0,46 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  ten opzichte van dubbel glas zonder Low-E coating, dus ongeveer een verdubbeling van de isolatiewaarde.



Figuren 2. De reflecterende Low-E coating tussen de ruiten verhoogt de isolatiewaarde aanzienlijk.

Rechts: Bij een Argon gasvulling, Low-E coating en een spouw van  $\geq 13 \text{ mm}$  wordt het  $R_g = 0,83 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  oftewel HR++.

De tabel op pagina 7 geeft aan dat bij **drie ruiten** (triple glas) de totale isolatiewaarde van twee luchtspouwen van 20 mm en tweemaal de Low-E coating  $R_g = 1,67 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  is, bijna 2X de isolatiewaarde van HR++ glas.

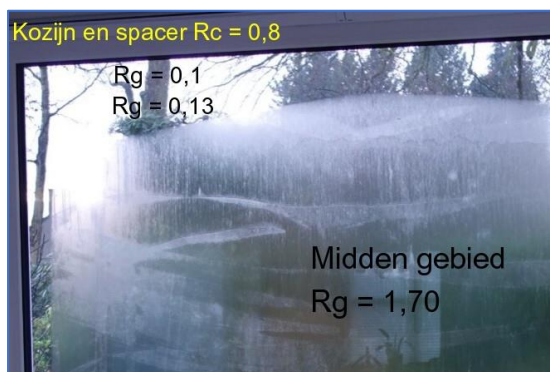
## Uglas-waarde en Rglas-waarde van glas en globale kostenindicatie.

De  $U_g$ -waarde (in  $\text{Watt/m}^2 \cdot \text{Kelvin}$ ) is de mate van warmteverlies of warmtetransmissie (**U**itgang) door een materiaal. Het omgekeerde is de warmteweerstand of isolatiewaarde  $R_g$ -waarde ( $R_g$  in  $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ ). De  $R$  van **R**esistance. In de glashandel wordt de  $U_g$ -waarde van het glas (zonder het kozijn) meestal aangeduid. Dit is de warmte-doorgangswaarde van het glas. Het raam/kozijn heeft een eigen  $R_{\text{constructie}}$ -waarde. Hoe kleiner de ruiten zijn, hoe groter de invloed van de  $R_c$ -waarde van de aluminium afstandshouder (spacer) en het raamhout/kunststof/metaal zijn.

In dit document wordt over het algemeen de  $R_{\text{glas}}$ -waarde of de  $R_{\text{constructie}}$ -waarde gebruikt om het vergelijkbaar te maken met andere isolatiewaarden van bouwmaterialen of constructies.

Figuren 3. Links. Tripleglas ruit met isolatiewaarde  $R_g = 1,7$  tot  $R_g 2,0$ . De isolerende afstandshouder (spacer) heeft een isolatiewaarde van  $R_c \approx 0,8$  waardoor isolatiewaarde langs de rand van de ruit terugloopt.

Rechts. Zwarte (Warm edge) spacer in Tripleglas ruit. Een zilverkleurige aluminium spacer geeft meer warmteverlies.



Vanwege de goede isolatie van deze Tripleglas ruit kan bij vochtig en koud weer condensatie buiten op het glas komen. Dat gebeurt ook buiten op een autoruit. Omdat het kozijn en de spacer minder isolerend zijn, verdwijnt daar de condensatie het eerste.

*Figuur 4. Dakraam met een oudere HR<sup>+</sup> ruit met een isolatiewaarde van  $R_g \approx 0,7$  en een gewone aluminium spacer met isolatiewaarde  $R_c \approx 0,2$ . Langs de randen ontstaat daardoor condensatie. De  $R_g$  isolatiewaarde van de ruit geldt dus alleen voor het middengebied. Hoe kleiner de ruit hoe meer invloed de spacer heeft.*



### Verbindingsprofiel. Spacer

Bij kleinere ruitafmetingen is het type verbindingsprofiel tussen de binnen en buitenruiten van belang. Isolerende, **zwarte** of grijze TGI®-spacer (Scheuten glas: *warm-edge*, *Isolide*®, *Trisolide*®) profielen verminderen de warmtetransmissie langs de randen van het isolatieglas.

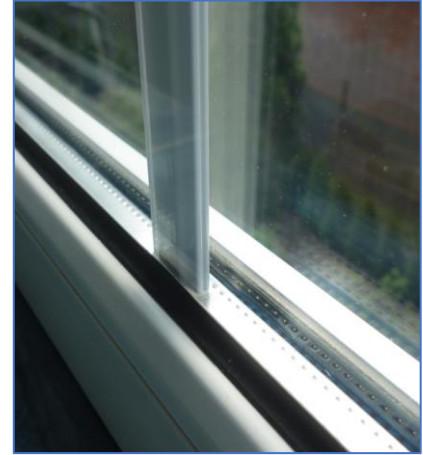
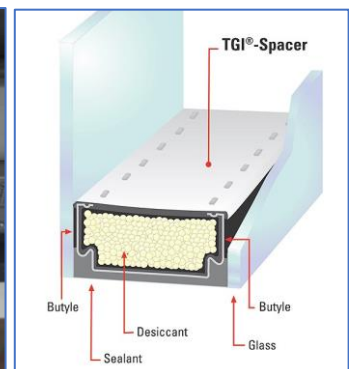
De TGI®-spacer verbetert de thermische isolatiewaarde van een heel raam met  $R_c \approx 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  en van klein raam met  $R_c \approx 0,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ . Voor grote ramen maakt het wat minder uit.

Bij veel kleine ruitjes zijn de vervangingskosten voor die ruitjes hoger dan bij middelgrote ruiten. Vanwege de vele glasroeden en spacers hangt de totale isolatiewaarde van de constructie sterk af van die roeden, spacer en het raam of kozijn. Ramen met veel kleine ruiten die met spacers achter de kruisroeden zitten hebben daardoor een veel lagere isolatiewaarde dan de opgegeven  $R_g$ -waarde van de ruit.

*Figuren 5. Op het verbindingsprofiel (spacer) staat soms het type en de datum van productie van het isolatieglas vermeld.*

*Thermobel 05-96 52 superlite HR glas 4-44.*

*Langs de rand van de spacer tussen de ruiten is vaak ook een koperkleurig lijntje te zien*



*Figuren 6. Links: veel kleine ruiten met afstandshouders. Midden: Doorlopende ruit. Rechts: nep-roede tussen het glas. Bij condensatie op de ruit is te zien dat de neproede tussen het glas ook een niet-isolerende invloed heeft.*



## Warmtereflectie zichtbaar

Om te zien of een bepaalde isolatie ruit al dan niet een Low-E Coating of warmte-reflecterende coating op de spouwzijde van de warmste (kamerzijde) glasruit heeft kan men een geel vlammetje (kaars, aansteker) of met een wit lichtje (ledlamp, b.v. van mobiele telefoon) de lichtreflectie worden waargenomen. Elk zichtbaar licht wordt bij breking in de regenboogkleuren opgedeeld, waarbij rood en infrarood (onzichtbaar) de hoogste energiewaarden hebben. Blauw, violet licht en ultraviolet hebben de laagste energiewaarden.

Afhankelijk hoe je naar de reflectie kijkt is het teruggekaatste licht van de Low-E coating anders van kleur dan de reflecties van on-gecoat glas. Wanneer je recht achter de vlam kijkt dan heeft de warmte reflecterende coating een intensere rode kleur. Wanneer je schuin (ongeveer 45 graden) naar de reflecties kijkt dan hebben ze juist een minder rode kleur vanwege de verstrooiing van het licht. Het licht dat het beste wordt verstrooid is blauw.

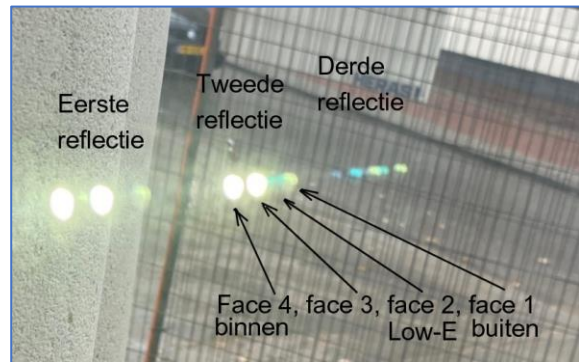
Figuren 7.

Links. De tweede reflectie is een andere kleur.

Rechts: De derde reflectie is donkerder.



Links en rechts: face 2 of 3 is blauw bij HR++



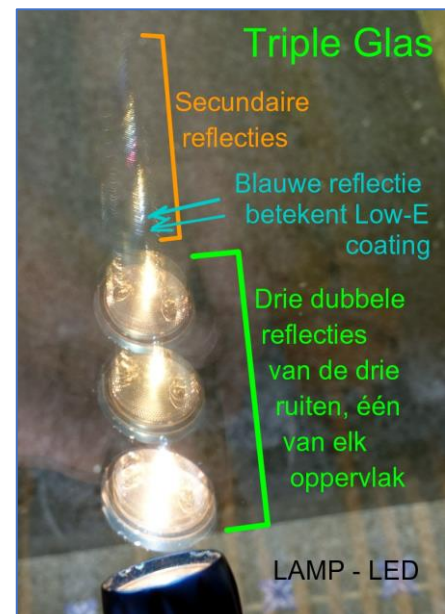
Bij de Triple glas ruit zie je de blauwe reflectie op positie #2 en #5 (van buitenaf geteld). Er zijn hier 2 coatings.

Voor de plaatsing van de ruiten maakt bij Triple glas het niet veel uit of de Low-E coatings aan de binnen kant van de binnenruit zitten of op de binnenkant van de buitenruit.

Op basis van deze techniek kan snel beoordeeld worden of een ruit voldoet aan de minimum nieuwbouw norm van  $R_g = 0,833$ .

Wanneer dat niet het geval is dan moet beoordeeld worden of het zin heeft om de ruit op de duur te vervangen voor een veel beter isolerende ruit, of om er een voorzetruit (buiten) of achterzetruit (binnen) bij te plaatsen.

Zie documenten "Tweedubbel glas" en "Isolatiewaarden vergelijken" op [www.nienhuys.info](http://www.nienhuys.info)





**Tabel:  $U_g$ -waarden en  $R_g$ -waarden en lijst van kostenaspecten (indicaties jaar 2022)**

Bij plaatsen of vervangen van ruiten wordt alleen de blauwe of groene kleur aanbevolen.  
Wanneer u géén specificatie van de isolatiewaarde aan de glazenier opgeeft, krijgt u meestal slechts de minimumnieuwbouwwaarde van HR<sup>++</sup> glas.

| $U_g$ -waarden en $R_g$ -waarden met glasdiktes van 4 mm<br>De laagste prijzen zijn voor een ruit van 800mm x 1200mm (1 m <sup>2</sup> ) |                                                                                            |                             | Kosten excl. arbeid €/m <sup>2</sup> | Kosten glas + montage |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Type glas                                                                                                                                | $U_g$ waarde = W/m <sup>2</sup> .K                                                         | $R_g$ = m <sup>2</sup> .K/W | Excl. BTW                            | Incl. BTW             |
| Glas in Lood                                                                                                                             | 6,7 tot 6,5 W/m <sup>2</sup> .K                                                            | 0,17                        |                                      |                       |
| Enkel glas, monumentenglas                                                                                                               | 5,8 W/m <sup>2</sup> .K                                                                    | 0,17                        |                                      |                       |
| Low-E folie op de binnenkant enkel glas (geen isolatieglas)                                                                              | Verlaagd 5,8 tot 3,2 W/m <sup>2</sup> .K                                                   | 0,17 + 0,13 = 0,3           | 20                                   | 65                    |
| Glazen bouwblok, luchtgevuld                                                                                                             | 5,0 W/m <sup>2</sup> .K                                                                    | 0,2                         | 45                                   |                       |
| Glazen bouwblok Argonvulling                                                                                                             | 4,0 W/m <sup>2</sup> .K                                                                    | 0,25                        | 50                                   |                       |
| Enkel glas, spouw 18 mm en isolerende raam-/kozijnfolie                                                                                  | Verlaagd van 5,8 tot 2,7 W/m <sup>2</sup> .K                                               | ≈ 0,37                      | 3                                    | Zelf doen             |
| Enkel glas, + voorzetraam of achterzet-raam of Acrylplaat.                                                                               | ≈ 2,7 W/m <sup>2</sup> .K *                                                                | 0,37                        | 30-60                                | 60-120                |
| Low-E folie op de binnenkant dubbel glas (geen isolatieglas)                                                                             | Verlaagd van 2,7 tot 2,0 W/m <sup>2</sup> .K                                               | 0,37 + 0,14 ≈ 0,51          | 20                                   | 65                    |
| Dubbel glas van vóór 1990                                                                                                                | ≈ 2,0 tot 1,7                                                                              | ≈ 0,5 tot 0,55              |                                      |                       |
| HR glas (van vóór 1990-1995)                                                                                                             | Tussen de 2,0 en 1,6 W/m <sup>2</sup> .K                                                   | 0,55 - 0,6                  |                                      |                       |
| Enkel glas + voorzet (buiten) en achterzetraam binnen                                                                                    | ≈ 1,8 droge lucht                                                                          | 0,17 + 0,28 ≈ 0,55          |                                      |                       |
| Dubbel glas met Glas-in-Lood er tussenin, droge lucht                                                                                    | ≈ 1,7 W/m <sup>2</sup> .K                                                                  | ≈ 0,6                       | GiL leveren aan fabriek              |                       |
| Dubbel glas met GiL en op de binnenruit een Low-E coating                                                                                | ≈ 1,25 W/m <sup>2</sup> .K                                                                 | ≈ 0,75                      | GiL leveren aan fabriek              |                       |
| Dubbel glas (pre-1995) met voorzetraam of achterzetraam                                                                                  | ≈ 1,4 W/m <sup>2</sup> .K                                                                  | ≈ 0,5 + 0,2 = 0,7           |                                      |                       |
| HR <sup>+</sup> glas ≈1995 - 2010                                                                                                        | Tussen de 1,6 en 1,2 W/m <sup>2</sup> .K **                                                | 0,7 - 0,75                  |                                      |                       |
| HR <sup>++</sup> glas sinds 2015                                                                                                         | Minder dan 1,2 W/m <sup>2</sup> .K **                                                      | > 0,833                     | 60-80                                | 80-140                |
| HR <sup>++</sup> glas, betere kwaliteit                                                                                                  | Minder dan 1,1 W/m <sup>2</sup> .K **                                                      | > 0,9                       | 100                                  | 130-160               |
| HR <sup>++</sup> glas extra garantie 15 jr.                                                                                              | Minder dan 1,0 W/m <sup>2</sup> .K **                                                      | > 1,0                       | 110                                  | 140-170               |
| HR <sup>++</sup> beste kwaliteit                                                                                                         | 0,9 W/m <sup>2</sup> .K                                                                    | 1,1                         | 120                                  | 150 -180              |
| 3-voudig glas + Argon                                                                                                                    | 0,9 W/m <sup>2</sup> .K, spouwen <15 mm                                                    | 1,10                        | 180-200                              | 250 -300              |
| 3-voudig glas + Argon                                                                                                                    | < 0,7 W/m <sup>2</sup> .K, spouwen >15 mm                                                  | < 1,43                      |                                      |                       |
| Vacuümglas 2019 6,5 mm                                                                                                                   | 0,7 W/m <sup>2</sup> .K, spouw 0,1 mm                                                      | 1,40                        | 300 - 400                            |                       |
| HR/HR <sup>+</sup> /HR <sup>++</sup> en extra HR <sup>++</sup> (2-dubbel) spouw 18 – 20 mm                                               | Afhankelijk van kwaliteit van de reeds bestaande HR of HR <sup>+</sup> of HR <sup>++</sup> | 1,5 tot 1,9                 | 60 - 80                              | 80 - 140              |
| Vacuüm glas 8,6 mm dik                                                                                                                   | 0,45 W/m <sup>2</sup> .K, spouw 0,1 mm                                                     | 2,2                         | 400                                  | Fineo                 |
| 3-voudig + Argon dik 48 mm                                                                                                               | 4:-18-4-18:-4mm 0,5 W/m <sup>2</sup> .K                                                    | 2,0                         | 300                                  | 350                   |
| Vacuüm glas                                                                                                                              | 0,7 -0,4 W/m <sup>2</sup> .K dik 6,2 tot 8,3 mm                                            | 1,43 - 2,5                  | 300                                  | 500                   |
| Quadro glas dik > 48 mm                                                                                                                  | 0,3 W/m <sup>2</sup> .K                                                                    | 3,33                        | 400                                  | 500                   |

\* afhankelijk van spouw en dikte glasplaten. \*\* afhankelijk van de fabrikant

Gelamineerd heeft geen luchtspouw en kan ook gehard (veiligheids-)glas zijn.

Quadro glas: <https://ahkkoziijnen.nl/ahk-koziijn-bv/isolatie-met-koziijnen/glas-isolatie/>

Montagekosten tussen de € 50/uur (begane grond en handelbare maat) en € 70/m<sup>2</sup> incl. BTW.

Dit is afhankelijk van de afwerking, schilderen houtwerk, etc. Materiaal prijs is ongeveer 45%, arbeid ongeveer 50%, voorrijkosten 5%. Zelf plaatsen van ruiten en DHZ afschilderen is voordelig.

Voor zonwerend HR<sup>++</sup> extra € 30/m<sup>2</sup>. Voor gehard/veiligheidsglas/gelamineerd HR<sup>++</sup> extra € 100/m<sup>2</sup>.

Prijzen HR-beglazingen gelden voor een maximale productiemaatvoering van ongeveer 2400 x 1400 mm (4 mm dik) en 1800 x 2400 mm (5 mm dik) en 2250 x 3500 mm (6 mm dik); afhankelijk van de leverancier.

Bij gelaagd glas met BVP folie (ruiten lager dan 85 cm boven de vloer) verbeterd de isolatiewaarde.

De glasprijs wijkt in de volgende gevallen af door bijvoorbeeld een formaattoeslag:

- Voor grotere afmetingen dan maximaal voor 4 mm dikte geldt een toeslag van 10% (voor 5 mm);
- Voor grotere afmetingen dan maximaal voor 5 mm dikte geldt een toeslag van 20% (voor 6 mm);
- Voor overschrijdingen van de maximale breedte als de hoogte geldt een toeslag van 30%;
- Kleine ruitjes zetten is extra duur/m<sup>2</sup>, bijvoorbeeld enkel glas in deuren; geslepen glasranden of alle ruitjes met afstandhouders (spacers). De afstandhouders verlagen de isolatiewaarde.
- Ingebouwd GiL, glasroeden of jaloezieën zijn ook duurder dan gewoon dubbel isolatieglas.
- Wanneer de eigenaar zelf het kozijn afschildert zijn er lagere montagekosten. Bij ondeskundig afschilderen of beschadiging tijdens het afschilderen vervalt de garantie van de glazenier.
- Bij aanvragen van offertes moet gespecificeerd worden: type glasoort en spouwen (zie tabel), type spacer, coating/zonwering, gelamineerd (dakramen), glas verwijderen, het oude glas meenemen, hang- en sluitwerk aanpassen, sponning (breder frezen, houtrot verwijderen), schilderwerk binnen en buiten, BTW inclusief of niet (materialen/arbeid), garantieperiode, subsidies.
- De toegankelijkheid van de ramen zowel van binnen- als van buitenaf. Steigers nodig of een hoogwerker? Hoeveel dagdelen werk? Bij meerdere ramen gaan de kosten/m<sup>2</sup> omlaag. Is er een KIWA of KOMO-keur aanwezig?

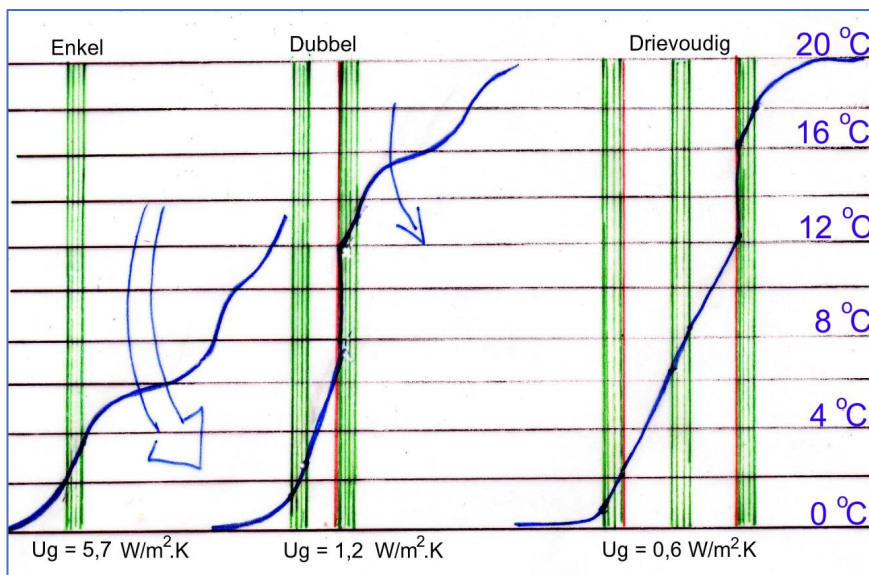
Offertes moeten op bovenstaande punten worden aangevraagd, anders kan er niet vergeleken worden.

Figuur 8.

De oppervlaktetemperatuur bij de verschillende typen beglazing. De  $U_g$ -waarde (of  $R_g$ ) is afhankelijk van spouwbreedte, type gasvulling en warmte reflecterende coating.

Bij 0°C is bij enkel glas de temperatuur aan de binnenzijde van het raam +4°C. Bij een binnentemperatuur van +20°C zullen er dan sterke koude luchtstromen (tocht) ontstaan.

Bij 3-voudig glas is dan de temperatuur aan de binnenzijde van het raam +18°C. Hier zullen koude luchtstromen nagenoeg ontbreken.



Het is vaak economisch om HR<sup>++</sup> achterzetruiten (binnen) toe te passen (Figuren 9. bij 1<sup>ste</sup> blauwe kozijn, foto links), of voorzetramen (buiten) als het geen monument betreft (Figuren 9 bijvoorbeeld bij het gele raam foto rechts).<sup>3</sup> Zie paragraaf en documentje over tweedubbel glas voor omstandigheden.

Bij monumenten zijn binnen achterzetruiten of glas of acryl/polycarbonaat bijna altijd toegestaan, maar niet altijd voorzetramen aan de buitenkant, want dat verandert het aanzicht.

<sup>3</sup> De Nederlandse instellingen van Welstand en Monumentenzorg stellen verschillende eisen aan het beeld van gebouwen. Hierbij wordt de afstand tot aan de openbare weg, of de zichtbaarheid van de constructie vaak niet in de beoordeling meegenomen. Soms gelden de eisen alleen aan de straatzijde. Ook zijn de gemeentelijke regelgevingen meestal nog niet aangepast aan een beter energiebeleid.



Figuren 9. Foto's kleine ruitjes.  
Met achterzetraam.      Schuifraam en vast.      Serre met vaste ramen.      Met voorzetraam buiten.

Figuren 10.

Erker met stalen stoeltjes profiel kozijnen. De 6 mm glas dikte (2 x 3 mm) is niet verstorend voor het beeld. In dit geval zouden nieuwe houten of kunststof kozijnen het vrije zicht naar buiten sterk veranderen.

Van buitenaf, en onder een bepaalde hoek en lichtreflectie kan een iets onregelmatig patroon gezien worden die door de PV-folie wordt veroorzaakt (3<sup>de</sup> foto). Dit is echter niet zichtbaar van binnenuit.



### Isolatie ruiten in stalen stoeltjesprofiel kozijnen.

Ouderwetse stalen kozijnen met smalle stoeltjesprofiel zijn **zeer slecht te isoleren**. Het is voor de als monumenten<sup>4</sup> aangewezen gebouwen moeilijk om aan de HR<sup>++</sup> eis te voldoen. In sommige situaties wordt er een 15 mm glaspakket ingezet (3mm - Krypton 9mm – :3mm) met  $U_g = 1,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  of ( $R_g = 1,0 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ ). Het stalen profiel heeft echter een erg lage isolatiewaarde wat de gemiddelde isolatie sterk verlaagt.

Vacuüm ( $R_g = 2,0$ ) glas kan, maar ruiten < 20 cm x 30 cm moeten apart gemaakt worden (dus extra duur). De ruiten worden geplaatst in een speciale polysiloxanen kit die hetzelfde visuele aspect heeft als stopverf, maar gaat met verloop van tijd niet *craquelieren* (indrogen, barsten en hard worden). Er worden in deze situaties dus geen glaslatten gebruikt om de oude en smalle uitstraling van de stalen ramen te behouden.<sup>5</sup>

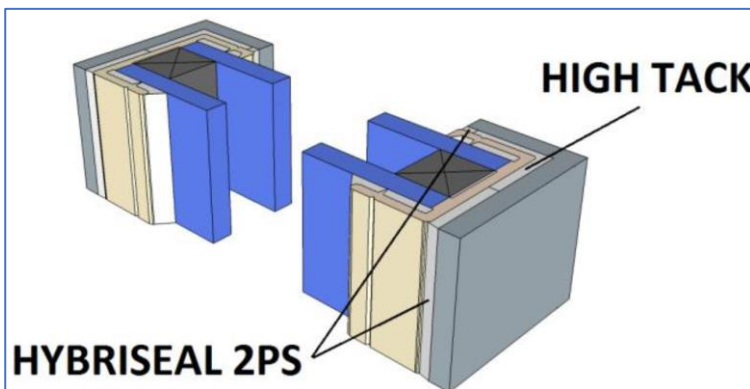
Zie ook: "Glastest ruiten in stoeltjesprofielen" op [www.nienhuys.info](http://www.nienhuys.info) De gemiddelde isolatiewaarde van het raamwerk is bij stoeltjesprofielen veel lager dan de isolatiewaarde van het glas.

Bij oude stalen ramen in monumenten dient er zorg voor gedragen worden dat deze niet kunnen roesten. Wanneer er duur isolatieglas in wordt geplaatst kan het noodzakelijk zijn om de kozijnen eerst een duurzame roestwerende behandeling te geven. Hiervoor moeten de kozijnen naar een werkplaats gebracht worden.

<sup>4</sup> Bijvoorbeeld van architecten uit de jaren 1920 tot 1960 zoals Peutz, Jan Duiker, Rietveld en Dudok (Hilversum).

<sup>5</sup> Voor renovatie van grote, oude stalen ramen kunnen moderne aluminium profielen worden toegepast, bijvoorbeeld Reynaards CS 77 met drieboudig glas. De slanke uitstraling van de architectuur blijft dan behouden.





Figuren 11. Het Grona HR<sup>++</sup> isolatieglas kan in een bestaand stoeltjesprofiel kozijnen geplakt.

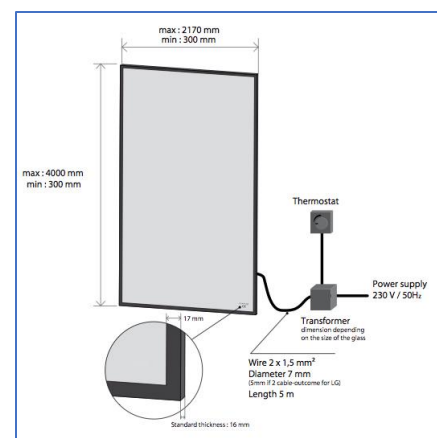
<https://www.grona.nl/conforqlace> of <https://www.belned.nl/producten/voorzetramen/>

Het Belned achterzetraam kan zonder scharnieren ook in een stalen kozijn geplakt of geschroefd worden.

### Glasverwarming.

In Scandinavische landen<sup>6</sup> worden ramen toegepast die ook verwarmingen zijn (binnen glasblad). De toepassing van deze ramen is alleen zinvol wanneer men 3-voudig of triple glas heeft<sup>7</sup>. De hele dunne verwarmingsdraden zitten in de PVB- folie (gelamineerd glas). Deze ruiten hebben aanzienlijk stroomverbruik, tussen de 100 à 350 W/m<sup>2</sup>. De kostprijs is bij grote oppervlakken 500 euro/m<sup>2</sup> en bij kleine oppervlakken tot 1.200 euro/m<sup>2</sup>.

### Andere glassoorten.



Draadglas, glazen bouwblokken, glazen trappen of vloeren, gehard glas voor doorvalbeveiliging bij openbare gebouwen, brandwerend glas en kogel-bestendig of pantserglas zijn enkele voorbeelden<sup>8</sup>.

Voor lichtkoepels wordt meestal het taaie en sterke **polycarbonaat** gebruikt. Moderne lichtkoepels zijn altijd dubbelwandig ( $R_c \approx 0,35$ ), maar kunnen ook meerwandig (beter isolerend) worden uitgevoerd.

### Monumentenglas<sup>8</sup>.

Monumentenglas heeft een iets onregelmatige structuur met soms strepen en belletjes dat lijkt op oude glasruiten<sup>9</sup>. Het effect wordt bereikt door een productieproces waarbij de ruit wordt getrokken. Vanwege dit proces is het aanzienlijk duurder dan *floatglas*.

Dit monumentenglas wordt gebruikt ter vervanging van oude/antieke ruiten, of om een authentieke indruk te wekken. Er zijn versies die een lichte kleurafwijking hebben van het transparante vensterglas.

Monumentenglas kan ook gelamineerd worden uitgevoerd met een PVB folie en een Low-E coating tussen de ruiten. De dikte kan variëren van 6 – 10 mm. Met de Low-E coating heeft het een isolatiewaarde vergelijkbaar met HR of HR<sup>+</sup> glas. Met een spouw kan het de waarde hebben van HR<sup>++</sup> glas.

Het dunne glaspakket kan toegepast worden in stalen raamkozijnen die een smalle sponning hebben. Aan de zonzijde kunnen bij stalen ramen grote spanningen tussen glas en raam/kozijn optreden. De garantie op deze ruiten kan daarom vervallen of kan beperkt zijn. Een veel betere optie is dan de optie van *Figuur 11*.

<sup>6</sup> HeatVision®-glas verhoogt de temperatuur tot voorbij het dauwpunt om condensatie te voorkomen.

<sup>7</sup> De term driedubbel glas is misleidend en wordt door ondeskundigen gebruikt; eigenlijk betekent dat zes lagen glas.

<sup>8</sup> Zie op het einde van dit document verschillende referenties met nog meer informatie over glas en monumenten.

<sup>9</sup> Zie bijvoorbeeld <https://monumentenglas.nl/> en <http://haarlemseglascentrale.nl/van-ruysdael-glas/>



*Historic* glas is ambachtelijk gemaakt, heeft kleine vertekeningen en is ongeveer euro 50/m<sup>2</sup> duurder dan *floatglas*. *Classic* glas heeft een lichte vertekening en wordt voor monumenten uit de periode van 1920 tot 1960 toegepast en is goedkoper dan *Historic* glas, maar duurder dan *floatglas*. Bij monumenten isolatieglas HR<sup>++</sup> is alleen de buitenste ruit bijzonder glas om de kosten laag te houden.<sup>10</sup>

### Dunne isolatieruiten monumenten.

Bij het na-isoleren van monumenten met oorspronkelijk enkel glas ( $R_g = 0,17$ ), wordt vaak door de monumentencommissie de eis gesteld dat de nieuwe glasruiten in de bestaande glassponningen passen<sup>11</sup>.

Er zijn tenminste zes opties voor het aanzienlijk verbeteren van de isolatiewaarde van het enkel glas naar dun isolatieglas met  $R_g$  van 0,43 m<sup>2</sup>.K/W (Argon vulling).

Met dezelfde configuraties en Krypton<sup>12</sup> vulling wordt dit  $R_g$  van 0,55 m<sup>2</sup>.K/W.

Deze configuraties met 4 mm spouw staan niet in de overzicht tabellen van [pagina 17 en 18](#).

Voor monumenten wordt meestal restauratieglas of monumentenglas gebruikt in de buitenste (1<sup>ste</sup>) positie.

De onderstaande combinaties hebben een zwarte isolerende *spacer* en een  $R_c$  van 0,43 m<sup>2</sup>.K/W.

Het teken : staat voor de Low-E coating in de spouw (3<sup>de</sup> positie vanaf buiten).

De 3 mm ruiten zijn slechts voor ruitoppervlaktes met zijden < 50 cm. Tot 1 m = 4 mm glas.

- Monumentaal glas 3 mm-spouw 4mm Argon-: 3 mm floatglas. Totale dikte 10 mm.
- Restover™ op extra klaar 3 mm-spouw 4mm Argon-: 3 mm floatglas. Totale dikte 10 mm.
- Noble™ op extra klaar 3 mm-spouw 4mm Argon-: 3 mm floatglas. Totale dikte 10 mm.
- Restover™ plus op extra klaar 3 mm-spouw 4mm Argon-: 3 mm floatglas. Totale dikte 10 mm.
- Castle™ 3 mm-spouw 4mm Argon-: 3 mm floatglas. Totale dikte 10 mm.
- Goethe™ 5 mm-spouw 4mm Argon-: 3 mm floatglas. Totale dikte 12 mm.

Goetheglas™, Restauro™, Inlustro™, zijn ook mond-geblazen glassoorten met soms een belletje. De verschillende kleuren plaatglas worden over het algemeen geduid met "Goetheglas of Inlustro" het blanke glas wordt vaak Restauro genoemd en is leverbaar in "classic" en in "extra".

Restover™, ambachtelijk glas of restauratieglas heeft eveneens een niet-glad oppervlak, maar kan bij grotere oppervlaktes heeft een kunstmatige indruk geven.

Het is met deze speciale monumenten glassoorten belangrijk dat de klant een voorbeeld van het glastype ziet en goedkeurt voordat de ruiten worden besteld. Voor dezelfde glas typen hebben fabrikanten of leveranciers verschillende benamingen of trademarks. Kleurverschillen kunnen blijven bestaan.



*Figuur 12. Monumentaal glas heeft een licht gegolfd oppervlak dat geen vlakke reflectie veroorzaakt. Er zijn variaties met strepen en kleine belletjes in het glas.*

<sup>10</sup> Wanneer de bestaande antieke ruiten grote afmetingen hebben kunnen ze door het glasbedrijf gekocht worden.

<sup>11</sup> Zie ook: [www.evmglass.com](http://www.evmglass.com) en [www.nissinkglas.com](http://www.nissinkglas.com) en [www.addix.nl](http://www.addix.nl) voor de verschillende soorten glas.

<sup>12</sup> Krypton kost euro ≈ 25/m<sup>2</sup> extra, maar de betere isolatie met Krypton gasvulling verdwijnt bij een spouwdikte van 12 mm en groter. Bij spouwen van 13 mm en groter kan dus gewoon Argon gas gebruikt worden.

*Figuur 13. Koloniaal™, Castle™ of Classico glas (foto) wordt geproduceerd volgens oude handgeblazen methodes en heeft zowel golven als luchtbelletjes. Door toevoeging van mineralen kan ook extra helder koloniaal glas geproduceerd worden. Het kan ook als gelaagd glas worden geproduceerd. Bij gelaagd glas is ook een Low-E coating tussen de glasplaten mogelijk voor verhoogde isolatiewaarde.*



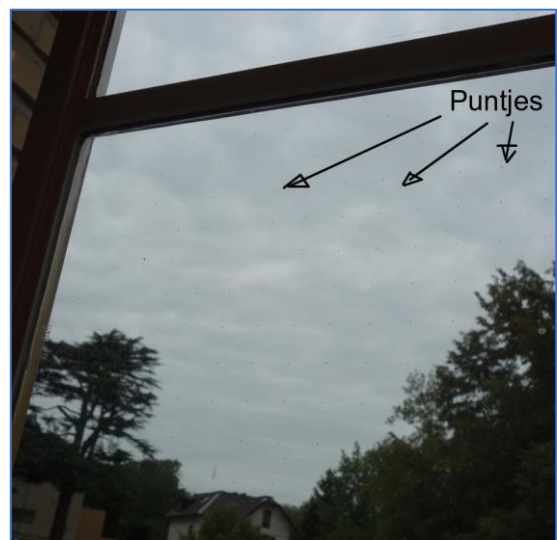
### Vacuümglas<sup>13</sup>.

Vacuümglas wordt door enkele maatschappijen geleverd. Het voordeel is dat het relatief dun is (6,5 mm) of (8,3 mm = 3-Vacuum2-:3), en kan daarom in dun raamhout geplaatst worden. Een nadeel is dat het vacuümglas in stalen raamkozijnen aan de zonzijde van een gebouw soms niet gegarandeerd is vanwege de optredende spanningen tussen staal en grote ruiten<sup>14</sup>. Tussen de twee glasruiten is een vacuüm dat samen met de coating de hoge isolatiewaarde levert.

De in 2019 geïntroduceerde Fineo vacuümbeglazing van AGC Glass Europe<sup>15</sup> heeft een  $U_g$ -waarde van 0,7 W/m<sup>2</sup>K, gelijk aan een standaard triple glasconstructie, en dankzij een vacuümspouw van < 0,1 mm kan de totale dikte ruiter onder de centimeter blijven.

*Figuur 14. Vacuümglas. Om te zorgen dat de atmosferische druk de twee ruiten niet samenperst, zitten er kleine puntjes als afstandshouders aan de binnenkant op een van de ruiten. Deze zijn nauwelijks storend te noemen en zijn vanaf 1 m afstand al niet meer zichtbaar.*

*De randen van het vacuümglas lopen door van binnen naar buiten en zijn daarom niet isolerend. Hoe kleiner de ruit is hoe groter de isolatie verminderende invloed van de randen is.*



### Zonwerende coating of glasfolie.

Dit wordt vaak toegepast bij kantoren met grote glasgevels om de warmte inbreng van de zon te verminderen. Grote glasgevels (oost en west) met zon-instraling kunnen gebouwen sterk oververhitten, waardoor er koeling noodzakelijk is. Wanneer de zonbelasting in de zomer groot is en veel koeling vereist, kan bij het bestellen van de ruiten al dan niet een zonwerende coating worden toegepast.

Het is mogelijk om op bestaande ruiten buitenop een zonwerende folie te plakken. De coating of glasfolie zal dan ook in de winter de zoninstraling verminderen. Wanneer zoninstraling in de winter gewenst is zal een doek/luik/jaloezie zonwering aan de buitenzijde van de ramen een betere oplossing zijn<sup>16</sup>. Zonwerende glasfolie buitenop kan ook worden toegepast bij tweedubbel glas om hitte belasting te verminderen.

<sup>13</sup> Zie bijvoorbeeld websites zoals <https://www.van-ruysdael.nl/glas/kenmerken/de-beste-prestaties/item469> en <https://www.agcnederland.nl/fineo-vacuümglas/>. Prijzen alleen via de glashandel.

<sup>14</sup> Het is in deze situatie belangrijk dat de ruiten met een paar mm ruimte aan alle kanten in de sponning wordt gezet en dat de kit/glaslat waarmee ze zijn vastgezet flexibel blijft zodat de ruit kan uitzetten met de hitte.

<sup>15</sup> Zie [https://www.agc-younglass.com/nl/nl?gclid=EAlaIqobChMI796si8KM5gIVAed3Ch08mQBfEAAYASAAEgL1YPD\\_BwE](https://www.agc-younglass.com/nl/nl?gclid=EAlaIqobChMI796si8KM5gIVAed3Ch08mQBfEAAYASAAEgL1YPD_BwE)

<sup>16</sup> Zonwering mag nooit aan de binnenzijde van de ruiten worden toegepast. Wanneer het licht van de zon binnen is wordt het omgezet in warmte; die positie helpt dus weinig tegen opwarming. Bij isolerende beglazing en zonwering dicht tegen het glas aan kunnen dan grote spanningen ontstaan en thermische glasbreuk.

De mate van licht of ZonToelatingsAspekt wordt aangegeven door de ZTA-waarde. De volgende tabel geeft een indruk van het warmteverlies of de warmtewinst in kWh/m<sup>2</sup>, gemeten over het hele jaar, en per type beglazing. Op deze ruiten is geen zonwerende coating aangebracht. Deze tabel is een schatting volgens het te verwachten graaddagen (ietsje lager dan 2018), en zonuren (ietsje hoger dan 2018) van De Bilt in 2020.

Aantal kWh per jaar warmteverlies of winst per m<sup>2</sup> glasoppervlakte (zonder invloed van het kozijn).

| Oriëntatie        | Enkel glas | Dubbel glas | HR++ glas | Triple glas |
|-------------------|------------|-------------|-----------|-------------|
| Zonder schaduw    | Zta = 0,87 | Zta = 0,77  | Zta = 0,6 | Zta = 0,55  |
| Noord (geen zon)  | -325       | -125        | - 15      | +25         |
| Oost (ochtendzon) | -290       | -95         | +15       | +60         |
| Zuid              | -225       | -40         | +60       | +100        |
| West (avondzon)   | -275       | -90         | +20       | +70         |

Door toepassing van een zonwerende (spiegelende) folie zal de opwarming van de zon overdag aanzienlijk minder zijn. Vanwege het spiegelende/glanzende oppervlak van deze folie zal ook de warmte-intstraling van deze ruiten in de winter verminderd zijn ten opzichte van normaal glas.<sup>17</sup>

Reflecterende rol-jaloezieën aan de buitenkant van het kozijn geven een effectieve zonwering. Stevige rolluiken kunnen ook de veiligheid tegen inbreken van de woning verbeteren. Zie ook "Fixscreen Solar".

### Geluidwerend glas.

Elke glasruit is geluidwerend, maar combinaties van ruiten zonder ventilatieroosters op de ruiten of het kozijn kan de geluidwering aanzienlijk verbeteren.

- (1) Hoe breder de luchtsponw tussen de ruiten, hoe beter de geluidswering is.
- (2) Bij een afstand van 10 cm tussen een thermisch isolerende ruit en een voorzetraam wordt een goede geluidsisolatie voor lage geluiden verkregen.
- (3) Bij een sponw tussen de ruiten groter dan 2,5 cm verhoogd de luchtcirculatie tussen de ruiten waardoor de isolatiewaarde iets verminderd. De isolerende werking van een droge luchtsponw is het beste bij 18 mm tot 20 mm sponw.
- (4) Bij verschillende glasdikte tussen binnen en buitenruit kan geen resonantie ontstaan. Bij dikker glas of bij twee verschillende glasdiktes van een isolatieruit is de geluidsisolatie ook iets beter dan bij gelijke en dunne ruitdiktes.
- (6) Een akoestische folie (PVB-A) in een gelamineerde ruit geeft een goede geluidsisolatie.
- (7) Triple glas met twee gelijke sponwen en gelijke glasdiktes heeft nauwelijks betere geluidsisolatie dan dubbel glas; er kan zelfs resonantie ontstaan. Veel betere geluidsisolatie is wel het geval wanneer de glasdiktes en sponwbreedten verschillend zijn. De buitenste ruit is bij triple glas meestal 1 mm dikker dan de tussen- of binnenruit.

Verschillende geluidsbronnen hebben verschillende frequenties. De correctie voor hoogfrequentie geluid zoals dichtbij vliegverkeer, stemmen van kinderen, snelweg, etc. is C(dB). De correctie voor laagfrequent geluid zoals stadsverkeer en muziek is Ctr(dB). De akoestische isolatie wordt dan aangegeven in  $R_w$  (C; Ctr).

Bij de toepassing van geluiddemping moeten ook de ventilatieroosters boven het glas of boven op het kozijn extra diep zijn en sterke geluiddempende eigenschappen hebben (anders werkt het nauwelijks). Bij de installatie van lucht-warmtepompen bij het gebouw of in de directe omgeving is geluiddemping een steeds belangrijker factor.

<sup>17</sup> Deze informatie wordt niet uitgebreid vermeld, maar is een bekend effect van alle spiegelende oppervlaktes zoals radiatorfolies (Tonzon). Ook bij het maken van warmtescan beelden speelt het glanzende effect van de folie een rol.

*Figuur 15. Langs autowegen is het verstandig om een geluiddempende ventilatiebox te plaatsen. Deze zijn meer effectief dan geluiddempende raam roosters. De fijnstoffilter in de ventilatiebox kan vervangen worden.*



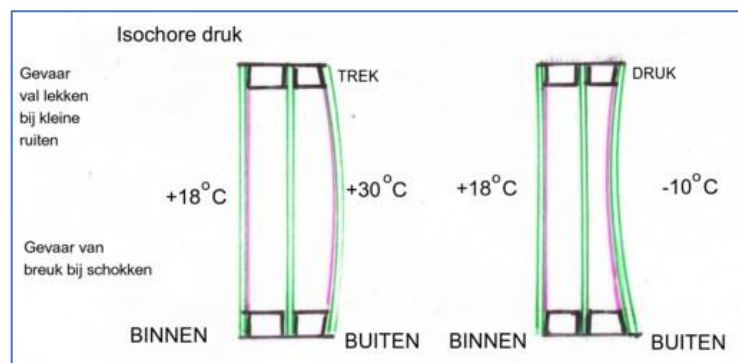
### Hol of bol gebogen ruiten, isochore druk.

Bij de spiegeling van grote ruiten kan soms worden waargenomen dat de ruiten ietsje hol of bol staan. Dit komt omdat de assemblage en productie van dubbele en triple glas ruiten plaats vindt bij een standaard temperatuur van 18°C tot 20°C. De ruiten worden volledig gasdicht op de spacer aan elkaar verbonden. Bij een lage buitentemperatuur zal het gas tussen de ruiten afkoelen en zal de buitenste ruit door de luchtdruk iets naar binnen gedrukt worden (Isochore druk). Bij warme dagen worden de ruiten naar buiten gedrukt.

Zie ook de paragraaf over gehard glas in de hoogbouw.

*Figuur 16. Het effect van drukverschillen tussen de ruiten die veroorzaakt worden door temperatuurverschillen.*

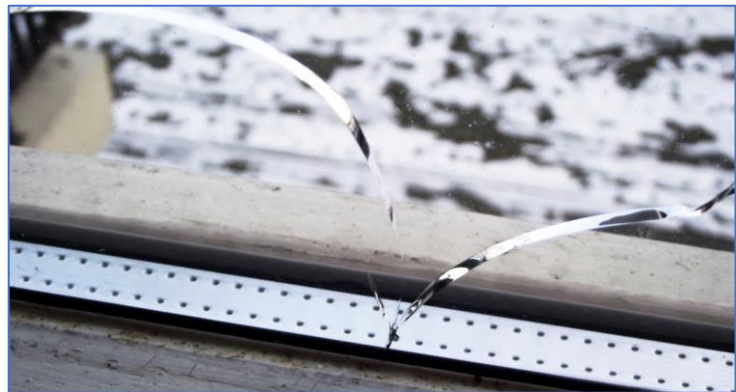
*Dit treedt ook op bij dubbel glas ruiten, maar dan buigen beide ruiten naar binnen of naar buiten. Ruiten van verschillende dikte zullen verschillend buigen.*



*Figuur 17. Thermische breuk.*

### Thermische breuk.

Bij deuren, schuifpuien en wanneer er sterk afgebakende **slagschaduwen** op Tripleglas ruiten vallen (van balkon/luifel), en het temperatuurverschil in een ruit oploopt tot +30°C, en de ruit is te strak in de sponning geplaatst, kan het afhankelijk van de glasoort en afmeting noodzakelijk zijn dat de buitenste ruit gehard wordt, omdat het risico van thermische breuk dan toeneemt.



De glashandel die de ruiten levert zal hier advies over uitbrengen en garantie leveren. Oriëntatie vanaf het noordwesten tot het oosten zal geen thermische breuk opleveren.

Vaak ontstaat thermische breuk wanneer er langs de spacer al een kleine beschadiging is (bij transport of het inzetten), van waaruit de ruit barst. Dit is dan achteraf niet meer te constateren. De combinatie van verhitting (plaatselijk +30°C, soms ook met donkere goed sluitende plissé jaloezieën) en een schok (schuifdeuren) kan dan de thermische breuk veroorzaken.

Nauwsluitende in een geleider) dubbele plissé gordijnen aan de zonzijde van het gebouw en met HR<sup>++</sup> ruiten kunnen ook thermische breuk opleveren omdat de temperatuur tussen het isolerende gordijn en de HR<sup>++</sup> ruit hoog oploopt. Als de zon eenmaal binnen is en een oppervlakte raakt wordt het licht omgezet in warmte. De HR<sup>++</sup> ruit voorkomt dat de warmte weer naar buiten gaat. De binnenste ruit wordt dan extra warm.



## Glasroeden.

In oudere woningen zijn veelvuldig houten kozijnen met enkel glas en glasroeden geplaatst, waardoor de destijds goedkopere kleine ruitjes toegepast konden worden.<sup>18</sup> Met de intrede van kunststof kozijnen en isolatieglas halverwege de 20<sup>ste</sup> eeuw was het mogelijk om tussen de twee ruiten een kruisstrip toe te passen die van een grote afstand de enigszins nostalgische indruk gaf dat er originele glasroeden in het raam zaten. Echter, van dichtbij is het duidelijk dat dit niet het geval is.<sup>19</sup>

*Figuren 18. Links: Zwitsers kruis. Gebrek aan schaduwlijn en spiegeling van het glas geven dit aan. Het voordeel is dat de ruit goed schoon te houden is en daardoor ook laag in onderhoudskosten m.b.t. schilderen. Zie ook Figuur 6.*



*Rechts: Wiener sprossen. Hier loopt het glas door wat veel gunstiger is voor de gemiddelde isolatiewaarde van de hele ruit dan bij onderbreking van een spacer.*

Een andere optie is om kunststof kruisroeden op de binnen- en buitenzijden van de isolatieruit met tweezijdig PE-tape vast te plakken; voor een klassiek buitenaanzicht. Deze heten *Wienersprossen* (Weense roeden). In de bouwmarkt zijn plakroeden te koop. De bewassing van deze ramen is meer arbeidsintensief dan de vlakke ruit. Aan de binnenkant kunnen ze worden weggelaten.

## Ventilatie. Ademend raam.

Om zorg te dragen voor voldoende ventilatie in een gebouw kan direct op de isolatieruit en in het kozijn een afsluitbaar ventilatierooster worden geplaatst. Meestal gebeurt dit op het vaste glasgedeelte. De ruitdikte van dubbel glas moet dan bekend zijn. Bij plaatsing van nieuwe triple glas kozijnen kan de ventilatiestrook ook boven op het kozijn worden geplaatst. Bij alle ventilatiestroken is de roosterlengte even breed als het glas of het kozijn<sup>20</sup>.

*Figuren 19. Links: Duco rooster op de isolatieruit.*



*Rechts: Duco rooster op het kozijn.*



In gebieden waar verkeerslawaai of ander lawaai is (eigen warmtepomp of van de burens) kan een geluiddempend ventilatierooster geplaatst worden (de suskasten moeten diep zijn). Ventilatiestroken boven de ramen komen ook met een automatische CO<sub>2</sub> controle die de ventilatiesleuven open of dicht zetten.

<sup>18</sup> Slecht na de eerste helft van de 20<sup>ste</sup> eeuw was men in staat om grotere ruiten te produceren die economisch concurrerend waren. De hoeveelheid verwerk en de kosten daarvan zijn andere factoren die bepalend waren. Tegenwoordig zijn schoonhoud- en onderhoudskosten belangrijke factoren.

<sup>19</sup> In sommige gemeenten worden er ook bij 'beschermd stadsgezicht' eisen gesteld aan de roeden.

<sup>20</sup> [www.duco.eu](http://www.duco.eu) of [www.renson.eu](http://www.renson.eu) zijn bekende merken in Nederland die deze ventilatieroosters leveren.

Bovenop ramen of verticaal aan de zijkant van de kozijnen kunnen vraag-gestuurde warmtewisselaars (lucht-WTW) geplaatst worden die de binnenstromende koude lucht voorverwarmen met de uitstromende warme lucht. Deze hebben kleine ventilatoren die de luchtstroom regelen<sup>21</sup>. Deze kozijn lucht-WTW hebben een iets lager rendement dan balansventilatoren met grotere, moderne centrale lucht-WTW (>90%).

#### Normen en ISO<sup>22</sup>.

- In Nederland moet beglazing, isolatieglas en glasonderhoud gerealiseerd worden volgens de norm NEN 3576 en de Nederlandse Praktijk Richtlijn NPR 3577. Zie ook NEN 1068.
- De NPR 3577 wordt in 2019 herzien voor triple glas, maar veel veranderingen worden niet verwacht.
- Optisch zichtbare toelaatbare en niet-toelaatbare afwijkingen in *floatglas* staan in de NEN 3264.
- De norm NEN-EN 1096 geeft aan welke productiefouten al dan niet zijn toegestaan in ruiten.
- Voor de toepassing van gelamineerd glas staan de toelaatbare afwijkingen in EN ISO 12543/1-6.
- Kwaliteitseisen voor randafdichting van isolatieglas staan in Europese Norm CE1279 deel 1-6.

De normen geven details aan voor het plakken van celband, plaatsen van steunblokjes en stelblokjes, het aanbrengen van glaslatten, en het aanbrengen van top- en hiel-afdichtingen; NEN-ISO 11600.

De glasmaat is altijd iets kleiner dan de sponning in het raam of kozijn, terwijl voorkomen moet worden dat het glas in aanraking komt met metalen onderdelen van het raam of kozijn.

#### Twee tabellen met $U_g$ - en $R_g$ -waarden van ruiten.

De minimum  $U_g$ -waarde eis van  $1,65 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  ( $R_g = 0,6 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ ) voor ramen en deuren is per 1 januari 2015 ongewijzigd gebleven. Deze eis mag als gemiddelde van alle transparante delen van het gebouw beschouwd worden. Normaal gesproken voldoen nieuwe ramen met HR<sup>++</sup> beglazing en een standaard houten of kunststof kozijn aan de gestelde minimeis. Voor deuren en massief stalen of aluminium kozijnen is het lastiger om aan de  $U_k$ -waarde eis van  $1,65 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  te voldoen ( $R_c = 0,6$  is vrij laag).

= Moderne aluminium kozijnen zijn thermisch onderbroken.

= Kunststof of houten kozijnen komen met twee of meer aanslagen voor de beweegbare delen, waardoor de thermische isolatie verbeterd.

= Kunststof kozijnen hebben veel interne kamers waardoor de isolatie verbeterd.

= Passieve kozijnen hebben ook een vulling van isolatieschuim.

= In oude kunststof (maximumsponningdiepte 36 mm) of aluminium kozijnen is het meestal niet mogelijk om Tripleglas te plaatsen want dat heeft een constructie dikte van 48 tot 52 mm (Tripleglas).

Dubbele kierdichting en thermisch onderbroken kozijn zijn sinds 2015 noodzakelijk. De grote ingekleurde  $U_g$  en  $R_g$ -waarden tabellen op de volgende pagina's geven aan wat de waarden zijn bij de verschillende spouwen in het isolatieglas, afhankelijk van lucht- of gasvullingen en coatings. De donkerblauwe vakjes vallen in de  $R_g$  minimumnorm HR<sup>++</sup> categorie, terwijl de dikke cijfers de meest gunstige combinaties aangeven per glassoort. De groene vakjes zijn qua thermische isolatie de betere keuzes.

#### De twee tabellen geven slechts de $U_g$ - en $R_g$ -waarden aan van de ruiten en niet die van de kozijnen.

Wanneer de glas-spacers en ramen of kozijnen een lagere  $R_c$ -waarde hebben, zal het geheel ook een lagere  $R_c$ -waarde krijgen. Bij het aanvragen van offertes is het dus van belang om de isolatiewaarde van de spacer, het raam en het kozijn op te geven of te verlangen.

Het isolerende effect van Krypton wordt minimaal wanneer de spouw breder is dan 12 mm. In dat geval is het economischer om Argon gasvulling toe te passen.

---

<sup>21</sup> Endura Twist met meerdere ingebouwde ventilatoren kunnen tot 80% warmte rendement leveren.

Fresh-R® is Passief huis gecertificeerd met 87% WTW. En: [www.skaala.co.uk](http://www.skaala.co.uk) is in het kozijn ingebouwd.

<sup>22</sup> Zie document "ventileren van oudere woningen" op [www.nienhuys.info](http://www.nienhuys.info) en voor de verschillende criteria voor de beoordeling: [file:///H:/glas/gbo\\_boordelingsrichtlijnen\\_isolatieglas.pdf](file:///H:/glas/gbo_boordelingsrichtlijnen_isolatieglas.pdf)

## U<sub>g</sub>-waarden tabel: Isolatieglas

= W/m<sup>2</sup>.K

Waarden zijn afgerond

Maat aanduiding is van buiten naar binnen

Bij een spouwdikte van 12 mm is

Bij twee spouwdiktes van 12 mm is

: = reflecterende coating in spouw

Krypton ≈ € 25/m<sup>2</sup> duurder dan Argon

Krypton ≈ € 50/m<sup>2</sup> duurder dan Argon

| Standaard ISO | Isolatieglas met 1.1 coating<br>Hogere LTA dan 1.0 coating<br>Zontoetredingsfactor 70% |            |            |            | Isolatieglas met 1.0 coating<br>Minder LTA dan 1.1 coating<br>Zontoetredingsfactor ZTA ≈ 60% |            |            | Drievoudig glas met 1.1 coating<br>Hogere LTA dan 1.0 coating<br>Zontoetredingsfactor ZTA ≈ 70% |            |            | Drievoudig glas met 1.0 coating<br>Minder LTA dan 1.1 coating<br>Zontoetredingsfactor ZTA ≈ 60% |            |            |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
|               | 4mm-spouw-: 4mm<br>Buitenlicht reflectie 11%<br>Binnen lichtreflectie 11%              |            |            |            | 4mm-spouw-: 4mm<br>Buitenlicht reflectie 21%<br>Binnen lichtreflectie 22%                    |            |            | 4mm :-spouw-4mm-spouw-: 4mm<br>Buitenlicht reflectie 14%<br>Binnen lichtreflectie 14%           |            |            | 4mm :-spouw-4mm-spouw-: 4mm<br>Buitenlicht reflectie 30%<br>Binnen lichtreflectie 30%           |            |            |
| spouw         | Droge lucht                                                                            | D-Lucht    | Argon      | Krypton    | D-lucht                                                                                      | Argon      | Krypton    | D-lucht                                                                                         | Argon      | Krypton    | D-lucht                                                                                         | Argon      | Krypton    |
| 6mm           | 3,3                                                                                    | 2,5        | 2,0        | 1,4        | 2,4                                                                                          | 2,0        | 1,4        | 1,6                                                                                             | 1,2        | 0,8        | 1,6                                                                                             | 1,2        | 0,8        |
| 8mm           | 3,1                                                                                    | 2,1        | 1,7        | 1,2        | 2,0                                                                                          | 1,6        | 1,1        | 1,3                                                                                             | 1,0        | 0,7        | 1,3                                                                                             | 1,0        | 0,6        |
| 9mm           | 3,0                                                                                    | 1,9        | 1,6        | 1,1        | 1,8                                                                                          | 1,5        | <b>1,0</b> | 1,2                                                                                             | 0,9        | 0,6        | 1,2                                                                                             | 0,9        | 0,6        |
| 10mm          | 2,9                                                                                    | 1,8        | 1,4        | <b>1,0</b> | 1,8                                                                                          | 1,4        | 1,0        | 1,1                                                                                             | 0,8        | 0,6        | 1,1                                                                                             | 0,8        | 0,5        |
| 12mm          | 2,8                                                                                    | 1,6        | 1,3        | 1,1        | 1,6                                                                                          | 1,2        | 1,0        | 0,9                                                                                             | 0,7        | <b>0,5</b> | 0,9                                                                                             | 0,7        | <b>0,4</b> |
| 13mm          | 2,8                                                                                    | 1,5        | 1,2        | 1,1        | 1,5                                                                                          | 1,1        | 1,0        | 0,9                                                                                             | 0,7        | 0,5        | 0,9                                                                                             | 0,7        | 0,4        |
| 14mm          | 2,8                                                                                    | 1,5        | 1,2        | 1,1        | 1,4                                                                                          | 1,1        | 1,0        | 0,8                                                                                             | 0,6        | 0,5        | 0,8                                                                                             | 0,6        | 0,4        |
| 15mm          | <b>2,7</b>                                                                             | <b>1,4</b> | <b>1,1</b> | 1,1        | <b>1,3</b>                                                                                   | <b>1,0</b> | 1,0        | 0,8                                                                                             | 0,6        | 0,5        | 0,8                                                                                             | 0,6        | 0,4        |
| 16mm          | 2,7                                                                                    | 1,4        | 1,1        | 1,1        | 1,3                                                                                          | 1,0        | 1,0        | 0,8                                                                                             | 0,6        | 0,5        | 0,8                                                                                             | <b>0,5</b> | 0,4        |
| 18mm          | 2,7                                                                                    | 1,4        | 1,1        | 1,1        | 1,3                                                                                          | 1,1        | 1,0        | 0,7                                                                                             | <b>0,5</b> | 0,5        | 0,7                                                                                             | 0,5        | 0,4        |
| 20mm          | 2,7                                                                                    | 1,4        | 1,1        | 1,1        | 1,3                                                                                          | 1,1        | 1,0        | <b>0,6</b>                                                                                      | 0,5        | 0,5        | 0,6                                                                                             | 0,5        | 0,4        |
| 24mm          | 2,7                                                                                    | 1,4        | 1,2        | 1,1        | 1,3                                                                                          | 1,1        | 1,1        | 0,7                                                                                             | 0,5        | 0,5        | 0,7                                                                                             | 0,5        | 0,4        |

Bredere spouw geeft meer geluidsdemping

Bijvoorbeeld voorzetramen

**BOLD** Voordelige combinatie

0,45 Vacuüm glas 8,3 mm (4-v-:4)

HR glas HR<sup>+</sup> HR<sup>++</sup> HR<sup>+++</sup>

&gt; 4mm glas heeft meer warmteopslag

Extra zonwerend glas houdt een extra 40 % van het zonlicht tegen.

Glas afstandshouders van kunststof (zwart) zijn meer isolerend dan aluminium;

Belangrijk bij kleinere glasoppervlakken, want dat heeft daar een grotere invloed.

@ Bij verschillende soorten kan dit 50% zijn met behoud van lichttoetreding 95%.

Waarden zijn gemiddeld voor de sector en afgerond op 0,1.

## $R_g$ -waarden tabel: Isolatieglas

=  $m^2.K / W$

Waarden zijn afgerond

Maat aanduiding is van buiten naar binnen

Bij een spouwdikte van 12 mm is

Bij twee spouwdiktes van 12 mm is

: = reflecterende coating in spouw

Krypton  $\approx$  € 25/ $m^2$  duurder dan Argon

Krypton  $\approx$  € 50/ $m^2$  duurder dan Argon

| Standaard ISO | Isolatieglas met 1.1 coating<br>Hogere LTA dan 1.0 coating<br>Zontoetredingsfactor 70% |         |       |         | Isolatieglas met 1.0 coating<br>Minder LTA dan 1.1 coating<br>Zontoetredingsfactor ZTA $\approx$ 60% |       |         | Drievoudig glas met 1.1 coating<br>Hogere LTA dan 1.0 coating<br>Zontoetredingsfactor ZTA $\approx$ 70% |       |         | Drievoudig glas met 1.0 coating<br>Minder LTA dan 1.1 coating<br>Zontoetredingsfactor ZTA $\approx$ 60% |       |         |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------|
|               | 4mm-spouw-: 4mm<br>Buitenlicht reflectie 11%<br>Binnen lichtreflectie 11%              |         |       |         | 4mm-spouw-: 4mm<br>Buitenlicht reflectie 21%<br>Binnen lichtreflectie 22%                            |       |         | 4mm :-spouw-4mm-spouw-: 4mm<br>Buitenlicht reflectie 14%<br>Binnen lichtreflectie 14%                   |       |         | 4mm :-spouw-4mm-spouw-: 4mm<br>Buitenlicht reflectie 30%<br>Binnen lichtreflectie 30%                   |       |         |
| spouw         | Droge lucht                                                                            | D-Lucht | Argon | Krypton | lucht                                                                                                | Argon | Krypton | D-lucht                                                                                                 | Argon | Krypton | D-lucht                                                                                                 | Argon | Krypton |
| 6mm           | 0,30                                                                                   | 0,40    | 0,50  | 0,71    | 0,42                                                                                                 | 0,50  | 0,71    | 0,63                                                                                                    | 0,83  | 1,25    | 0,63                                                                                                    | 0,83  | 1,25    |
| 8mm           | 0,32                                                                                   | 0,48    | 0,59  | 0,83    | 0,50                                                                                                 | 0,63  | 0,91    | 0,77                                                                                                    | 1,0   | 1,43    | 0,77                                                                                                    | 1,0   | 1,43    |
| 9mm           | 0,33                                                                                   | 0,53    | 0,63  | 0,91    | 0,56                                                                                                 | 0,67  | 1,0     | 0,83                                                                                                    | 1,11  | 1,67    | 0,83                                                                                                    | 1,11  | 1,43    |
| 10mm          | 0,34                                                                                   | 0,56    | 0,71  | 1,0     | 0,56                                                                                                 | 0,71  | 1,0     | 0,91                                                                                                    | 1,25  | 1,67    | 0,91                                                                                                    | 1,25  | 2,00    |
| 12mm          | 0,36                                                                                   | 0,63    | 0,77  | 0,91    | 0,63                                                                                                 | 0,83  | 1,0     | 1,11                                                                                                    | 1,43  | 2,00    | 1,11                                                                                                    | 1,43  | 2,50    |
| 13mm          | 0,36                                                                                   | 0,67    | 0,83  | 0,91    | 0,67                                                                                                 | 0,91  | 1,0     | 1,11                                                                                                    | 1,43  | 2,00    | 1,11                                                                                                    | 1,43  | 2,50    |
| 14mm          | 0,36                                                                                   | 0,67    | 0,83  | 0,91    | 0,71                                                                                                 | 0,91  | 1,0     | 1,25                                                                                                    | 1,67  | 2,00    | 1,25                                                                                                    | 1,67  | 2,50    |
| 15mm          | 0,37                                                                                   | 0,71    | 0,91  | 0,91    | 0,77                                                                                                 | 1,0   | 1,0     | 1,25                                                                                                    | 1,67  | 2,00    | 1,25                                                                                                    | 1,67  | 2,50    |
| 16mm          | 0,37                                                                                   | 0,71    | 0,91  | 0,91    | 0,77                                                                                                 | 1,0   | 1,0     | 1,25                                                                                                    | 1,67  | 2,00    | 1,25                                                                                                    | 2,00  | 2,50    |
| 18mm          | 0,37                                                                                   | 0,71    | 0,91  | 0,91    | 0,77                                                                                                 | 0,91  | 1,0     | 1,43                                                                                                    | 2,00  | 2,00    | 1,43                                                                                                    | 2,00  | 2,50    |
| 20mm          | 0,37                                                                                   | 0,71    | 0,91  | 0,91    | 0,77                                                                                                 | 0,91  | 1,0     | 1,67                                                                                                    | 2,00  | 2,00    | 1,67                                                                                                    | 2,00  | 2,50    |
| 24mm          | 0,37                                                                                   | 0,71    | 0,83  | 0,91    | 0,77                                                                                                 | 0,91  | 0,91    | 1,43                                                                                                    | 2,00  | 2,00    | 1,43                                                                                                    | 2,00  | 2,50    |

Bredere spouw geeft meer geluidsdemping

|             |                                                    |
|-------------|----------------------------------------------------|
|             | Bijvoorbeeld voorzetramen                          |
| <b>BOLD</b> | Voordelige combinatie                              |
| 2,22        | Vacuüm glas 8,3 mm (4-v-:4)                        |
| HR glas     | HR <sup>+</sup> HR <sup>++</sup> HR <sup>+++</sup> |

> 4mm glas heeft meer warmteopslag

Extra zonwerend glas houdt een extra 40 % van het zonlicht tegen.

Glas afstandshouders van kunststof (zwart) zijn meer isolerend dan aluminium;

Belangrijk bij kleinere glasoppervlakken, want dat heeft daar een grotere invloed.

@ Bij verschillende soorten kan dit 50% zijn met behoud van lichttoetreding 95%.

Waarden zijn gemiddeld voor de sector en afgerond op 0,1.



**De tabellen geven slechts de  $U_g$ - en  $R_g$ -waarden aan van de ruiten en niet die van de ramen/kozijnen.** Bij offertes wordt slechts de  $U_g$ -waarde van de ruit (het glas) aangegeven (het centrumgebied); bij brede deur/raam constructies geeft dat onduidelijke informatie over de  $U_c$ -waarde van het kozijn, raam en glas. **Er zijn meer opties.** Op de website RVP staan alle types hoog-rendementsglas met de specificaties.  
<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-08/07-08-2023-ISDE-Meldcodelijst-Hoogrendementsglas.pdf>

De tabellen zijn identiek voor de soorten ruiten. In de glashandel en normbladen wordt meestal de warmte doorgangs-waarde  $U_g$  in  $W/m^2.K$  aangegeven. Deze norm is de maximale waarde (hoe lager hoe beter). Voor de vergelijking met de isolatiewaarden van andere bouwonderdelen ( $R_{constructie}$ ) is de tabel omgezet naar de isolatiewaarden van  $R_{glas}$  in  $m^2.K/W$ . De norm is dan de minimumwaarde (hoe hoger hoe beter).<sup>23</sup>

Wanneer de klant niets aangeeft over de isolatiewaarde van de ruiten zal de glazenier meestal slechts  $HR^{++}$  leveren omdat dit de minimum nieuwbouw standaard is. Bij het bestellen van ruiten is het niet meer voldoende om 'dubbel glas', 'isolatieglas' of 'Tripleglas' te bestellen zonder de  $U_g$ -specificatie<sup>24</sup>. Voor ongeveer dezelfde prijs kan de spouw tussen de ruiten iets dikker zijn, waarmee de isolatiewaarde ook oploopt en het economisch rendement verbetert.

De goed isolerende ruiten zijn het Tripleglas 5:-18-4-18:-4mm = 49 mm (en Vacuümglas)<sup>25</sup> met  $R_g = 1,7$  tot 2,0. De buitenste ruit bij Tripleglas heeft meestal een dikteverschil met de binnenste ruit; dit vermindert de geluidsdoorgave. Bij zeer grote ruiten kan het buitenste glas 6 mm worden of gehard glas dat 5x sterker is dan floatglas (3x voor half-gehard).<sup>26</sup>

Deze dikke Tripleglas ruiten (>39 mm tot 51 mm) passen meestal niet in oudere kunststof of metalen raam- of kozijnprofielen. Houten kozijnen kunnen goed aan de binnenkant of buitenkant dikker<sup>27</sup> gemaakt worden door er een grenen lat op te lijmen (watervast) en met gegalaniseerde schroeven te bevestigen, om het dikkere triple glas te kunnen plaatsen.

*Figuur 20: In een dik kozijn kan de oude ruit en glaslat verwijderd worden voor de plaatsing van Tripleglas met de glaslat op het kozijn.*

Meer details voor het aanpassen van kozijnen in het document "Kozijnen en isolatie verbetering" op [www.nienhuys.info](http://www.nienhuys.info)  
Zie ook document: "Tweedubbel glas".



<sup>23</sup> De bovenstaande tabellen zijn samengesteld met openbare informatie uit de vakhandel. De tabellen geven aan dat er aanzienlijke verschillen zitten tussen de verschillende soorten van isolatieglas en coatings en spouwen.

<sup>24</sup> Elke isolatieglassoort heeft in Nederland een meldcode die te vinden is op de website van de [www.rvo.nl](http://www.rvo.nl). Die meldcode moet opgegeven worden voor de subsidie van het RVO. Die meldcode geeft de diktes, spouwen en coating.

<sup>25</sup> Vacuümglas is 6,8 mm of iets dikker en van gehard glas. Dit past dus wel in oude houten of metalen ramen en kozijnen maar is veel duurder dan Tripleglas. In dit geval hoeft er dus niets aan de kozijnen veranderd te worden, dit moet meegenomen moet worden in de kostenberekening. Vacuümglas in kunststof kozijnen past niet.

<sup>26</sup> Er was in het verleden ook C.U.in glas of CUIN-glas op de markt, dat in plaats van de midden ruit een transparante folie had. Het voordeel zou zijn dat de ruit lichter en dunner is, maar de hele hoge geclaimde isolatiewaarde van deze ruiten konden niet waargemaakt worden. CUIN-glas levert alleen nog glas met geïntegreerde PV-cellen.

<sup>27</sup> Een optie is om bij dikke kozijnen de sponning uit te frezen, maar dat maakt de constructie zwakker en is zeker niet aanbevolen; het is ook duurder vanwege het extra werk. In de hoeken kan de frees niet komen en dat moet dan met de hand worden uitgezaagd of gebeiteld. Glasbedrijven willen niet altijd het extra timmerwerk aan de kozijnen doen.

## Verbeteren van de isolatiewaarde van ruiten

Oude (pré -1990), slecht isolerende dubbel glasruiten moeten bij voorkeur vervangen<sup>28</sup> worden voor de best isolerende optie (dus niet alleen HR<sup>++</sup>), maar wat het hoogste percentage verbetering oplevert<sup>29</sup>.

Wanneer ruiten niet vervangen kunnen/mogen worden voor veel beter isolerende ruiten is het mogelijk om de thermische isolatie iets te verbeteren door verschillende opties zoals achterzetruiten, raamfolies toevoegen en door het aanbrengen van goed afsluitende (rol/plissé) gordijnen en luiken.

De  $R_g$  van glas is niet hetzelfde als de  $R_c$ -waarde van het gehele raam/kozijn. Dit hangt ook af van het type spacer, of die wel of niet isolerend is. Hoe kleiner de ruit, hoe groter de invloed van de spacer en het raam/deur;kozijn dat slecht isolerend is. 38 mm dik raamhout heeft een  $R_c$ -waarde van  $R_c \approx 0,35$ .

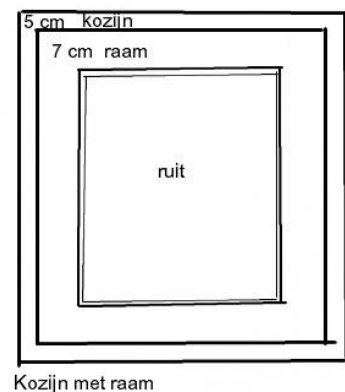
*Figuur 21. Bij een **kozijn** van 100 cm x 100 cm is de totale oppervlakte 10.000 cm<sup>2</sup>.*

*Bij een kozijn van 5 cm en **raam** van 7 cm is het glasoppervlak 5776 cm<sup>2</sup> = 58%*

*Bij een kozijn van 50 cm x 70 cm is de totale oppervlakte 3500 cm<sup>2</sup>.*

*Het **glasoppervlak** is dan 26 cm x 46 cm = 1196 cm<sup>2</sup> of 34% van het totaal.*

*Bij kozijnen met (terras)deuren is de verhouding vaak erg onvoordelig vanwege de sterkere en daardoor bredere deurprofielen.*



## Vervangen van enkel glas door HR<sup>++</sup> isolatieglas.

Wanneer bij oudere gebouwen het enkel glas vervangen wordt door dubbel isolatie glas type HR<sup>++</sup> zal de sponning in de beweegbare raamdelen vaak onvoldoende diep zijn om behalve het glas ook nog een glaslat of stopverf toe te passen. Een eenvoudige manier is om op het houten kozijn een brede glaslat te plaatsen.



*Figuren 22. Brede glaslaten op het raamwerk en kozijn. Links: Draaibaar raam. Midden: Stolpraam in het kozijn vastgeschroefd en dicht geschilderd. Rechts: Nieuw HR<sup>++</sup> of Tripleglas direct in het kozijn gezet.*

<sup>28</sup> Opgelet: Wanneer de ruit onder de 85 cm van de vloer begint is volgens het Bouwbesluit 2012 doorvalbeveiliging nodig. Dit is dan gelaagd las met een PVB-folie ertussen. De folie verhoogt ook iets de isolatiewaarde.

<sup>29</sup> Zie het document: "Vergelijking van isolatiewaarden van ruiten" op [www.nienhuys.info](http://www.nienhuys.info)

Voor elk raam dient besloten te worden of het raam te openen moet blijven en/of het raam permanent dichtgezet kan worden, en het isolatieglas direct in het raam/kozijn kan worden geplaatst. Er moet dan beoordeeld worden of er een ventilatierooster<sup>30</sup> op het de ruit, of in het raam/kozijn wordt geplaatst.

De dubbelglas isolatie ruit is 2X zo zwaar als het enkel glas. Verticale smalle ramen van goede kwaliteit kunnen deze belasting wel aan. Wanneer het houten raam is doorgezakt of kan doorzakken, zullen er platte haakse hoekverstevingen nodig zijn en een extra scharnier aan de bovenkant. Bij het triple glas is het vaak voordeliger om een nieuw houten raamwerk te laten maken met een extra aanslag tegen de tocht.

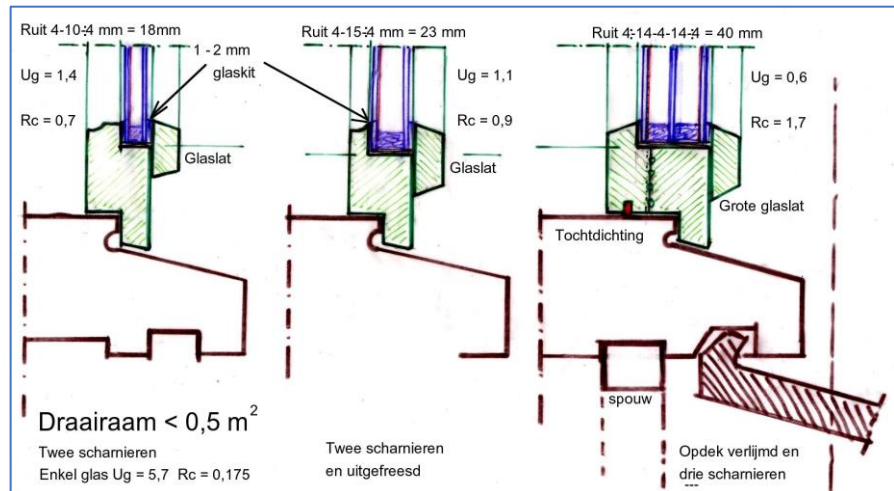
**Figuur 22.** Drie opties voor vervanging enkel glas door isolatieglas.

Links: 18 mm isolatieglas in de 20 mm sponning van het raam gezet.  $R_g = 0,7$

Midden: De raamsponning is iets uitgefreesd tot 25 mm voor een HR++ ruit van 23 mm dikte. HR++

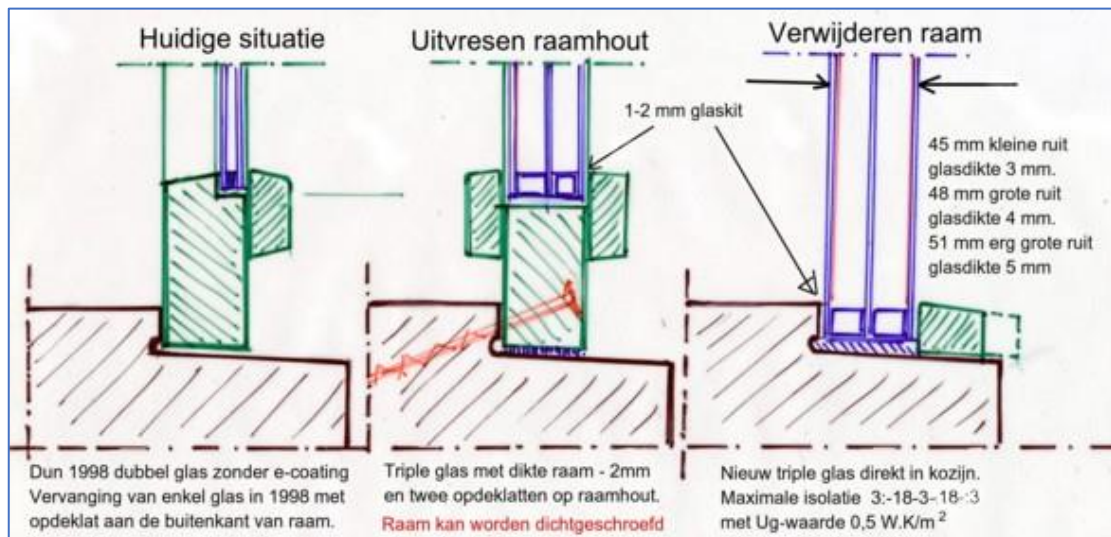
Rechts: Het oude raam is verzaamd en versterkt voor een sponning van 42 mm voor een triple glas ruit met een dikte van 40 mm.  $R_g = 1,7$

Het alternatief voor de derde optie rechts, is om een nieuw raamwerk te laten maken met nieuw hang- en sluitwerk.



In sommige situaties kan het nieuwe glas zonder raamwerk direct in de kozijnsponning geplaatst worden. In dat geval moet beoordeeld worden of er een ventilatie strook op het glas moet komen voor de ventilatie.

**Figuur 23.** Nieuw glas is 2-3 mm dunner dan het raamhout i.v.m. het glaskit.



Midden schets: Verwijderen van de sponning van een dik raam en de triple glasruiter met twee opdek glas-latten vastzetten. Bij deze optie kan het raam ook dichtgeschroefd worden; dit is vaak meer werk (duurder) dan de tweede optie rechts met het glas in het kozijn. Het raam is dan **minder** isolerend dan het glas.

<sup>30</sup> Een gesloten ruit geeft niet meer de mogelijkheid om op warme dagen te 'spuien' het ruim ventileren van de kamer. Zie ook het document "Ventileren van oudere woningen" op [www.nienhuys.info](http://www.nienhuys.info)



Het hele raam verwijderen en Tripleglas direct in de kozijnspinning plaatsen. Dit verandert het aanzien van de gevel. De gewenste isolatiewaarde van het nieuwe glas moet aangegeven worden en er moet worden beoordeeld of er een ventilatiestrook op het nieuwe isolatieglas moet komen.

De besluitvorming bij het vervangen van enkel glas of een oude kwaliteit dubbel glas (HR) hangt sterk af van de kwaliteit van zowel het raamhout als het kozijn, en de behoefte aan ventilatie of zonwering. Aan de zonkant van een gebouw hebben houten kozijnen meer te lijden van verwerking dan aan de noordkant.

Figuur 24: Verweerde onderdorpels kunnen bekleed worden met een **kunststof kozijnfolie** in kleur als permanente bescherming.



Kunststof of aluminium kozijnen (met thermische onderbreking) hebben geen onderhoudskosten en zijn op de lange duur een voordelige keuze. De oppervlaktetextuur van kozijnen kan een houtstructuur hebben of glad en in een veelvoud van kleuren geleverd worden<sup>31</sup>.

Hardhouten kozijnen en Acoya hout zijn andere oplossingen; beiden komen met verschillende aanslagen in de spinning om lucht lekkage tegen te houden.

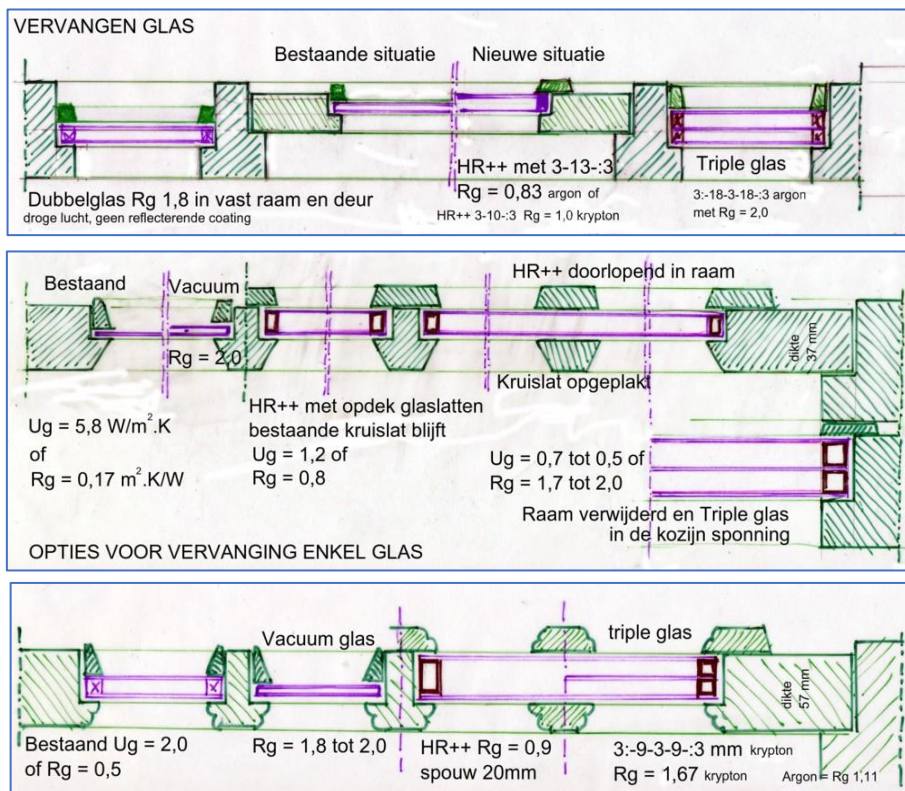
Figuren 25. Deze schetsen geven verschillende opties aan waarbij oud HR-glas wordt vervangen door HR<sup>++</sup> of triple glas.

Bij kozijnen kan het triple glas direct in het kozijn worden geplaatst.

Bij ramen en deuren kunnen de glas roeden op het HR<sup>++</sup> glas worden geplakt om het originele aanzicht van de kozijnen te behouden.

Bij dik raamhout (schets = 57 mm) kan zowel vacuüm, HR<sup>++</sup> glas als Triple glas in het raamhout gezet worden.

Dit kan de situatie zijn bij grote schuifdeuren.



Wanneer er niets aan de voorgevel van een gebouw veranderd mag worden zijn er verschillende opties om de ruiten, ramen of kozijnen wel beter isolerend te maken.

<sup>31</sup> Bij het plaatsen van nieuwe kozijnen met betere isolatie, kunnen gemeenten eisen stellen, tenzij het gebouw onder rijksmonumentenzorg valt. In dergelijke situatie mag soms ook niets aan de buitenkant van het kozijn en raam vervangen worden. In sommige situaties, zoals bij oude rijtjesbebouwing, wordt er een identieke raam- en kozijnbreedte vereist. Ook kleur en textuur kunnen door de welstandcommissie soms bedongen worden.



- A. Verschillende glassoorten zoals vervangen door vacuümglas ( $R_g = 2,0$ ), gelamineerd glas ( $R_g < 1,0$ ) of isolerende folies aan de warme binnenkant van de ruiten. Afhankelijk van de gemeente en het monument kan geëist worden dat historisch of monumentenglas wordt toegepast.
- B. Op de warme binnenkant van enkel glas kan Low-E glasfolie worden geplakt. Dit geeft een verdubbeling van de isolatiewaarde (+80%) tot  $R_g \approx 0,3$ . Klinkt goed maar is weinig.
- C. Bij enkel glas kan op het raamwerk een isolerende kozijn- of raamfolie worden geplakt. Bij een luchtspouw van 18 mm – 20 mm verhoogt dit de isolatie met  $R_c \approx 0,3 \text{ m}^2\text{K/W}$  en creëert dit een totaal isolatie van  $R_c \approx 0,45 \text{ m}^2\text{K/W}$ , hetgeen bijna 3X zo goed is als het enkel glas.
- D. Bij de glasfolie (B) kan ook op het kozijn een folie (C) geplakt worden. De nieuwe isolatiewaarde (met de 2 verschillende soorten folies) is dan ongeveer  $R_c = 0,65 \text{ m}^2\text{K/W}$ .
- E. Achterzetruiten (aan de binnenkant, enkel of HR<sup>++</sup>) zijn afhankelijk van de monumentenstatus vaak wel toegestaan. Omdat de luchtspouw bij achterzet-ramen meestal groter is dan 20 mm zal de nieuwe isolatiewaarde bij enkel glas dan ongeveer  $R_c \approx 0,45 \text{ m}^2\text{K/W}$  zijn.
- F. Enkel glas met een HR<sup>++</sup> achterzetruit wordt  $0,17 + 0,2 + 0,9 \approx 1,3$ . Is 8X de waarde van enkel glas.
- G. Achterzetruiten van een enkele Acrylplaat zijn een lichtgewicht oplossing en hebben hetzelfde isolerende effect als enkel glas achterzet-ramen. Dit is ook een Doe-Het-Zelf oplossing<sup>32</sup>.
- H. Achterzetruiten van een dubbele Acrylplaat isoleren beter, maar is geen meerwaarde voor de woning. Elk extra achterzetruit met luchtspouw van 18mm tot 20mm verhoogd de isolatiewaarde met ongeveer  $R_c = 0,3$  en creëert bij een dubbele Acrylplaat ongeveer  $R_c = 0,67$ .
- I. Rondom nauw aansluitende vitrages, jaloezieën en gordijnen verbeteren ook de isolatiewaarde iets.

Figuur 26. Een nauw aansluitend rolgordijn<sup>33</sup> tegen het kozijn geeft een extra isolatiewaarde van ruim  $0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$ . De rol moet dan aan de kamerkant zitten. Met spouw >3 cm treedt luchtcirculatie (convector) op.

Kieren langs de randen moeten vermeden worden. Het rol- of vouw- of plissé gordijn moet op de vensterbank sluiten. Dubbele plissé gordijnen werken wat beter dan enkele. Luxaflex jaloezieën werken nauwelijks vanwege de vele openingen.

Gordijnen werken nauwelijks voor het buitenhouden van zonlicht warmte. Buitenzijdige rolgordijnen verminderen de wind-chill en werken daardoor ook als isolatie.



### Voorzet- en achterzetruiten of ramen.

Voorzetruiten (glas of Acryl) worden bij Glas-in-lood ramen veel aan de buitenkant gebruikt in de vorm van voorzetramen (met frame). Het voorzetraam wordt met een aluminium profieltje op de buitenkant van het raam of kozijn geschroefd, waarmee tegelijkertijd het raam beter luchtdicht gemaakt wordt. De profieltjes kunnen bij de bouwmarkt worden opgehaald en zelf op maat gezaagd, nadat een ruit op maat bij de glashandel is opgehaald. Tussen het voorzetraam en het GiL wordt zelden schoongemaakt, maar een lichte vervuiling is vanwege het minder doorzichtige GiL niet zichtbaar.

<sup>32</sup> In de bouwmarkt zijn Acrylplaten van 100 cm x 150 cm te krijgen en een snijmesje. Met een magneetstrip of tweezijdig plakband (of anders) kunnen deze op het raam of kozijn worden vastgezet. Grotere afmetingen zijn via Internet of de glashandel te bestellen.

<sup>33</sup> Voor de toepassing van een Hoog Reflecterende Folie (HRF) zie apart documentje op [www.nienhuys.info](http://www.nienhuys.info)

Figuren 27. Links: Voorzetramen (buiten) bij GiL in kozijn. Eventueel met Doe-Het-Zelf. Nieuwe isolatiewaarde  $R_c \approx 0,35$ . (dubbel glas).

Rechts: Zelfde ruit, maar nu met het GiL tussen twee ruiten en in een raam ( $R_g = 0,55$ ). De binnenste ruit kan een Low-E coating hebben voor een betere isolatiewaarde met  $R_c \approx 0,7$



### Glas-In-Lood tussen isolatieglas.

Een GiL ruit kan bij de glashandel worden afgeleverd, waarna deze het GiL in een dubbele isolatieruit zet. Hierdoor wordt 3-voudig glas verkregen met een hele dunne spouw. De thermische isolatie is dan ongeveer met een  $R_g \approx 0,5$  tot  $R_g \approx 0,75$  afhankelijk van de dikte van de spouwen en de coating op de binnenste ruit. De klant moet aangeven dat er een Low-E coating op moet anders gebeurt dat niet en is de ruit  $R_g \leq 0,6$ .

### Prefab voorzet- en achterzetramen.

Met enkel glas voorzetruit (buiten) wordt de isolatiewaarde verhoogd tot  $R_c \approx 0,45$ . Een verdere verbetering kan door ook aan de binnenkant ook nog een achterzetraam toe te voegen, waarmee de totale isolatiewaarde op  $R_c \approx 0,65$  komt. Het is echter veel beter om binnen een extra HR<sup>++</sup> ruit ( $R_g \approx 0,9$ ) toe te voegen, waarmee de nieuwe isolatiewaarde met enkel glas, spouw en HR<sup>++</sup> komt op  $R_c \approx 1,5$ .

Prefab voorzet- of achterzetramen bij een website bestellen en zelf aanbrengen is een goedkope optie<sup>34</sup>. Het is belangrijk dat de maatvoering juist wordt gekozen en met de plaatsing en dikte van de scharnieren rekening wordt gehouden (+2 cm). Dezelfde thermische verbetering geldt voor het plaatsen van een achterzetraam bij een al bestaand dubbelglas ruit. Dit kan een draairaam zijn of een vaste ruit in een kozijn.



Figuren 28: Links: voorbeeld van een enkel glas achterzetraam (type [www.belned.nl](http://www.belned.nl)) dat met de scharnieren op het stolpraam is geschroefd. De espagnolet van het stolpraam zit tussen de twee extra ruiten.

Midden: HR<sup>++</sup> achterzetraam en scharnier van Belned of Grona (2 cm dikte).

Rechtsboven: HR<sup>++</sup> achterzetraam met knevel (ook in wit).

Rechts: Constructie van [www.grona.nl](http://www.grona.nl) met HR<sup>++</sup> glas.



<sup>34</sup> Zie bijvoorbeeld <https://www.belned.nl/>. Het is verstandig om het glasbedrijf de meting laten doen. Op de website staan inmeetinstructies voor verschillende modellen. Op het raam geeft dit extra gewicht en moet over de handvaten passen.

Deze redelijk goedkope oplossing is zinvol wanneer in het raamhout/scharnieren van goede kwaliteit is en het extra gewicht met de bestaande scharnieren kan worden gedragen. Wanneer de (stolp)ramen verticaal langwerpig zijn, is de extra belasting op de raamscharnieren gering. Deze typen achterzetruiten zijn gescharnierd en hebben een rubber afdichtingstrip en klemsluitingen.

Een andere optie is om de achterzetramen op het kozijn te plaatsen. Hierdoor wordt de spouw breder (iets minder isolatie), maar de geluidsisolatie wordt veel beter.

*Figuur 29. Enkel glas Belned achterzetramen aan de binnenkant op het kozijn van twee ouderwetse stolpramen met HR<sup>+</sup> isolatieglas. De afstand tussen het raam en de achterzetraam is vrij groot vanwege de handvaten en sluitingen aan de ramen, waardoor er enige luchtcirculatie kan ontstaan. Goede geluidsisolatie. Het Belned of Grona achterzetraam heeft scharnieren en kan eenvoudig geopend worden om de ruiten schoon te maken. De rubberen afsluiting geeft een goede luchtdichting.*

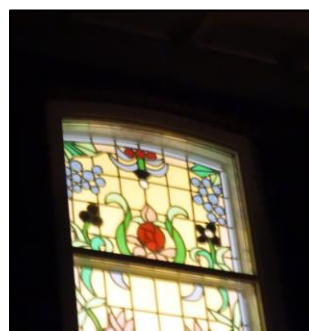
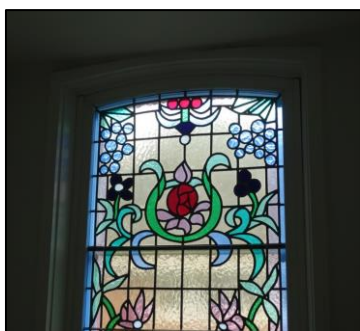


Het oudere stolpraam (van vóór 1960) werd in 1995 voorzien van een HR ruit ( $R_g \approx 0,6$ ). Het toegevoegde enkelglas achterzetraam, levert een extra  $R_c \approx 0,3$  samen dus  $R_c \approx 0,9$  een verbetering van 50% tegen lage DHZ kosten. Het vervangen van de HR ruit met een HR<sup>++</sup> ruit in het oude stolpraam zou veel duurder zijn, en ook nog een versteviging en tochtdichting van het stolpraam behoeven.

#### Vast voorzet- of achterzetruit van HR<sup>++</sup>.

Bij voldoende kozijndikte kan aan de buitenkant van het glas-in-lood raam een vaste HR<sup>++</sup> ruit worden geplaatst. Hiermee is het GiL beschermd. Aan de binnenkant kan het GiL-raam met frame verwijderbaar zijn. In deze situaties kan eens in de 10 jaar het GiL achterzetraam wordt verwijderd om tussen de ramen schoon te kunnen maken en te schilderen.

*Figuren 30. Vaste HR<sup>++</sup> ruit aan buitenzijde.  
Links: binnen overdag.  
Midden: van buiten overdag.  
Rechts: van buiten 's nachts*



#### Vast HR<sup>++</sup> voorzet- of achterzetruit bij goede HR<sup>+</sup> ruit of beter

Bij een nog goede HR<sup>+</sup> ( $R_g = 0,7$ )<sup>35</sup> of HR<sup>++</sup> ruit ( $R_g \geq 0,85$ ) in een houten kozijn is het vaak mogelijk om een extra HR<sup>++</sup> (goede kwaliteit  $R_g \approx 0,9$ ) voor of achter te plaatsen, waarbij de totale isolatiewaarde van de bestaande ruit wordt verhoogd met  $R_c \approx 1,1$  vanwege de luchtspouw.<sup>36</sup> In sommige situaties moet het kozijn binnen of buitenzijdig dikker gemaakt worden. De totale isolatiewaarde wordt dan  $R_c \approx 1,8$  tot  $R_g = 1,9$  of ongeveer gelijk aan een Tripleglas ruit, voor minder dan de helft van de kosten.

<sup>35</sup> HR ruit ( $R_g = 0,6$ ) is meestal al 30 jaar oud (1990 tot 1995) en soms in een kunststof kozijn. In dat geval is het een betere optie om het kozijn en ruit te vervangen voor Tripleglas ( $R_g = 2,0$ ).

<sup>36</sup> In het document "Twee dubbel Glas" op [www.nienhuys.info](http://www.nienhuys.info) wordt hier verder op ingegaan.



Bij ramen op de volle zon (zuid) zal de ruimte tussen de twee isolatieruiten sterk opwarmen waardoor er thermische breuk kan ontstaan. Dit risico is te verminderen door de volgende maatregelen.

- Op de buitenste ruit een goede zonwerende glasfolie plakken.
- De ruit moet met voldoende ruimte rondom in het kozijn geplaatst.
- De ruit mag geen temperatuurverschil in de ruit van  $> 30^\circ\text{C}$  hebben, bijvoorbeeld door een slagschaduw van een luifel of balkon.
- De extra ruit moet een TGI-spacer (warm-edge) hebben. Thermische breuk komt vooral voor bij niet geïsoleerde aluminium spacers.
- De te plaatsen ruiten mogen geen randbeschadigingen hebben. Een thermische breuk begint meestal/altijd vanuit een randbeschadiging. Dat kan na het ontstaan van de barst niet geconstateerd worden.
- De glazenier zal de ruit moeten garanderen. Wanneer dat niet lukt is de optie om de bestaande ruiten te vervangen voor triple glas. Triple glas is wel minstens tweemaal zo duur als  $\text{HR}^{++}$ .
- Donkergekleurde goed sluitende jaloezieën aan de binnenkant kunnen bij volle zon ook thermische breuk veroorzaken.
- Ramen op het NW, Noord en NO zullen geen thermische breuk oplopen.

*Figuur 31. Een warmte en zonwerende glasfolie buitenop zal de warmte spanning bij een extra  $\text{HR}^{++}$  ruit sterk verminderen. Bij alle ruiten de folie zal het niet van binnen zichtbaar zijn.*



### **Hijskraan voor zwaar tillen.**

Bij grote ruiten en kozijnen met dubbel of Tripleglas is het gewicht te groot om met twee of vier personen te tillen. Met de huidige wetgeving mag formeel niet meer dan 25 kg/persoon worden getild. Een dubbelglas kozijn of schuifdeur van 2 m x 2 m weegt al over 100 kg. Hiervoor zouden volgens de wet dan 4 personen nodig zijn. Een Tripleglas ruit 5:-18-4-18:-4 van 1,8 m x 2,2 m weegt  $\approx 150$  kg. Een hijskraan of ander tilapparaat is dan noodzakelijk.

Om grote nieuwe ramen met kozijn aan de achterkant van een gebouw te plaatsen is een kraan nodig die vanaf de straat over het gebouw heen kan hijsen, terwijl deze hijskraan op de openbare weg staat. De volgende foto serie is een voorbeeld van een dergelijke actie.

Wanneer de kozijnen zijn gesteld, dan duurt het afhangen van een stel schuifdeuren en ruiten ongeveer een halve dag (4 uur). Inclusief vergunning en kraanhuur kost dat ongeveer € 1000.



*Figuren 32. Aanvoer glas of kozijn, vrij van geparkeerde auto's, zuignap met batterij, over het gebouw tillen.*





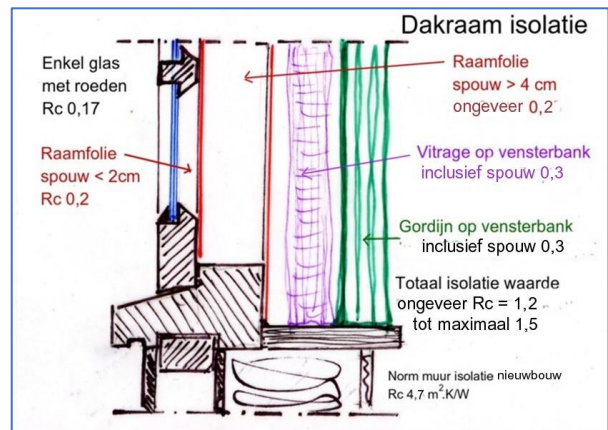
*Figuren 32. Deze schuifdeur wordt in het kozijn geplaatst dat ongeveer 30 cm terug staat vanwege de dak overhang.  
Eerst wordt de bovenkant ingehaakt en dan met druk tegen de ruit de onderkant. Zuignap handvaten en grote schuifdeur.  
In deze situatie is glas met doorvalbeveiliging nodig.*

Ramen die onder een groot dak overhang of balkon zitten worden met een **evenaar** naar binnen gebracht. De glashandel heeft verschillende opties om dergelijke zware ramen in allerlei situaties te plaatsen.

### Kozijn- of raamfolie, glasfolie, glasfilm, anti-condens.

**Isolerende kozijn- of raamfolie** kan zelf op het kozijn of raam (niet op glas) worden geplakt, creëert een luchtsponw ( $\approx 2\text{cm}$  met  $+R_c \approx 0,2$ ) en is daardoor een goedkope oplossing en in een stookseizoen terugverdiend. (DHZ, € 5/ $\text{m}^2$  incl. dubbelzijdig plakband). Het kan ook direct op het geschilderde of kunststof en raamwerk of kozijn geplakt worden. Het folie is kwetsbaar en grote maten zijn moeilijker te bevestigen dan kleine maten. Op ramen en kozijnen die mechanische belasting kunnen krijgen (kinderen, katten) zal het snel beschadigen. In dergelijke situaties is een 2mm Acrylplaat een meer duurzame oplossing (€ 40/ $\text{m}^2$ ).

*Figuren 33. Bij zolderramen kan de isolatie aanzienlijk verbeterd worden door toepassing van twee raam/kozijn folies, en gordijnen.*



Elke 18 mm - 20 mm dikke stilstaande verticale luchtlaag creëert een extra isolatiewaarde van  $R_c \approx 0,2$ . Rondom goed sluitende gordijnen doen hetzelfde. Hierbij geldt dat aan elke zijde de binnenzijdige overgangswaarde van ongeveer  $+R_{si} \approx 0,15$  kan worden gerekend; samen met het gordijn en luchtlaag  $R_c \approx 0,35$ . Een combinatie van meerdere rondom goed sluitende gordijnen ( $R_c \approx 0,2$ ) verhoogt dus de isolatie.

### Isolerende glasfolie of glasfilm.

Warmte-reflecterende, doorzichtige folie of ook nano-folie of glasfilm genoemd.<sup>37</sup> Op het glas geplakt. Bij enkel glas en glasfolie aan de kamerzijde: van  $R_g = 0,17$  naar een  $R_g = 0,35$ . De nieuwe isolatiewaarde is daarmee 100% beter. De toegevoegde isolatiewaarde bij HR glas ( $R_g = 0,6$ ) is slechts 25%.

<sup>37</sup> Zie bijvoorbeeld <https://www.reflectglasfilm.nl/filmtypen/isolerende-raamfolie/#voordelen> met details over CRBG ISO 82.1 NV en ISO 75.1 certificering op <https://www.brcg.nl/brcg/uploads/bestanden/20160803GKBKUW.pdf>

Bij beter isolerende glassoorten daalt dus de efficiëntie. Isolerende glasfolie aan de binnenkant (warme kant) is daarom vooral interessant wanneer het enkele glas niet vervangen kan of mag worden, zoals het geval kan zijn met dunne stalen raamkozijnen of bij monumenten.<sup>38</sup>

De kosten van alleen deze glasfolie ligt op ongeveer € 20/m<sup>2</sup> (met arbeid voor het opplakken € 65/m<sup>2</sup>) en wordt voor grote ramen bij voorkeur door specialisten aangebracht. De glasfolie wordt door de glasfolie-leverancier direct op de binnen- of kamerzijde van het glas geplakt. Het is ook mogelijk om dit zelf te doen met op maat gesneden folies (2mm kleiner dan tussen de stopverf of rubber gemeten). De hulpmiddelen en vloeistoffen zijn bij de folieleverancier te krijgen.

*Figuur 34. Op binnenzijde van enkel glas in monumentaal stoeltjesprofiel. De binnen afwerking is hier niet netjes gedaan. De lichte lijn is de folierand. Stalen stoeltjes profielen zijn niet isolerend. De gemiddelde  $R_c$ -waarde van het raam blijft hierdoor erg laag.*



Het plakken van de glasfolie op de buitenkant van ramen zal de warmte-instraling van de zon zeer sterk verminderen. In dit geval zou het effect vergeleken moeten worden met een **zonwerende en spiegelende folie** die aan de buitenkant wordt opgebracht. De glasfolie stopt ook bijna al het UV-licht.

**Isolerende glasfolie of glasfilm** plakken op de binnenkant van een HR<sup>++</sup> ruit wordt niet aanbevolen, want dan kan er thermische spanning in een ruit op de volle zon optreden. Bovendien voegt het bij een  $R_g = 0,9$  ruit slechts 15% meer isolatie toe. Veiligheids-folie, spiegelende of zonwerende folie, UV-beschermende folie, en matte anti-doorkijkfolie op de buitenkant van een HR<sup>++</sup> ruit geeft geen extra spanningsproblemen<sup>39</sup>.

### Anti-condens glasfolie.

Anti-condens glasfolie is een sterke polyester film die vaak wordt toegepast op koelvitruines, maar kan ook op ruiten waar op andere wijze condens optreedt<sup>40</sup>. Bij triple glas of een goede kwaliteit HR<sup>++</sup> glas ( $R_g \approx 1,0$ ) komt condensvorming aan de buitenkant alleen voor bij bepaalde weersomstandigheden (warm en vochtig buiten, bij een nog koud gebouw); dat betekent dat het goed isolerend is ☺.

Bij koude en hoge luchtvochtigheid, buiten in de nacht zal condens optreden op alle koudere en dichte oppervlaktes zoals glas (auto's), metaal, natuursteen en bladeren. Bij baksteen muren trekt het vocht erin. Het extra vocht in de baksteen muren zal de isolatiewaarde van die muur iets verlagen. Bij verdamping van dat vocht zal deze verdamping uit de poreuze muur nog eens extra warmte uit de muur onttrekken. Bij een na-geïsoleerde spouwmuur zal het in isolatiewaarde weinig schelen.

Koelvitruines (binnenshuis) hebben soms verwarmingselementen om condensvorming op de ruit te voorkomen, deze kunnen na het aanbrengen van de folie worden uitgezet; daarmee worden de energiekosten verlaagd. De werkbreedte is slechts 120 cm met een dikte van 0,4 mm. De anti-condens glasfolie is uitgebreid getest volgens de "Klasse B" NEN 3569 doorvalbeveiliging en kan tevens worden toegepast in het kader van de HaCCP, BRC en IFS. Het verkleurt niet en verminderd UV-instraling.

<sup>38</sup> Zie ook het documentje "Raadhuis test" waarbij verschillende isolatie opties met elkaar vergeleken worden.

<sup>39</sup> Zie ook: <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/isolerende-raamfolie/>

<sup>40</sup> Zie bijvoorbeeld: <https://suncontrol.nl/producten/anti-condens-glasfolie/> en <https://www.sunblock.nl/anti-condens-folie/>

Figuren 35.  
Anti-condens  
folie op terrarium  
voor, gebruik  
binnen.



Rechts: condens  
op enkel glas.



De rechter afbeelding is enkel glas ( $R_g = 0,17$ ) in een houten raamwerk. Het dunne hout is net zomin isolerend als het glas. Het vocht trekt in het hout en is de basis voor schimmel (zwart). Hier is het toepassen van anti-condensfolie niet zinvol, maar dient de ruit of het raamwerk vervangen te worden.

### Anti-condens coating of antifog.

Op de buitenkant van ruiten kan ook een anti-fog coating zitten. Zie RVO meldcodelijst.  
KA18692 AGC Glass Europe - Thermobel Advanced 0.8, Antifog -gas mix- [4/10/4] met  $U_g$ -waarde 0,8  
De  $R_g$ -waarde van dit glas is  $1,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  dus ongeveer 2X zo goed als oude dubbel glas (jaren 1990-1995).  
De dikte van deze ruiten is 18 mm. Wanneer met een oud dubbel glas (dikte 23 of 24 mm) uit een PVC kunststof kozijn wil vervangen, zal er binnen een invullat of strook gebruikt moeten worden. Een optie is om prefab laminaatvloer afwerkranden te gebruiken die een dikte hebben van 5 mm en een plakrand.<sup>41</sup>  
Bij gelaagd glas binnen en buiten is de ruit dikker.

### Doorvalveiligheid en gehard glas.

Volgens de NEN 3569:2011 moeten gevelelementen van publiekelijke gebouwen<sup>42</sup> met een borstwering lager dan 850 mm worden voorzien van veiligheidsglas (gehard of gelaagd), en wanneer het hoogteverschil met de achterliggende ruimte meer dan 1 meter is. Dit echter geen Norm<sup>43</sup> (verplicht) voor particulieren<sup>44</sup>, maar wel voor openbare gebouwen. Winkelruiten zijn ook meestal van gelaagd of gehard glas (inbraak-werend).

Figuur 36. Bij deze jaren-1900 woningen lopen de ruiten in de torentjes door tot vlak boven de etagevloer. In deze situatie moet een glasbedrijf adviseren om de binnenste ruit gelaagd te maken als doorvalbeveiliging.



<sup>41</sup> Dit is een praktische oplossing die netjes moet gebeuren. Voor verwijderen glas lat uit PVC-raam Zie bijvoorbeeld: <https://www.youtube.com/watch?v=cBPtMmtZnZ8>

<sup>42</sup> Dit zijn openbare en semiopenbare gebouwen, inclusief scholen, gemeenschappelijke trappenhuisen, clubhuizen, verzorgingstehuizen, bejaardencentra en andere soorten gebouwen waar verschillende categorieën toegang hebben. Zie ook: [https://www.glas.nl/storage/files/NEN3569\\_2011.pdf](https://www.glas.nl/storage/files/NEN3569_2011.pdf)

<sup>43</sup> Normen voor glasberekeningen voor onder andere windbelasting en betrouwbaarheid van glasconstructies zijn gratis te downloaden bij kenniscentrum glas. Zie downloads:

<http://www.pilkington.com/resources/technischoverzichtveiligheidsglasvolgensnieuwenen4.pdf>. Die informatie is gemaakt door Kenniscentrum Glas samen met b.v. vakgroep GBO, VMRG (gevelbranche), en te zoeken onder "glas".

<sup>44</sup> Zie ook: <http://www.pilkington.com/resources/technischoverzichtveiligheidsglasvolgensnieuwenen4.pdf>



**Echter:** Er is een verschil tussen nieuwbouw en bestaande bouw. Bouwbesluit 2012 – nieuwbouweisen = 850 mm hoogte ter plaatse van een al dan niet te openen raam.

Bouwbesluit 2012 – bestaande bouweisen = 600 mm hoogte ter plaatse van een al dan niet te openen raam. Voor bestaande bouw, dus ook voor het vervangen van een ruit, geldt sowieso het rechte niveau.

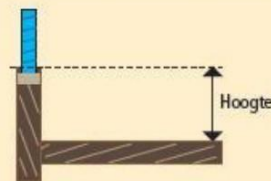
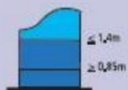
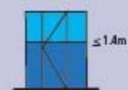
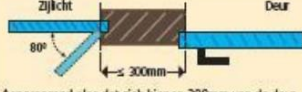
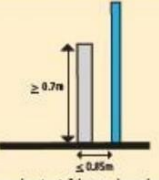
Is voor een particuliere woning in 1992 een bouwvergunning afgegeven dan is het rechte niveau 850 mm. Als de ruit lager zit dan moet er dus gelamineerd glas worden toegepast.

Is voor een particuliere woning in of voor 1991 een bouwvergunning afgegeven dan geldt Bouwbesluit bestaande bouw – niveau 600 mm. Als de ruit lager zit dan moet er dus gelamineerd glas worden toegepast. De meeste vensterbanken zijn ongeveer 70 cm hoog.

Het Bouwbesluit 2012 geeft verder aan dat het over nieuwbouw of renovatie gaat. Renovatie is niet het vervangen van een paar ruiten, maar een meer ingrijpende bouwactiviteit waarbij meestal de gevels worden aangepakt met een betere isolatie. In dat geval is de 850 mm van toepassing.

### Hoogbouw gehard of gelamineerd glas.

Bij gebouwen die direct aan de openbare weg staan (weg, trottoir, stoep, parkeerplaats) wordt voor alle etages veiligheidsglas geëist. Dit kan gehard glas zijn (5 x zo sterk als enkel floatglas) of gelamineerd glas met een PVB folie (polyvinylbutyral) tussen de ruiten. Bij laagbouw kan half-gehard glas worden toegepast (3 x zo sterk als enkel floatglas). Bij hoogbouw (gebruik van lift en vanaf 5 etages) en bij glasvliesgevels, moet altijd gehard glas toegepast.

|                                                                                                                                                                                                                              |  |                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>"Hoogte" is de verticale afstand tussen de bovenkant van de aangrenzende vloer en het laagste punt van de dagkant van het kozijn.</p> |  | <p>Scheidingsconstructies en beweegbare constructie-onderdelen bij ontsluitingswegen</p>                                                                                            | <p>Scheidingsconstructies en beweegbare constructie-onderdelen</p>  | <p>Deurconstructies (= deur, inclusief kozijn, zij- en bovenlicht en raampanelen).</p>  | <p>Draaiende delen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Openend naar aanvalzijde</li> <li>• Slechts aan 1 zijde bereikbaar</li> </ul>  |  <p>Aangrenzend glas dat zich binnen 300mm van de deuropening bevindt moet als "zijlicht" beschouwd worden.</p>                                                                                                                                                |
| <p>Gebruiksfuncties</p>                                                                                                                                                                                                      |  | <p>Veiligheidsglas moet aan de stootzijde geplaatst worden. De stootzijde is de zijde waar een persoon tegen aan kan vallen. Bij isolatieglas kan 1 zijde maar kunnen ook beide zijden stootzijde zijn. Bij deurconstructies zijn altijd beide zijden stootzijden.</p> |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                    |  <p>Indien er aan de stootzijde een bouwkundige voorziening met een minimale hoogte van 0,7m is geplaatst die voorkomt dat personen binnen een horizontale afstand van 0,85 m tot het glas kunnen komen, dan wordt het glas beschouwd als niet-bereikbaar.</p> |
| <p>Voorbeelden</p>                                                                                                                                                                                                           |  | <p>Indien H &lt; 0,70m: beide zijden veiligheidsglas.<br/>Indien H ≥ 0,70m in gesloten toestand: bereikbare zijde veiligheidsglas.</p>                                                                                                                                 |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Niet-gemeenschappelijk deel woontfunctie en logiesfunctie</p>                                                                                                                                                             |  | <p>Geen</p>                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Industriefunctie</p>                                                                                                                                                                                                      |  | <p>Eisen</p>                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Alle overige functies</p>                                                                                                                                                                                                 |  | <p>Gelaagd veiligheidsglas minimaal klasse 2(B)2, bijvoorbeeld gelaagd 33.1<br/>of<br/>Thermisch gehard veiligheidsglas minimaal klasse 1(C)3, bijvoorbeeld 4mm gehard glas</p>                                                                                        |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Figuur 37. Detail over de verplichte doorvalbeveiliging in de NEN 3569. Verdere toelichting over doorvalbeveiliging <https://www.kenniscentrumglas.nl/wp-content/uploads/Veiligheidsglas-en-het-Bouwbesluit-artikel-KCG.pdf>

In 1996 en na 2005 zijn bij enkele hoge gebouwen de gehard glazen ruiten gebarsten en gevallen.<sup>45</sup> Deze ruiten kwamen in verbrokkelde stukjes naar beneden, maar ook in gegranuleerde schollen. Het vervangen van alle ruiten in het gebouw met *heatsoak* geharde ruiten was goedkoper dan om ze te beplakken met een beschermende anti-breuk folie. Het betrof hier on-getest, on-gelamineerd gehard glas.

Nikkelsulfide is een verontreiniging in floatglas. Wordt dit glas gehard door opwarmen en snel afkoelen, dan kan die verontreiniging groeien. Bij sterke opwarming door de zon, kunnen deze sulfides een andere kristalvorm aannemen en expanderen (4%).

<sup>45</sup> Zie rapport VROM met zoekterm: [VROM+inspectie+rapportgevels+glas+2007+11](#)



Het omringende glas kan dan breken en in kleine brokjes versplinteren. Er kan worden geconcludeerd dat glas zonder *heatsoak* test niet aantoonbaar voldoet aan NEN 6700 en het gebruik hiervan strijdig is met het Bouwbesluit. Richting de NEN-normcommissie wordt voorgesteld om in NEN 2608 het gebruik van gehard glas met *heatsoak* test voor te schrijven.

Door elke geharde glasruit een *heatsoak* te laten ondergaan zullen ruiten met nikkel-sulfide insluitingen kapotgaan. Op advies van de Onderzoekszaak wordt daarom voor hoogbouw alleen gehard glas gebruikt dat deze *heatsoak* test heeft doorstaan. Thermisch geharde ruiten zonder dat deze een *heatsoak* test hebben ondergaan kunnen nikkel-sulfide insluitingen hebben, waardoor ze niet voldoet aan het Bouwbesluit.

Onderzoek wees uit dat het gebrek aan de *heatsoak* test de belangrijkste oorzaak was. Alle geharde glasruiten zijn van tevoren langs de randen afgescherpt, dus breuk door randschade komt van fabriekswege niet voor. Latere beschadigingen aan de randen van het glas kan echter ook een oorzaak zijn. Deze kunnen ontstaan tijdens transport, montage en de verkeerde montage van metalen bevestigingsmiddelen.



Figuren 38. Links: VROM-gebouw in Den Haag.

Rechts: Mercure hotel in Den Haag.

Beiden hebben glasbreuk gehad t.g.v. nikkel-sulfide insluitingen.



In een enkel geval kunnen ruiten door exceptionele windbelasting (NEN 6702) breken of uit hun sponning worden gezogen. Bij vrijstaande gebouwen is die kans minimaal, maar bij tunnelwerking en hoge winddruk kan dit langs hoge gebouwen voorkomen, ook op lage niveaus.

### Glazen luifels en ander horizontaal glas.

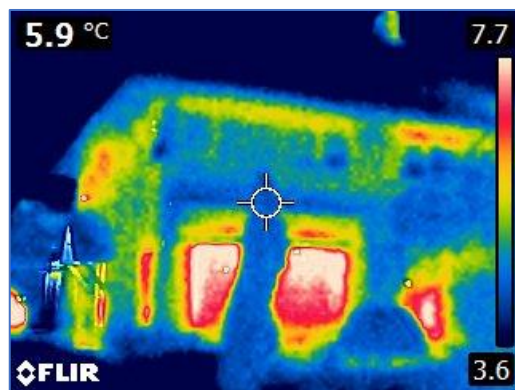
Hetzelfde probleem kan zich voordoen bij horizontaal glas van bijvoorbeeld luifels, daken of andere afdekkingen. De huidige NEN 3569:2001 schrijft voor glazen daken en luifels het gebruik van gelaagd glas veiligheidsklasse B1 voor. Enkelvoudig gehard glas is dus niet meer toegestaan. Bij oude gebouwen worden deze horizontale ruiten vervangen door gelaagd glas. Een alternatief is Polycarbonaat (lichtkoepels).

### Warmtescan foto's.

Door bij koud, droog weer, 's nachts een warmtescan te maken van een verwarmd huis kan van buiten goed worden waargenomen dat de ramen de grootste warmte verliesposten zijn, vooral bij de kamers die het meest verwarmd zijn.

Figuur 39. Bij deze foto zijn de kamers op de etage minder verwarmd en hebben aan deze kant gordijnen. Warmt verlies is een relatie tussen de binnen- en buitentemperatuur en de isolatie. Het extra isoleren heeft daar dan ook iets minder rendement dan op de begane grond.

De IR-warmtescan foto geeft echter een relatief beeld, d.w.z. de relatie tussen warmer en kouder; niet de feitelijke isolatie. Warmtescan of IR-foto's geven een dramatisch beeld van het warmteverlies door de ruiten.

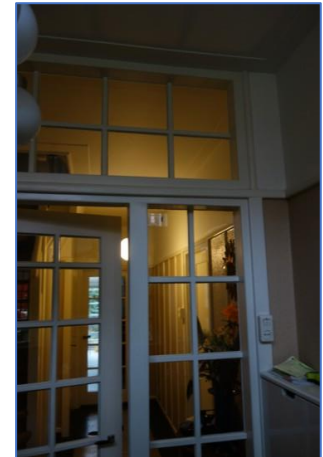


## Acrylaat (PMMA) of Polycarbonaat (PC) voor/achterzetramen.

In plaats van glazen voor- of achterzetruiten kan voor ramen ook transparante Acrylplaat (2mm Perspex®, Plexiglas, PMMA) geplaatst.<sup>46</sup> Voor beweegbare delen zoals deuren, wordt het duurdere en taaiere Polycarbonaat (Lexan®, PC) aanbevolen (bij gaten boren barst het niet). Al deze ramen blijven tientallen jaren glashelder, mits ze niet met zand geschuurd worden. Ze kunnen ook aan de buitenzijde worden toegepast, maar dan dienen er aluminium profielen worden toegepast om de platen mee te bevestigen.

*Figuur 40. Bij deze tochtdeur (koude vestibule) kan op de vaste ramen rondom Acrylplaat worden geplaatst en op de beweegbare deur een Polycarbonaatplaat.*

Het voordeel van de toepassing van extra Acrylaat of Polycarbonaat ruiten is ook dat daarmee aan de doorval beveiliging wordt voldaan. Dat is een extra voordeel boven de toegevoegde isolatiewaarde. Bij GiL ruiten is het ook een bescherming van de ruit.

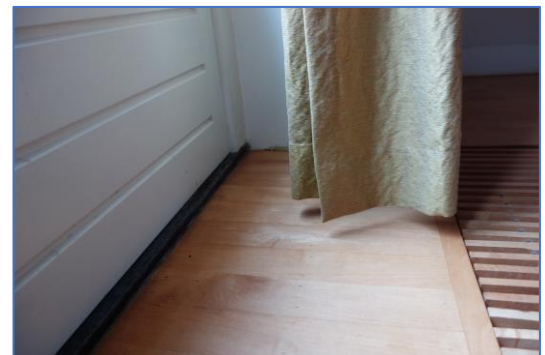


## Isolerende gordijnen (rol of plissé, enkel en dubbel)

Isolerende gordijnen leveren 's nachts ongeveer evenveel extra isolatie op als plakfolies wanneer ze rondom goed tegen het kozijn afsluiten. Het zijn voordelige opties voor monumenten en bij stalen ramen. (+  $R_c = 0,2$  tot  $0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$ ). Het isolerende effect van gordijnen komt van de luchtlaag. Bij gordijnen is de dikte van de luchtlaag dikker dan 15 tot 20 mm en daardoor ontstaat er luchtcirculatie (convectie) tussen glas en gordijn. *Zie figuur 33.*

*Figuur 41. Deze dikke gordijnen zullen weinig isoleren omdat de koude lucht van het raam door de kier onderuit zal zakken. De warme lucht wordt aan de bovenkant door de openingen wordt ingezogen. Dit is het omgekeerde schoorsteen effect.*

*Een dik gordijn isoleert beter dan een dun gordijn. Elk gordijn moet volledig rondom tegen het kozijn aanzitten (onder, boven en langs de zijkanten) en op de vensterbank of op de grond aansluiten.*



Figuren 42. Vitrage op vensterbank. Vouwgordijn in de dag.

Tegen de muur.

In een frame (dakraam).

Effectief.  $R_c \approx 0,3$

Effectief  $R_c \approx 0,35$

< effectief  $R_c \approx 0,15$  . Effectief  $R_c \approx 0,35$ .

<sup>46</sup> Zie: "Verbeteren isolatiewaarde van ramen en deuren met Acrylaatplaten" op [www.nienhuys.info](http://www.nienhuys.info)

Het gordijn kan nog beter isolerend gemaakt worden door er aan de raam- of deurkant een Hoog Reflecterende Folie (HRF = dunne radiatorfolie) op te plakken.

Het documentje “Vouwgordijn isoleren of zonwering met HRF” op [www.nienhuys.info](http://www.nienhuys.info) geeft aan hoe dit met DHZ gerealiseerd kan worden.

*Figuren 43. Links: rolgordijn met verkeerde montage en grote kier aan zijkant.  $R_c \approx 0,1$*

*Midden: Rolgordijn met goede montage tegen het kozijn en op vensterbank.  $R_c \approx 0,3$*

*Rechts: Enkel plissé gordijn goed aansluitend.  $R_c \approx 0,3$*



Het vouwgordijn is redelijk goedkoop en effectief<sup>47</sup>. Het rolgordijn is goedkoop en moet met de rol naar de kamerkant zitten, terwijl het gordijn zo strak mogelijk tegen het kozijn aanzit en beneden goed op de vensterbank sluit. Het enkel plissé gordijn is duurder en het dubbele plissé ( $R_c \approx 0,5$ ) het duurste, maar isoleert weer iets beter door de kokerstructuur die een extra luchtlaag vormt<sup>48</sup>.

#### Stalen raamkozijnen en stoeltjesprofielen.

Zowel stalen raamkozijnen (toegepast tot omstreeks 1960), als aluminium ramen zonder thermische onderbreking (toegepast tot 1995), hebben een erg slechte thermische isolatie. Hoe kleiner de ruitjes zijn, hoe slechter het geheel. De volgende zijn enkele voorbeelden van stalen ramen.



*Figuren 44. Deze metalen ramen (stoeltjesprofiel) komen voor in oudere ‘onder architectuur’ gerealiseerde gebouwen. Hierdoor vallen deze gebouwen vaak onder monumentenzorg en mag er soms niets aan de gevels veranderd worden. Het is echter goed mogelijk om vacuümglas te plaatsen of Acryl of HR<sup>++</sup> achterzetramen of -ruiten te maken.*

Het is mogelijk om in deze ouderwetse stalen stoeltjesramen HR<sup>++</sup> isolatieglas te plaatsen met een maximale dikte van 16 mm, waarbij het glaspakket een  $R_g$  0,9. De ruiten worden dan gezet in een polysiloxanenkit die er bijna hetzelfde uitziet als ouderwets stopverf.<sup>49</sup>

Een veel lichtere oplossing voor het isoleren van ouderwetse stalen ramen is de 2 mm Acrylplaat die minder dan de helft weegt van een 3 mm ruit. Omdat deze Acrylplaten met Doe-Het-Zelf kunnen worden aangebracht, kunnen de kosten laag zijn.

<sup>47</sup> Voor het beter “isoleren van het vouwgordijn” zie het betreffende documentje op [www.nienhuys.info](http://www.nienhuys.info)

<sup>48</sup> Een mogelijk nadeel van deze dubbele plissé kokerprofielen is dat vliegen erin gevangen kunnen worden en bij het optrekken van het gordijn geplet.

<sup>49</sup> In een apart documentje wordt verder uitgeweid over de opties voor “Acrylaat achterzetruiten”.



Een andere oplossing is het plaatsen van HR<sup>++</sup> achterzetruiten in een dun aluminium profiel<sup>50</sup>. Deze kunnen zonder scharnier ook in een bestaand metalen L of T profiel worden gelijmd. Het is ook mogelijk om deze ruiten als achterzetruit met 2 tot 3 mm speling in de metalen L of T profielen te plaatsen en met een dun kitlijntje dicht te zetten. Het kitlijntje maakt de constructie dampdicht maar kan met een mes losgesneden worden voor eventueel onderhoud. Dit is bijvoorbeeld een optie bij monumentaal GiL dat aan de buitenkant niet geïsoleerd mag worden.

Figuren 45.

Het glas zit in een profiel dat met Hightack in het stalen profiel wordt vastgezet. Zonder lijmen (Hybriseal) is het glas makkelijk te verwijderen.



Rechts: Constructie detail. Scharnier links en het donkergekleurde palletje (knevel) aan de rechterkant om het vast te zetten.

Een veel betere isolatie oplossing is het verwijderen van het stalen kozijn (met raam).

- Wanneer het in een houten om-kozijn zit (tot jaren 1960), het metalen stoeltjesprofiel kozijn verwijderen, eventueel het kozijn dikker maken en een triple glas ruit plaatsen. Door brede glaslatten op de triple glasruit te plakken (extra werk) kan het aanzicht van de straat hetzelfde blijven.
- Wanneer er geen houten kozijn zit dat het geheel vervangen door een thermisch onderbroken kunststof of metalen kozijn voor triple glas ( $R_g = 2,0$ ) en eventueel een ventilatierooster.

### Daklichten, lichtstraat, serre.

Bij veel uitbouwen of serres<sup>51</sup> worden bijna horizontale ramen in het dak gebouwd. Sinds 1980 zijn dat dubbel glazen ruiten, maar daardoor ook weinig isolerend. Extra warmteverlies ontstaat omdat ze in het plafond zitten, waar de kamer het warmste is; dit is het geval met nieuwe vloerverwarming in die aanbouw.

Figuur 46. Groot daklicht van een serre-aanbouw geeft heel veel warmteverlies. Bij toepassing van extra HR<sup>++</sup> er onder moet buitenop een warmte/zon reflecterende folie toegepast worden om oververhitting te beperken en een isolerende warm-edge TGI-spacer toegepast. Afhankelijk van grootte en zonbelasting kan gehard glas (nog duurder) worden toegepast. De bestaande constructie moet voldoende sterk/stijf zijn voor de extra belasting.

30 jaar oude HR ruiten zijn kunnen beter vervangen worden door triple glas ( $R_c = 2,0$ ), waarbij de buitenste ruit voor de sterkte gelaagd is (verplicht).



Bij een vloerverwarming in een dergelijke serre zal het daar in de winter wel comfortabel zijn om te vertoeven, omdat de warmte dan van onderen komt, maar de CV werkt dan op topcapaciteit om het warm te houden want de hele serre met al dat glas heeft dan een isolatiewaarde van ongeveer  $R_c < 1,0$ .

Glazen plafonds geven uitzicht op het omliggend groen of gebouwen, de wolkenhemel of de sterren. Ook zal de zoninstraling sterk zijn, en daarmee de opwarming van de kamer in de zomer. Bij het kiezen van een beter geïsoleerde oplossing dienen de aspecten van doorzicht en zon/hitte belasting meegenomen te worden.

<sup>50</sup> Bijvoorbeeld van: <https://www.grona.nl/conforglace> of [www.Belned.nl](http://www.Belned.nl), ook gehard glas

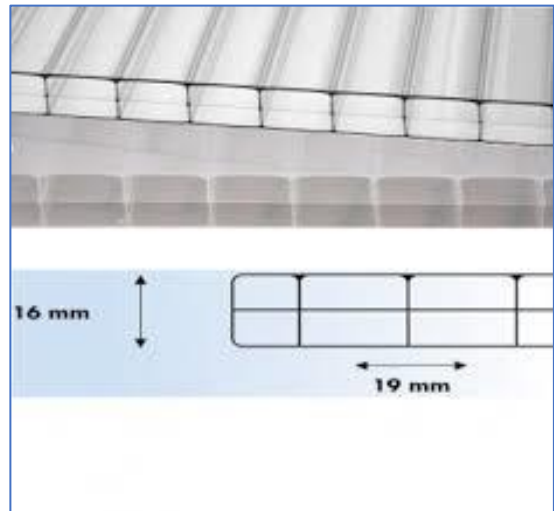
<sup>51</sup> Zie ook apart document "Daklicht, serre, aanbouw isoleren" op [www.nienhuys.info](http://www.nienhuys.info)



Als er geen behoefte is aan helder doorzicht kan gekozen worden voor de erg lichte (gewicht) veel goedkopere oplossing van meerlaagse Polycarbonaat kokerprofielplaten.

*Figuur 47. Polycarbonaat plaat. Transparant en opaal of kleur. Deze kokerprofielplaten geven het zonlicht diffuus door. Eigen isolatiewaarde  $R_c \approx 0,5$  maar met een extra luchtspace tussen het kokerprofiel en het bestaande glas is de toegevoegde isolatiewaarde  $R_c = 0,7$ . Samen met een al bestaande ruit  $R_g = 0,7$  wordt dat dan  $R_c = 1,4$ . Door meerdere platen met luchtspace toe te passen, kan een hoge isolatiewaarde verkregen worden.*

*Deze kunnen ook als tijdelijke platen in de winter toegepast worden. Bij deze optie zijn de bomen, wolken of de sterren niet meer te zien.*



### Gebogen ramen.

Verschillende bedrijven kunnen gebogen glas maken. In een speciale mal wordt het glas verhit en gekoeld (buigoven). Kozijnen waar het glas in moet komen dient op de juiste maat gemaakt te worden. Met 3D scans kan de opening tot op de mm precies worden opgemeten. Enkele bedrijven kunnen ook isolatieglas  $HR^{++}$  maken. Gelamineerd glas of  $HR^{++}$  wordt gemaakt door twee of meer ruiten op elkaar te leggen en gelijktijdig in de oven te buigen. Het glas buigt door de zwaartekracht en neemt de vorm van de mal aan. Ook zonwerende en getinte ruiten zijn in gebogen vorm mogelijk. Toepassingen van gebogen glas, vaak in combinatie met laminatie, zijn balustrades, trappenhuizen, dakbeglazing in lichtkoepels, winkelgalerijen en doucheschermen. Koud gebogen (gelamineerd) glas is goedkoper dan warm gebogen glas; de fabricage, kwaliteit en het transport spelen daarbij een rol.



Figuren 48. Enkele voorbeelden van gebogen glas en gebogen  $HR^{++}$  glas.

<https://www.solver-solutions.com/producten/gebogen-glas>

<https://nissinkglass.com/glas-buigen/>

<https://www.mosaglas.com/nl/glasproducten/productgroepen-types/gebogen-glas-voorgevormde-beglazing>

<https://www.buysglas.nl/gebogen-glas.html>

<https://www.agcnederland.nl/isolatieglas/> (in 2022 geen  $HR^{++}$ )

<https://bodarglas.nl/>

**Meer informatie over glas, stalen ramen, vensters isoleren en folies.**

De voorgaande tekst gaat hoofdzakelijk over de isolatiewaarde van glazen ruiten en welke invloeden daarop van toepassing zijn. De volgende vijf documenten erg informatief:

- A. Info-blad over Restauratie en Beheer van de Rijksdienst voor Monumentenzorg, publicatie no 43. VENSTERGLAS en de /gids-techniek-43-vensterglas-2005.pdf met website:  
<https://www.cultureelerfgoed.nl/publicaties/publicaties/2005/01/01/vensterglas>
- B. Info-blad over Restauratie en Beheer van de Rijksdienst voor Monumentenzorg, publicatie no 46 BOUWGLAS. /gids-techniek-46-bouwglas-2006.pdf met website:  
<https://www.cultureelerfgoed.nl/publicaties/publicaties/2006/01/01/bouwglas>
- C. Info-blad over Restauratie en Beheer van de Rijksdienst voor Monumentenzorg, publicatie Brochure Techniek no 48 stalen RAMEN en DEUREN, 2008 met website:  
<https://www.cultureelerfgoed.nl/publicaties/publicaties/2008/01/01/stalen-ramen-en-deuren>
- D. Info-blad Rijksdienst voor cultureel erfgoed. Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap gids cultuurhistorie 21, 2012. HISTORISCHE VENSTERS ISOLEREN, website:  
<https://www.cultureelerfgoed.nl/publicaties/publicaties/2012/01/01/historische-vensters-isoleren>  
Inclusief een foutieve alinea over dubbel glas, isolatie en kostenbesparing.
- E. En via zelfde website-infoblad gids cultuurhistorie GIDS CULTUURHISTORIE 26 | 2013, website:  
<https://www.cultureelerfgoed.nl/publicaties/publicaties/2013/01/01/glasfolies-voor-historische-interieurs>

\*\*\*\*\*