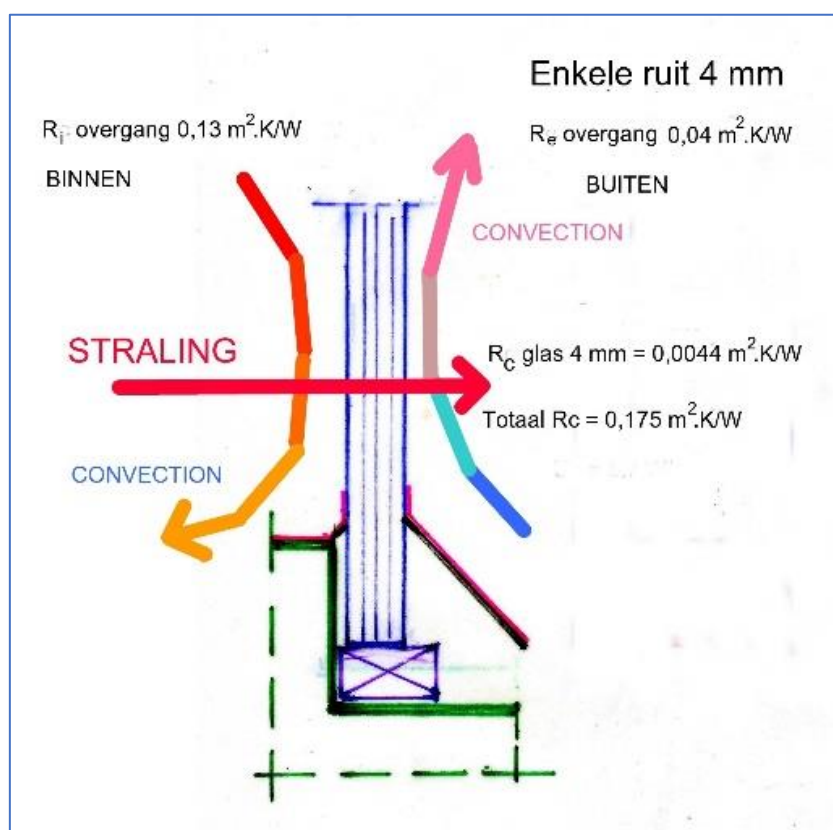


Achterzetruiten isolatiewaarden vergelijken

Wat is het rendementsverschil van extra glasruiten of Acrylplaat?
Berekening van terugverdientijden van verschillende combinaties.



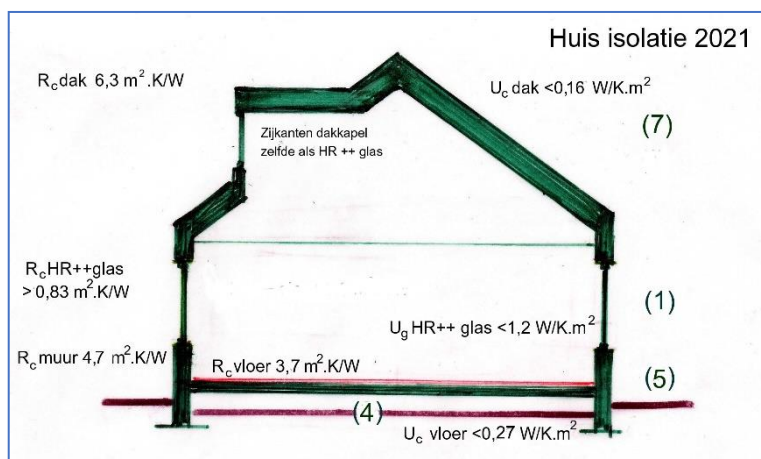
Abstract: Een overzicht van de isolatie verbeteringsopties van voorzet- en achterzetruiten en het percentage aan isolatieverbetering. Hoe hoger het percentage, hoe beter het energie en financiële rendement. Opties wanneer men goede kwaliteit kozijnen of isolatieglas niet wil vervangen. De laatste pagina geeft een voorbeeldberekening op van de energiebesparing en een samenvatting van de verschillende terugverdientijden op een verandering van ruiten.

Achterzetruiten isolatiewaarden vergelijken

Bij het maken van een keuze voor een betere woningisolatie is het belangrijk te weten dat de ramen en deuren de meeste warmte verliezen per m² oppervlakte. Ook voor nieuwbouwwoningen die voldoen aan de minimale nieuwbouweisen blijven de ramen de grootste energie verliespost per m² oppervlakte vanwege hun lage isolatiewaarde¹.

Figuur 1.

Minimum nieuwbouwnormen 2021
 met Rc 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 $R_c = 6,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
 Ramen, deuren, panelen, dakkapel/-
 glas, kozijnen $R_c > 0,83 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. ($U_g =$
 $< 1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)



Het vervangen van matig of oude slecht isolerende ruiten voor nieuwe HR⁺⁺ of beter is relevant wanneer er een flinke sprong in de isolatiewaarde wordt gemaakt. Als dat niet zo is dan wordt de terugverdiendtijd op de energierekening erg lang en zal het economisch rendement dus laag zijn.

Bij het vervangen van oude HR (≈ jaren 1995) met een isolatiewaarde van $R_c = 0,6$ door een gewone of minimumnorm HR⁺⁺ ruit ($R_c = 0,83$) levert een isolatieverbetering op van $R_c = 0,23$ of **38%**.

Bij het vervangen van oude HR⁺ (≈ jaren 2000) met een isolatiewaarde van $R_c = 0,7$ door een gewone of minimumnorm HR⁺⁺ ruit ($R_c = 0,83$) levert een isolatieverbetering op van $R_c = 0,13$ of **18%**.

Het is mogelijk om oude isolatieruiten te vervangen door een betere soort HR⁺⁺ ($R_c = 0,9$ of zelfs 1), maar dan nog zal de isolatiewinst in percentages onder de 100% blijven.²

Wanneer de bestaande (isolatie) ruiten en de kozijnen van goede kwaliteit zijn is het mogelijk om ruiten bij te plaatsen, hetgeen meestal een veel economischer oplossing is dan het eerst weggooien van de oudere isolatie ruiten.

Zie onder andere de documenten “Twee dubbel glas” en “101-Soorten-Glas” op www.nienhuys.info

¹ Een uitzondering kan de mechanische ventilatie zijn wanneer dit geen balansventilatie is met WTW (WarmteTerugWinning). In deze situatie zal het systeem constant warme lucht afvoeren en koude lucht van buiten aantrekken die dan constant verwarmd moet worden. De binnenhuis lucht wordt dan in de winter erg droog. Een optie is om op de ventilator een stroomonderbreker (timer) te zetten.

² Wanneer een klant niet aan het glasbedrijf specificeert wat de nieuwe isolatiewaarde moet zijn van de ruiten dan is de kans groot dat slechts de minimumnormwaarde wordt geleverd, terwijl de totale kosten inclusief het plaatsen en afwerken (schilderen) weinig verschil zullen maken.

Van lage isolatiewaarde naar een hogere zijn de volgende opmerkingen relevant:

De glashandel geeft de U-waarde van het glas aan. Dit is de warmte doorgangswaarde in $W/m^2.K$

De isolatiewaarde is het omgekeerde. $R_{constructie} = 1/U$ in $m^2.K/W$

Om de isolatiewaarden van het glas te vergelijken met bouwconstructies wordt in dit paper slechts de R_c -waarde gebruikt van de constructie of R_g -waarde voor glas.

Enkel glas heeft ongeveer dezelfde isolatiewaarde als Glas-in-Lood (GiL). Deze isolatiewaarde bestaat hoofdzakelijk uit de twee overgangswaarden tussen glas en de lucht. Exterieur $R_{se} \approx 0,04 m^2.K/W$ en interieur $R_{si} = 0,13 m^2.K/W$. Samen dus $R_s 0,17 m^2.K/W$. Dit zijn jaargemiddelden voor 3 mm glas of Acrylplaat. Wanneer het niet waait dan is de buiten overgangswaarden R_{se} beter/hoger³.

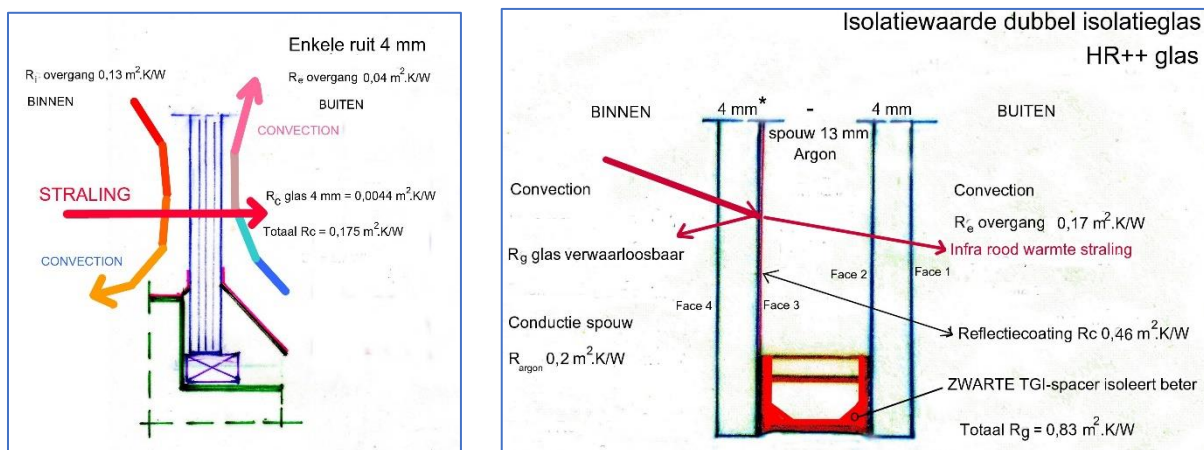
Glas zelf geeft nauwelijks thermische isolatie: 3 mm glas met $R_g = 1,2 \times 0,003 = 0,0036 m^2.K/W$.

Voor een enkel glas buitenruit wordt daarom gerekend met $R_g = 0,175$ of U-waarde $5,7 W/m^2.K$

Acrylplaat/Polycarbonaat is 3X zo isolerend. Een 2 mm Acrylplaat met $R_g = 5 \times 0,002 = 0,01 m^2.K/W$.

Bij deze materiaalwaarden komen dan de overgangswaarden uit de vorige alinea.

Het extra isolatie effect van Acrylplaat ten opzichte van glas is dus erg weinig.



Figuren 2. De isolatiewaarde van enkel glas wordt hoofdzakelijk bepaald door de twee gemiddelde overgangswaarden van binnen en buiten bij elkaar op te tellen.

Isolatieglas HR++ heeft een Low-E coating op face 3 wordt een groot gedeelte van de warmtestraling naar buiten geblokkeerd en is daardoor meer isolerend. Bovendien is de vulling Argon gas dat beter isoleert als lucht.

Bij een tochtportaal wordt de isolatiewaarde van de binnen-tochtdeur dus de isolatiewaarde van de ruit en tweemaal de binnen overgangswaarde of $R_c = 0,284 m^2.K/W$. Afgerond ongeveer $R_c = 0,3$.

De door de deur gecreëerde luchtkamer (tochtportaal) levert $\approx 0,2 m^2.K/W$.

Een tochtportaal $R_c 0,2$ met enkel glas buitendeur $R_g 0,2$ en enkel glas binnendeur $R_c 0,3$ levert dan een isolatiewaarde op van $\approx R_c 0,7$. Een thermische glasfolie (e.g. 3M™Thinsulate™) aan de warme kant levert extra $R_f = 0,1$ op. Tochtportaal met twee folies dus samen $R_c = 0,9$.

³ Wanneer het niet waait is de buitenzijdige overgangswaarde ongeveer $R_{se} = 0,11$ maar als het waait kan dat dalen tot $R_{se} = 0,04$. In de praktijk gemeten is de gemiddelde R_{se} ongeveer $0,1$ maar isolatieruiten zoals HR met $R_g 0,6$ tot HR++ $R_g 0,85$ zijn langs hun vier randen (met aluminium spacers, $R_c = 0,3$) veel minder isolerend dan het middenveld. Bij een HR++ ruit loopt de isolatiewaarde in de 6 cm van de rand terug van $0,85$ tot $0,3$. Door de officiële R_g -waarde van de ruiten aan te houden (op basis van een $R_{se} 0,04$) aan te houden wordt de mindere isolatie van de isolatieglasranden gecompenseerd. Echter dat is het geval met ruiten van $\approx 1 m^2$, terwijl kleinere isolatie ruiten wel een sterk verminderde isolatiewaarde hebben ten gevolge van de spacers.

De optimale luchtspouw tussen twee ruiten moet ongeveer 18 mm tot 20 mm zijn en isoleert dan met een extra $R_c \approx 0,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. Wanneer deze luchtspouw groter wordt daalt deze. De verschillende isolatiewaarden van ruiten en spouwen kunnen bij elkaar opgeteld.

- A. De toepassing van op de binnenkant van het enkel glas (face 2) **geplakte isolatiefolie** heeft een redelijk effect op de isolatiewaarde, maar de totale isolatiewaarde blijft wel aan de lage kant. $R_g 0,17 + R_f 0,1 = R_c 0,27$ (**verbetering $\approx +63\%$**).⁴
Bij de toepassing van deze glasfolie op dubbelglas $R_g = 0,5$ wordt de nieuwe isolatiewaarde $R_c = 0,5$ (**verbetering + 20%**).
Bij de toepassing van deze thermische glasfolie op HR⁺ $R_g = 0,7$ wordt de nieuwe isolatiewaarde $R_c = 0,8$ (**verbetering + 14%**).
Bij de toepassing van deze thermische glasfolie op HR⁺⁺ $R_g = 0,9$ wordt de nieuwe isolatiewaarde $R_c = 1,0$ (**verbetering + 11%**).

In deze berekening is te zien dat de glasfolies vooral een effect hebben op enkel gas ruiten, maar het extra isolerend effect bij isolatieruiten is gering. Omdat de Low-E folies en het aanbrengen kostbaar is (vakwerk), is het rendement bij isolatieruiten vanaf HR en beter laag.

De toepassing van **isolerende raam- of kozijnfolie** is zeer rendabel vanwege de lage materiaalkosten. Elke ruit of raamfolie op het raamhout (plastic) en enkel glas heeft bij een luchtspouw van 18 mm tot 20 mm een verhoogde isolatiewaarde van $R_c \approx 0,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ en creëert bij enkel glas ($R_c = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) een isolatie van $R_c \approx 0,35 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. (**+117%**). Het raam kan dan nog open (ventileren).

Figuur 3. Het aanbrengen van isolerende raam- of kozijnfolie is een vrij eenvoudige Doe-Het-Zelf activiteit. (Inkoop $\approx 3/\text{m}^2$, netto na de knipverliezen $\approx 5/\text{m}^2$.)

De folie komt in verschillende afmetingen (1,5m x 1,7m en 4m x 1,5m), samen met transparant tweezijdig plakband⁵. Ook toe te passen bij kunststof of metalen ramen/kozijnen.

Het wordt met een schaar op maat geknipt en met de haarföhn strakgespannen wanneer het is vastgeplakt.

Het is wel kwetsbaar (honden, katten, kinderen).

Door de lage kosten is het meestal in een stookseizoen terugverdiend op de energierekening.



- B. Isolerende raam-/kozijnfolie op het raamhout (plastic) binnen en enkel glas. Dit geeft een luchtspouw van ongeveer 25 mm. Nieuwe isolatie is dan $R_g 0,17 + R_c 0,2 = R_c 0,37 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ (**+110%**). Het raam kan dan gewoon geopend voor ventilatie.

⁴ <https://reflectglasfilm.nl/raamfolies/isolerende-raamfolie> en <https://www.scalasol.com/nl/isolatie-folie/> en <http://www.enkelglasisolatie.nl/enkelglasisolatie.nl/wp-content/uploads/2020/07/3M-Revisi-Isolerende-Raam-Folie.pdf> Dit zijn plak-glasfolies die aan de warme kant op het glas geplakt worden, niet te verwarren met 'isolerende raamfolie' die met een spouw op het raamhout of kozijn geplakt worden. Deze folies zijn niet eenvoudig om aan te brengen, meestal alleen door de glazenier, waardoor de toepassingskosten stijgen.

⁵ Tip voor het plakband gebruik. Plak de tape op het raam. Maak met een scherp mesje een lichte snee een paar cm van het einde. Met de punt van het mesje lift je vanuit de snee de dekstrook van het plakband.

- C. Enkel glas plus 2x raam-/kozijnfolie. Op het raamhout (18 mm spouw) en op het kozijnhout (40 mm spouw) kan beiden een raamfolie geplakt worden. De nieuwe isolatiewaarde wordt dan $R_g 0,17 + R_c 0,2 + R_c 0,15 = R_c 0,52 \text{ m}^2\text{K/W}$. (+206%). Omdat de folie op het kozijn zit kan het raam dan niet geopend worden voor ventilatie.

Figuur 4. Eenmaal op het raamhout geplakt is het nauwelijks te zien. Dit komt onder andere door het tegenlicht effect.

Een nadeel van het dunne raamfolie is dat het kwetsbaar is. Wanneer op het kozijn geplakt kan het raam niet geopend worden voor ventilatie. Het is wel de meeste economische oplossing. Ook voor matig verwarmde ruimtes (slaapkamer) zijn de kosten binnen een stookseizoen terugverdiend.



Het thermische effect van **achterzetruiten** (binnen) is hetzelfde als **voorzetruiten** (buiten). De buiten voorzetramen worden meestal vastgezet met aluminium profielen (Belned of Grona). Deze kunnen in de kleur van het raamhout of kozijn geleverd of geschilderd worden.

Om de opties te vergelijken is het **percentage** verbetering aangegeven, wat overeenkomt met de **bezuiniging aan warmte-energie over dat oppervlakte**.

- D. Achterzetruit aan de binnenkant van enkel glas of GiL. $R_g 0,17 + R_c 0,20 \approx R_c 0,39$ (+118%)
- E. Achterzetruit op het kozijn met enkel glas. Omdat de luchtspouw bij achterzetruiten op het kozijn meestal groter is dan 40 mm zal de nieuwe isolatiewaarde dan ongeveer $R_g 0,17 + R_c 0,15 \approx R_c 0,32 \text{ m}^2\text{K/W}$ zijn. (+90%)
- F. Achterzetruit op het raam bij het ouder (< 1985) luchtgevuld isolatieglas geeft $R_g 0,4 + R_c 0,20 \approx R_c 0,6$ overeenkomstig met HR+ glas. (+50%)
- G. Achterzetruit op het raam met HR glas levert $R_g 0,55 + R_c 0,20 \approx R_c 0,75$ (+36%)
- H. Achterzetruit op het raam met HR+ glas levert $R_g 0,75 + R_c 0,20 \approx R_c 0,95$ (+26%)
- I. Achterzetruit op het raam met HR++ glas levert $R_g 0,85 + R_c 0,20 \approx R_c 1,05$ (+23%)
- J. Achterzetruit op het raam met dun Tripleglas levert $R_g 1,7 + R_c 0,20 \approx R_c 1,9$ (+12%)
- K. Achterzetruit op het raam met dik Triple glas levert $R_g 2,0 + R_c 0,20 \approx R_c 2,2$ (+10%)
- L. Achterzetruit op het raam met vacuümglass levert $R_g 2,0 + R_c 0,20 \approx R_c 1,05$ (+10%)

Uit de bovenstaande lijst is duidelijk dat hoe beter de isolatiewaarde van de bestaande ruit is, hoe minder het extra isolerende effect heeft van de achterzetruit (of voorzetruit). De energiebesparing per oppervlakte-eenheid is daarmee dus ook minder.

Een iets goedkopere (dan glas) is om i.p.v. 3 mm glas **2 mm Acrylaatplaten** ($R_c \approx 0,01$) toe te passen. Deze zijn weerbestendig en blijven > 30 jaar helder (met zachte spons en zeep schoonmaken; niet schuren met zand!). Dit is iets goedkoper via de glashandel dan glas, maar aanzienlijk goedkoper via Doe-het-zelf (€ 30/m²). Ze wegen de helft van glas. De isolatiewaarden en verbetering zijn dan vergelijkbaar met de glazen/Acryl achterzetruiten hierboven.

In de meeste situaties zijn bij verwarmde ruimtes (woonkamers) de kosten in 2-4 jaar terugverdiend, een beetje afhankelijk van het systeem en of de montage zelf wordt gedaan.

In een aparte paragraaf op het einde van dit document zijn de economische terugverdientijden berekend, maar deze zijn afhankelijk van de energie kosten (hier aangenomen als euro 1,50 /m³ gas) en de installatiekosten van de ruiten. Bij Doe het Zelf kunnen deze kosten aanzienlijk lager liggen. DE geschatte prijzen zijn dan ook nog zonder timmerwerken of schilderwerk. Een duurzame oplossing is meestal een meerwaarde voor de woning.



Figuren 5. Links. Jaren '30 woning met oud HR isolatieglas. Aan de binnenkant zijn Acrylplaten gezet; deze werden direct bij de kunststofhandel op maat besteld. Alleen aan de buitenreflectie en de lichte vertekening te zien.

Rechts. Boerderij uit 1800. Buitenzijdige voorzetruiten van Acrylaat (Belned), al 30 jaar glashelder.

Het is mogelijk om zowel een voorzetruit (buiten) als binnen een achterzetruit toe te passen. Dit kan een optie zijn wanneer er buiten al een voorzetruit zit (bij GiL) en er aan de binnenkant geen goede alternatieven zijn zoals de toepassing van een extra HR⁺⁺ ruit.

- M. Enkel glas met 2x voor/achterzetruiten 20 mm spouw $R_g 0,17 + 2*(R_c 0,2) \approx R_c \mathbf{0,47 (+235\%)}$
- N. Twee voor/achterzetramen op dubbel glas $R_g 0,37 + 2*(R_c 0,20) = R_c \mathbf{0,77}$ of HR⁺ **(+108%)**

Het is belangrijk om steeds voor de hoogste isolatiewaarde te gaan voor de meest verwarmde ruimtes. Dit betaalt zich snel terug in de lagere energiekosten. Bij de toepassing van Acrylplaten zijn de kosten meestal lager dan bij de toepassing van glas, maar voor grote ramen met een panorama functie geven Acrylplaten meestal geen meerwaarde aan de woning. *Figuur 5 links.*

Het plaatsen van het **relatief goedkope HR⁺⁺ glas (standaard bouwnorm)** als voorzet- of achterzetruit levert het beste energierendement op met de laagste kosten; ook dus het beste financiële rendement. In de onderstaande lijst wordt gerekend met een kwaliteit HR⁺⁺ $R_c = 0,9 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, maar HR⁺⁺ met $R_c = 1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ is ook in de markt aanwezig.

Deze hogere isolatiewaarde moet door de klant gespecificeerd worden anders plaatst de glazenier de goedkoopste minimum bouwnorm met $R_c = 0,83 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ glas. ($U\text{-waarde} \leq 1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

- O. HR⁺⁺ achterzetruit aan de binnenkant van een raam van enkel glas of GiL $R_g 0,17 + R_c 0,9 = R_c 1,07$ (+530%). De ruit moet aan de onderkant volledig dragen en luchtdicht gemonteerd worden met glaslatten. Het bevestigen met (transparante) siliconenkit is een goede optie.
- P. HR⁺⁺ achterzetruit op het kozijn met (< 1985) luchtgevuld isolatieglas geeft $R_g 0,4 + R_c 0,9 = R_c 1,3$ (+225%). Ook hier is een luchtdichte montage belangrijk.
- Q. HR⁺⁺ achterzetruit op een raam met HR glas levert $R_g 0,55 + R_c 0,9 = R_c = 1,45$ (+160%)
- R. HR⁺⁺ achterzetruit op een raam met HR⁺ glas levert $R_g 0,75 + R_c 0,90 = R_c = 1,65$ (+120%)
- S. HR⁺⁺ achterzetruit op een raam met HR⁺⁺ glas levert $R_g 0,85 + R_c 0,90 = R_c = 1,75$ (+106%)

Deze twee laatste opties R en S zijn **tweedubbel glas**⁶ en zijn vergelijkbaar met isolatie van een Triple glas ruit (dit loopt van $R_g 1,7$ tot $R_g 2,0$), maar aanzienlijk goedkoper vanwege de hoge kosten van het Tripleglas (euro $\approx 250/m^2$). Bij het bestellen van Tripleglas moet de isolatiewaarde worden opgegeven anders levert de glazenier de minste kwaliteit van $R_g = 1,7$.

*Figuur 6.
Bij een goede isolatie van het raam zal en bij vochtig koud weer condensatie op de buitenkant van het glas optreden, te vergelijken met condensatie op autoruiten.*

*Foto van Triple glas
 $R_g = 2,0$*



Hoewel deze kozijnen thermisch onderbroken zijn en het glas een 'warme-edge' spacer heeft is te zien dat de condens pas 5 cm van de zijkant van de glasrand begint. Dit betekent dat de isolatiewaarde van de ruit ($R_g 2,0$) naar de spacer terugloopt (tot $R_g 1,0$?). Dit is nog meer het geval met gewone aluminium spacers.

Het plaatsen van Tripleglas achter een bestaande (HR⁺ of HR) ruit is niet echt aanbevolen vanwege de complexiteit en dikte van de constructie; in dat geval is het beter om de oude ruit te vervangen voor een goede kwaliteit Tripleglas of vacuümglas.

- T. Triple of vacuümglas (8,3 mm) achterzetruit aan de binnenkant van enkel glas of GiL. $R_g 0,17 + R_c 2,0 = R_c 2,17$ (+1175%). Dit kan een optie zijn bij monumenten waar het aanzicht van het gebouw van buiten niet mag veranderen en dus GiL niet vervangen of afgedekt mag worden.

Opgelet: Bij een (geïsoleerd) monument zal op niet-geïsoleerde GiL **veel** condens optreden. Aan de onderkant van deze GiL-ramen is dan een gootje nodig met een waterafvoer naar buiten.

Bij GiL wordt soms overwogen om dit tussen twee nieuwe glasplaten te zetten. Dit is een vrij dure oplossing (euro $400/m^2$) en verandert het aanzien van buiten omdat het dan een vlakke weerschijn heeft. De isolatiewaarde van een dergelijke constructie blijft laag ($R_c = 0,45$), tenzij gespecificeerd wordt dat op de binnenzijde van de binnenste ruit een warmte reflecterende Low-E coating komt.

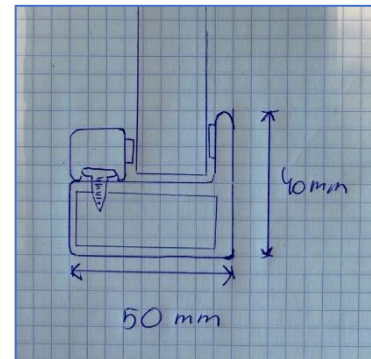
⁶ Tweedubbel glas heeft aan de zonzijde van de woning mogelijk beperkingen. Zie doc op www.nienhuys.info

Zonder specificatie van de klant zal de glazenier dat niet vanzelf doen of aanbieden. Met een Low-E coating kan de isolatiewaarde $R_c = 0,6$ worden.

Bij het plaatsen van HR⁺⁺ of Vacuümglas achterzetruiten bij monumentaal GiL dienen deze ruiten volledig dampdicht op de dampdichte muur aan te sluiten om dampdoorgang naar het buitenstaande GiL te verhinderen. Openzetbare isolerende achterzet binnenramen van HR⁺⁺ zijn dan een goede oplossing wanneer ze goed (dampdicht) afsluiten.

Figuur 7. Slanke stalen profielen kunnen met HR⁺⁺ en een klemstrook worden voorzien. Op deze manier kunnen binnenzijdige achterzetramen of kozijnen (met scharnierende ramen) worden geplaatst. Schets van Blecks stalen ramen.

Met deze methode is het mogelijk om bij monumenten met oude en slecht isolerende ramen een veel betere isolatie te krijgen. Of dat goedkoper is dan het plaatsen van vacuümglas is maar de vraag.



Monumenten en Tripleglas achterzetruiten.

Bij monumenten is het vaak verplicht om monumentenglas⁷ toe te passen, in ieder geval aan de straatzijde. Bovendien is het aanpassen of veranderen van het buitenaanzicht van de kozijnen vaak ook niet toegestaan. Bij rijksmonumenten zijn de eisen vaak hoger dan bij beschermd stadsgezicht.

Indien een monument reeds enkel monumentenglas heeft ($R_g 0,17$) is het weggooien van dat glas en vervangen door HR⁺⁺ of Tripleglas of Vacuümglas met monumentenglas (Fineo) aan de buitenzijde een dure aangelegenheid. Bij dikkere ruiten zal bij HR⁺⁺ of Tripleglas een aanpassing van het raamhout nodig zijn wat extra kosten zijn. Bovendien verwijzen veel glasbedrijven dan naar een timmerbedrijf om de aanpassingen te realiseren.



Figuur 8. Monument (pijl) met erg slecht isolerend monumentenglas ($R_g 0,2$). Rechts. IR foto van binnenuit.

⁷ Voor details over de verschillende soorten zie: 101-Soorten-Glas op www.nienhuys.info

In veel situaties bestaat dan de optie om het bestaande raam met monumentenglas te behouden en binnenzijdig een HR⁺⁺ of Tripleglas toe te passen. De timmerwerkzaamheden zijn binnen beperkt tot het goed ondersteunen van de extra ruiten en de afwerking van een passende glaslat. In veel situaties kan dit ook op DHZ-basis uitgevoerd worden.

Omdat dan de buitenzijde (aanzicht van de straat) niet veranderd is geen vergunning aanvraag noodzakelijk.

Bij deze optie is Tripleglas (nieuw Rg 2,2 en euro 300/m²) voordeliger dan HR⁺⁺ (nieuw Rg 1,1 en euro 250/m²) vanwege de dubbele isolatiewaarde, met slechts 20% hogere kosten.

Om de bestaande monumentenglas ruiten te vervangen met vacuümglas is ten minste twee keer zo duur als de Tripleglas optie en dus minder rendabel vanwege de hoge kosten (nieuw Rg 2,0 en euro 600/m²). Meestal mag/kan het vacuümglas niet door de bewoner zelf geplaatst worden⁸.

Wat levert de na-isolatie van de 2,5 m² voorzetruiten op?

Deze berekening is afhankelijk van de binnen- en buitentemperatuur en de energiekosten. Wanneer er met m³ gas wordt verwarmd dan is dat enigszins vergelijkbaar met een warmtepomp met een COP van 2,0 omdat de energetische waarde van de energie dan ongeveer gelijk is.

De berekening is gebaseerd op het aantal graaddagen dat weer gebaseerd is op de gemiddelde binnentemperatuur van 18°C en de buitentemperatuur. Die buitentemperatuur verschilt voor elk gebied in Nederland en wordt per jaar uitgerekend door de KNMI.

De **gemiddelde** binnentemperatuur⁹ wordt gesteld op 18°C. Elke hele gemiddelde graad lager levert veel energiewinst op van ≈ 12% bij een matig geïsoleerde gemiddelde woning (energielabel C). Bij twee graden Celsius lagere gemiddelde binnentemperatuur dan 18°C is de energiebesparing van een gemiddelde woning ongeveer 20%. Dit betekent een besparing van **twee maanden stookkosten op het jaartarief** (bij elke maand een vast bedrag).¹⁰

Op de website https://www.mindergas.nl/degree_days_calculation kan het aantal gemiddelde **gewogen graaddagen** berekend worden door de stookgrens en binnentemperatuur lager te stellen. Per één graad verschil in de gemiddelde temperatuur scheelt het ongeveer 12% graaddagen en daarmee dus ook 12% energie. Voor een onverwarmde slaapkamer¹¹ kan het gemiddelde verschil 3°C tot 4°C bedragen met 33% energieverval. De onderstaande tabel is een overzicht.

⁸ Dit zijn richtprijzen 2023. Voor vacuümglas opdracht minder dan 100 m² bestaat een peerprijs, terwijl 0,5 m² de minimale prijsmaat is voor kleinere ruiten. Schilderwerk wordt meestal niet door de glazenier gedaan.

⁹ Hoge thermostaatstand 20°C voor 6 of 12 uur en lage stand 16°C voor 12 of 18 uur maakt gemiddeld 18°C. Het verschil tussen de 6 of 12 uur is niet groot in energie besparing. Dat komt omdat de CV de ruimtes eerst allemaal moet warm stoken. Bij een modulerende thermostaat gaat dat vanzelf.

¹⁰ Bij een erg warmgestookte woning (22°C) levert het verlagen van de gemiddelde temperatuur (tussen dag en nacht) een nog hogere besparing op.

¹¹ Bij een gewoon houten plafond in de woonkamer zal de vloer van de slaapkamer behoorlijk verwarmen, waarbij de temperatuur in de slaapkamer zelden onder de 15°C uitkomt. Dat is ongeveer 4°C lager dan het plafond van de benedenetage. In feite heeft die slaapkamer dan 'vloerverwarming'. Het gaat hier dus om de werkelijke gemiddelde temperatuur.

Graaddagen/jaar bij gemiddelde kamertemperatuur		
Tussen hoog 21 Celsius en laag 19 Celsius	3182	Ziekenhuizen en soortgelijke ruimtes.
Tussen hoog 21 Celsius en laag 17 Celsius	2852	Bejaarden en verzorgingstehuizen
Tussen hoog 20 Celsius en laag 16 Celsius	2531	Kamertemperatuur aan de hoge kant.
Tussen hoog 19 Celsius en laag 15 Celsius	2231	Advies temperatuur gemiddeld 17 graden Celsius.
Tussen hoog 18 Celsius en laag 14 Celsius	1955	Lage temperatuur, bijvoorbeeld gang.
Tussen hoog 17 Celsius en laag 13 Celsius	1827	Bijvoorbeeld slaapkamers boven woonkamer.
Tussen hoog 16 Celsius en laag 12 Celsius	1465	Bijvoorbeeld onverwarmde zolder, tochtportaal.
Tussen hoog 15 Celsius en laag 11 Celsius	1239	Ook bij begane grond vloer en isolatie daarvan.
Tussen hoog 14 Celsius en laag 10 Celsius	1027	Overige onverwarmde ruimtes zoals inpandige garage.

https://www.mindergas.nl/degree_days_calculation

Voor de onderstaande berekening is het aantal graaddagen van 2600 genomen.
24 is het aantal uren per graaddag. Het getal 9780 is de omrekenfactor in energiewaarden van gas.

Bij een **enkel glas ruit met Rg 0,17** is het warmteverlies¹² $1/0,17 \times 24 \times 2600/9780 = 37,5 \text{ m}^3$ gas per m^2 glasoppervlakte en per stookjaar. **Vereenvoudigd $1/Rg \times 6,5 = \text{m}^3 \text{ gas}/\text{m}^2 \text{ per stookjaar}$.**

Bij een gezamenlijk ruitoppervlakte van 6 m^2 wordt het warmteverlies dan 225 m^3 gas of ongeveer € 337/jaar bij een gesubsidieerde gasprijs van slechts € $1,50/\text{m}^3$.

Wanneer de gasprijs niet gesubsidieerd is met **euro $3/\text{m}^3$** dan kost dat euro 664/jaar.

Bij het opwaarderen van die enkel glas ruiten naar HR⁺⁺ met $R_c = 0,85$.

Het warmteverlies is dan $1/0,85 \times 24 \times 2600/9780 = 7,5 \text{ m}^3$ gas per m^2 glasoppervlak per jaar. Het levert dus $37,5 - 7,5 = 30 \text{ m}^3$ gas per m^2 glasoppervlak per jaar op of € $45/\text{m}^2$ bij gasprijs € $1,50/\text{m}^3$.

De kostprijs van een m^2 ruitverbetering van enkel glas naar HR⁺⁺ (euro $150/\text{m}^2$) wordt gedeeld door die € $45/\text{m}^2$ om het aantal jaren uit te rekenen waarbinnen het is terugverdiend op de energierekening. In deze opstelling: $150 / 45 = 3,3$ jaar terugverdientijd.

Bij de energie kosten van euro $3/\text{m}^3$ wordt de terugverdientijd 1,7 jaar.

Wanneer de installatiekosten hoger zijn, wordt de terugverdientijd langer.

Wanneer de oude ruit beter isoleert dan enkel glas wordt de terugverdientijd veel langer.

Er moet dus rekening gehouden worden met de variabelen.

Berekening van de terugverdientijd bij de vervanging van glas.

Het is mogelijk om de terugverdientijd van een isolatiemaatregel te berekenen, maar deze berekening is afhankelijk van de installatiekosten, de energiekosten, de waardeverandering van de woning, en of de CO₂-uitstoot of de milieuschade al dan niet doorberekend wordt. Bij een goede toepassing van nieuwe isolatieruiten is het direct een waardevermeerdering van de woning.

De toepassing van Acrylaat voor- of achterzetruiten is niet echt een meerwaarde van de woning. Sinds 2022 wordt de isolatiewaarde of het energie label (het werkelijke label, geen gefraudeerd label) van de woningen meegenomen in de beoordeling van de woningwaarde.

¹² Het aantal gewogen graaddagen is gesteld op 2800, bij een gemiddelde binnen temperatuur van 18°C. De gemiddelde temperatuur is wat lager genomen waarom het aantal graaddagen 2600 is genomen.

Hoe kleiner de ruiten zijn, hoe hoger de kosten van de maatregel/m² zullen zijn. Wanneer de ruiten geplaatst worden door een glazeniersbedrijf dan zullen de kosten hoger uitvallen dan bij DHZ. Voor binnen geplaatste ruiten is het dan voordelig om het zelf te doen.

Het is echter niet alleen relevant om de terugverdientijd op de energierekening te berekenen want de verminderde CO₂ uitstoot is **als klimaatmaatregel ook erg relevant**.¹³ Bij een goede en duurzame isolatiemaatregel wordt meerwaarde van de woning gecreëerd, maar deze kan pas gekapitaliseerd worden bij de verkoop¹⁴.

Vereenvoudigd 1/Rg x 6,5 = m³ gas/m² per stookjaar. Bestaand gasverlies/jaar in m³ voor de verwarmde ruimten: 1/Rg x 6,5 m³. Vermenig vuldig dit met de gasprijs/m³.

Na de isolatiemaatregel wordt 1/Rg x 6,5 m³ minder. Het verschil is de jaarlijkse bezuiniging. Voor de minder verwarmde ruimtes op de etage (slaapvertrekken) is het 1/Rg x 6 m³.

Uit de berekeningen volgt dat de terugverdientijd op de energierekening bij verwarmde ruimtes:

Voor de berekeningen zijn de volgende waarden aangenomen (december 2022).

Glazenier (**HR⁺⁺ = euro 150/m² en triple glas euro 250/m²**) excl. timmer- of schilderwerk door glazenier. Economische terugverdientijd berekend met **euro 1,50/m³ gas**.

Van enkel glas (Rg = 0,17) naar enkel + voorzetraam (euro 100/m²) met frame (Rc 0,35) ≈ 3 jaar.

Van enkel glas (Rg = 0,17) naar enkel + voor + achterzet (euro 100/m²) met frame (Rc 0,5) ≈ 2,6 jaar.

Van enkel glas (of GiL Rg 0,17) vervangen naar HR⁺⁺ (Rg 0,9) ≈ 3 jaar.

Van enkel glas (GiL Rg 0,17) vervangen naar GiL tussen twee ruiten (euro 300/m², Rg 0,6) ≈ 7 jaar.

Van enkel glas (GiL) vervangen naar GiL tussen 2 ruiten+Low-E¹⁵ (euro 330/m², Rg 0,7) ≈ 8 jaar

Van enkel glas (Rg = 0,17) naar enkel glas + spouw +HR⁺⁺ (Rc 1,27) ≈ 3 jaar.

Van enkel glas (Rg = 0,17) naar gewoon Tripleglas (Rg 1,7) ≈ 5 jaar.

Van enkel glas (Rg = 0,17) naar goed Tripleglas (Rg 2,0) ≈ 4,7 jaar.

Van enkel + voorzetruit (Rg 0,35) naar HR⁺⁺ (Rc = 0,9) ≈ 7,8 jaar

Van enkel glas (Rg = 0,17) naar enkel glas + spouw + goed Tripleglas (euro 300/m² Rg 2,37) = 5,6 jaar

Van enkel+voorzetruit (Rg 0,35) naar enkel + voorzetruit + spouw +HR⁺⁺ (Rc = 1,27) ≈ 7,4 jaar.¹⁶

Van enkel+voorzetruit (Rg 0,35) naar enkel+voorzetruit+spouw+tripleglas (Rc = 2,25) ≈ 10,5 jaar.¹⁷

Van oud dubbel glas (< 1990 Rg 0,5) naar nieuw HR⁺⁺ (Rg 0,9) ≈ 17 jaar.

Van oud dubbel glas (< 1990 Rg 0,5) naar zeer goede kwaliteit HR⁺⁺ (Rg 1,1) ≈ 14 jaar.

Van oud dubbel glas (< 1990 Rg 0,5) naar gewoon triple glas (Rg 1,7) ≈ 15 jaar.

Van oud dubbel glas (< 1990 Rg 0,5) naar goed triple glas (Rg 2,0) ≈ 17 jaar.

Van oud dubbel glas (< 1990 Rg 0,5) naar oud dubbel+spouw+HR⁺⁺ (Rc 1,6) ≈ 11 jaar¹⁸.

¹³ 1000 m³ gas levert 1,8 ton CO₂ uitstoot op. Momenteel wordt de CO₂-uitstoot niet gecompenseerd.

¹⁴ Op basis van dit principe kan een bank een voordelige investeringslening geven.

¹⁵ Dit wordt in de fabriek gedaan, maar de ruiten zitten zonder argongas dicht op het GiL.

¹⁶ Bij DHZ bestellen en plaatsen zijn de kosten aanzienlijk lager en dus ook de terugverdientijden.

¹⁷ Bij bovenruiten en GiL zijn de afmetingen klein en dan vaak de kosten per m² hoger. Voor triple glas is er wel voldoende kozijndikte nodig. Het opdikken van het kozijn zit niet in de prijs of berekening.

¹⁸ De goedkopere oplossing met HR⁺⁺ scheelt dus ongeveer 10 jaar (of halvering) in de terugverdientijd maar is niet geschikt voor alle ramen. Zie document "Twee dubbel glas" op www.nienhuys.info

Van oud HR glas (< 1995 Rg 0,6) naar nieuw HR⁺⁺ (Rg 0,9) ≈ 28 jaar.¹⁹

Van oud HR glas (Rg 0,6) naar oud HR+spouw+nieuw HR⁺⁺ (Rg 1,7) ≈ 14 jaar.²⁰

Van oud HR glas (< 1995 Rg 0,6) naar zeer goede kwaliteit HR⁺⁺ (Rg 1,1) ≈ 20 jaar.

Van oud HR glas (< 1995 Rg 0,6) naar gewoon triple glas (Rg 1,7) ≈ 24 jaar.²¹

Van oud HR glas (< 1995 Rg 0,6) naar goed triple glas (Rg 2,0) ≈ 22 jaar.²²

Van HR⁺ glas (> 1995 Rg 0,7) naar HR⁺+spouw+nieuw HR⁺⁺ (Rg 1,8) ≈ 17,5 jaar.

Van HR⁺ glas (> 1995 Rg 0,7) naar gewoon triple glas (Rg 1,7) ≈ 30 jaar.

Van HR⁺ glas (> 1995 Rg 0,7) naar goed triple glas (Rg 2,0) ≈ 28 jaar.

Van HR⁺⁺ glas (> 2010 Rg 0,83) naar HR⁺⁺+spouw+nieuw HR⁺⁺ (Rg 1,93) ≈ 22 jaar.

Van HR⁺⁺ glas (> 2010 Rg 0,83) naar gewoon Tripleglas (Rg 1,7) ≈ 42 jaar.

Van HR⁺⁺ glas (> 2010 Rg 0,83) naar goed Tripleglas (Rg 2,0) ≈ 37 jaar.²³

Van HR⁺⁺ naar Vacuumglas van euro 600/m² (Rg 2,0) ≈ 72 jaar.

De economische terugverdientijden in de bovenstaande lijst halveren dus wanneer de gasprijs verdubbeld. Hogere glaskosten in 2023 gaan gepaard met hogere kosten van het gas/m³ waardoor de terugverdientijden veranderen. Het blijft echter meer dan duidelijk dat het bijplaatsen van HR⁺⁺ of Tripleglas achterzetruiten tot de meest rendabele oplossingen behoren. Bij Tripleglas is dan ook de totale CO₂-uitstoot aanzienlijk minder. Wanneer de CO₂-uitstoot in de toekomst steeds meer wordt doorberekend wordt dat een belangrijke factor in de gas en materiaal kostprijs.

Bij een woning die met een warmtepomp wordt verwarmd die een hogere COP heeft dan 2, wordt de terugverdientijd evenredig verlengd met een hogere COP. Dit zal echter veranderen wanneer de elektriciteitsstarieven veranderen.

In de bovenstaande lijst zijn slechts de glas kosten berekend, niet het aanvullende timmerbedrijf kosten. Wanneer er terrasdeuren aangepast moeten worden dan kunnen de timmerkosten doorslaggevend zijn voor de beslissing. Zie ook document "Terrasdeuren verbeteren" op www.nienhuys.info Vaak is het dan het vervangen van het hele kozijn door een thermisch geïsoleerd kozijn met Tripleglas deuren de meest economische optie.

¹⁹ Hoe hoger de isolatiewaarde van de oude ruit is, hoe kleiner de toegevoegde isolatie is. Deze berekening laat zien dat het economisch minder rendabel is, maar wel energie bespaart. Bij het lek raken van een oude ruit is het wel belangrijk om deze te vervangen door een zeer goede kwaliteit ruit en niet met gewoon HR⁺.

²⁰ Dit laat zien dat het bijplaatsen van een HR⁺⁺ ruit (wanneer mogelijk) 2X zo rendabel is dan het vervangen.

²¹ Hetzelfde economische rendement als de voorgaande, maar minder CO₂ uitstoot en hogere woningwaarde.

²² Dit is uitgezonderd de eventuele timmer werkzaamheden aan de ramen of kozijnen (kostenverhogend).

²³ Het is dus belangrijk dat de isolatiewaarde van het glas wordt opgegeven. Deze veranderingen zijn dus vooral relevant wanneer er sprake is van verbouwingen waar ook het raam/deur/kozijn verandert gaat worden.