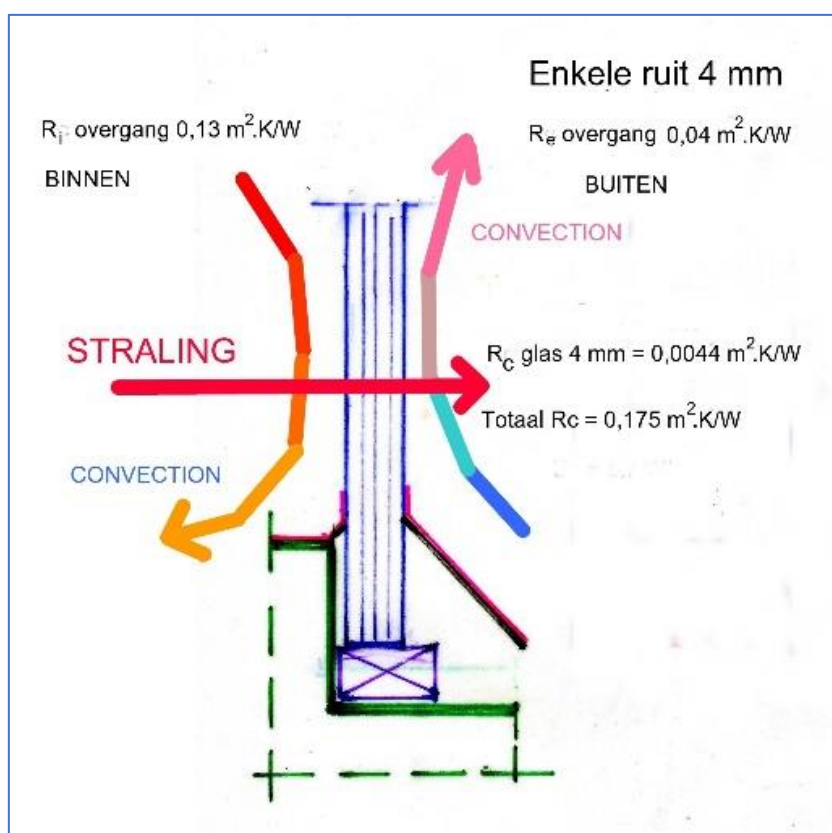


Terugverdientijden vergelijken van nieuwe en extra ruiten en overzichtstabel

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



Abstract: Een overzicht van de isolatie-verbeteringsopties van nieuwe, voorzet- en achterzetruiten en het percentage aan isolatieverbetering. Hoe hoger het percentage, hoe beter het energierendement. Opties wanneer men goede kwaliteit kozijnen of isolatieglas niet wil vervangen. De laatste pagina's geven de voorbeeldberekeningen van de energiebesparing en een samenvatting in een tabel van de verschillende terugverdientijden bij een verandering van de ruiten.



Inhoud

1. Nieuwe en Achterzetruiten isolatiewaarden vergelijken	3
2. Van lage isolatiewaarde naar een hogere	4
3. Glas-in Lood tussen glasplaten	10
4. Monumenten en HR ⁺⁺ achterzetramen	10
6. Berekening met het aantal graaddagen van 2600 bij gemiddeld 18°C.	13
8. Terugverdiertijd bij 2231 graaddagen, gemiddeld 18° en vervanging van glas	14
9. Van enkel glas + voor/achterzet naar beter	15
10. Van oud dubbel glas (van voor 1990) naar beter	15
11. Van oud HR glas naar beter	16
14. Aantal jaren terugverdiertijd bij glasprijzen en euro 2/m ³ gas bij gas-CV. Alle waarden zijn naar boven afgerond tot hele jaren.	18
15. Samenvatting van de belangrijkste punten	19

1. Nieuwe en Achterzetruiten isolatiewaarden vergelijken

Bij het maken van een keuze voor een betere woningisolatie is het belangrijk te weten dat de niet-geïsoleerde spouwmuur of steensmuur met een van R_c 0,5 het meeste warmte verliezen. Dat is vanwege de lage isolatie en het grote oppervlak. Daarna zijn het de ruiten, ramen en deuren de **meeste warmte verliezen** per m^2 oppervlakte. Vooral bij tussenwoningen is dat een groot percentage van het hele warmteverlies. Ook voor nieuwbouwwoningen die slechts voldoen aan de minimale nieuwbouweisen blijven de **ramen de grootste energie verliespost** per m^2 oppervlakte vanwege hun relatief lage isolatiewaarde¹.

Figuur 1.

Minimum nieuwbouwnormen 2021 met R_c waarden (isolatiewaarden).

Begane grond vloer. $R_c = 3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

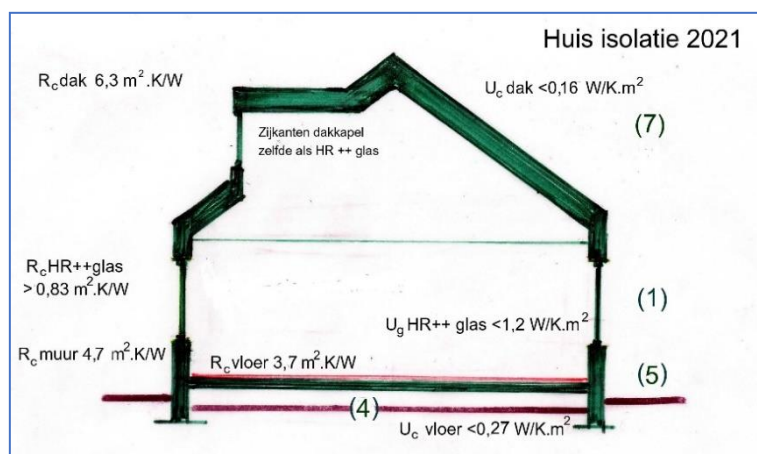
Buitenmuren $R_c = 4,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Dakconstructie $R_c = 6,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Isolatieglas $U \leq 1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ of R_g **0,83 $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$**

Ramen, deuren, panelen, dakkapel/-glas, kozijnen R_c groter dan **0,83 $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$** . (U_g = kleiner dan $1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

Voor glas wordt door de handel de U -waarde gebruikt. $R_{\text{constructie}} = R_c = R_g = R_{\text{glas}} = 1/U$



Het vervangen van oude (van vóór 1995) slecht isolerende dubbelglas ruiten voor nieuwe HR⁺⁺ of beter zoals met Tripleglas of Vacuümglas is relevant wanneer er **een flinke sprong in de isolatiewaarde** wordt gemaakt. Als dat niet zo is dan wordt de terugverdientijd op de energierekening erg lang en zal het economisch rendement dus laag zijn.

De terugverdientijd (TVT) op een isolatiemaatregel is de tijd die nodig is om de investering op de energierekening terug te verdienen. Deze terugverdientijden zijn gebaseerd op een Gas-Cv (COP 1) en de gasprijs. Bij een warmtepomp (COP 4) en de elektriciteitsprijs zal de terugverdientijd langer worden omdat deze zuiniger is, maar bij een warmtepomp zijn de energiekosten lager. Een goede isolatiemaatregel is bijna altijd ook in haar geheel terugverdiend bij de verkoop van de woning, maar dat kan enige tijd duren. Een goede isolatiemaatregel levert ook meer comfort en vermindert de CO₂-uitsoot. Het is dus als klimaat- en comfortmaatregel voordelig.

Bij het vervangen van oude HR (voor 1995) met een isolatiewaarde van $R_g = 0,6$ door een gewone of minimumnorm HR⁺⁺ ruit ($R_g \geq 0,83$) levert een isolatieverbetering op van $R_c = 0,23$ of **38%**. Bij het vervangen van oude HR⁺ (sinds 2000) met een isolatiewaarde van $R_g = 0,7$ door een gewone of minimumnorm HR⁺⁺ ruit ($R_g \geq 0,83$) levert een isolatieverbetering op van $R_c = 0,13$ of **18%**.

Het is mogelijk om oude isolatieruiten te vervangen door een betere soort HR⁺⁺ ($R_g = 0,9$ of zelfs $R_g = 1,0$), maar dan nog zal de isolatiewinst in percentages onder de 100% blijven.² Energetisch is het vaak de beste oplossing om Tripleglas of Vacuümglas te plaatsen met een $R_g = 2,0$.

Opgelet, zonder specificatie van glas en spacer door de woningeigenaar installeert de glashandel vaak R_g 1,7.

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 binnenhuislucht wordt dan in de winter erg droog.

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

Wanneer de bestaande (isolatie) ruiten en de kozijnen van goede kwaliteit zijn is het mogelijk om er voor (buiten) of er achter (binnen) ruiten bij te plaatsen, hetgeen meestal een veel economischer oplossing is dan vervanging waarbij de oudere maar goede ruiten worden weggegooid.³

2. Van lage isolatiewaarde naar een hogere

De glashandel geeft de U-waarde van het glas aan. Dit is de warmte doorgangswaarde in Watt/m².Kelvin. De isolatiewaarde R_c is het omgekeerde: $R_{constructie} = 1/U$ in m².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 (met spouw) of R_g -waarde voor alleen het glas.

Enkel glas heeft ongeveer dezelfde isolatiewaarde als Glas-in-Lood (GiL). Deze isolatiewaarde bestaat hoofdzakelijk uit de twee overgangswaarden (s) tussen glas en de lucht. Exterieur $R_{se} \approx 0,04$ m².K/W en interieur $R_{si} = 0,13$ m².K/W. Samen dus R_s 0,17 m².K/W. Dit zijn jaargemiddelden voor 3 mm glas of Acrylplaat. Wanneer het niet waait dan is de buiten overgangswaarden R_{se} beter of hoger⁴. Enkel glas binnen toegepast heeft een isolatiewaarde van bijna $R_c = 0,3$ aan beide zijden.

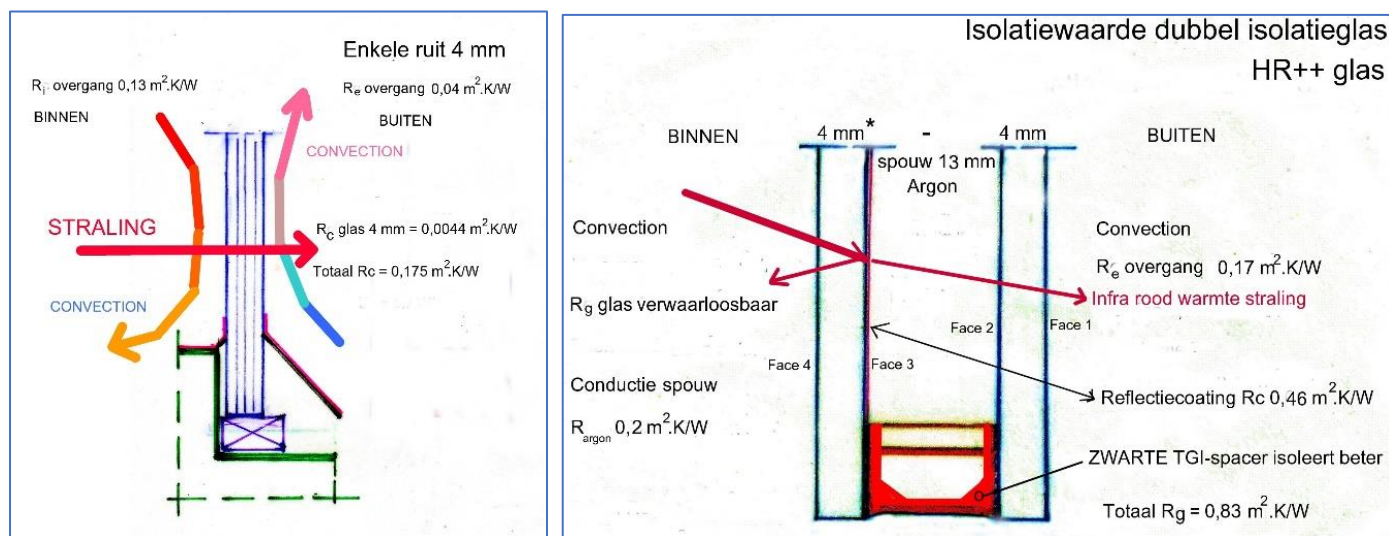
Glas zelf geeft nauwelijks thermische isolatie: 3 mm glas $R_g = 1,2 \times 0,003 = 0,0036$ m².K/W.

Voor een enkel glas buitenruit wordt daarom gerekend met $R_g = 0,175$ (U-waarde 5,7 W/m².K)

Acrylplaat/Polycarbonaat is 3X zo isolerend. Een 2 mm Acrylplaat met $R_g = 5 \times 0,002 = 0,01$ m².K/W.

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

Het isolerende effect van Acrylaat of raam/kozijn-folie ten opzichte van enkel glas is ongeveer gelijk.



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

³ Zie onder andere de documenten "Tweedubbel glas" en "101-Soorten-Glas" op www.nienhuys.info

⁴ Wanneer het niet waait is de buitenzijdige overgangswaarde ongeveer $R_{se} = 0,11$ maar als het hard waait kan dat dalen tot $R_{se} = 0,01$. Isolatierruiten zoals HR en HR++ zijn langs hun vier randen (met aluminium afstand houders of spacers, $R_c \approx 0,3$) veel minder isolerend dan het middenveld. Bij een HR++ ruit loopt de isolatiewaarde in de 6 cm van de rand terug van R_g 0,85 tot R_g 0,3. Kleinere ruiten dan ≈ 1 m², hebben hierdoor gemiddeld een lagere R_c -waarde dan de opgegeven waarde. Nog kleinere isolatierruiten hebben daardoor een sterk verminderde isolatiewaarde hebben door de aluminium afstandshouders, tenzij er isolerende, **zwarte** of 'warm edge' TGI-spacers worden toegepast.

Isolatieglas HR⁺⁺ heeft een Low-E coating op face 3. Een groot gedeelte van de warmtestraling naar buiten wordt hierdoor geblokkeerd en de ruit is daardoor meer isolerend. Bovendien is de vulling Argongas dat beter isoleert als lucht. Krypton gasvulling isoleert beter dan Argon, maar alleen bij een spouw van minder dan 1 cm. Tripleglas heeft op face 5 nog een Low-e coating. Samen met de 18 mm spouwen isoleert het tweemaal zo goed als HR⁺⁺.

De informatie in dit document betreft slechts de ruiten. De spacer en het raam- en deurhout en van kozijnen zijn meestal ook slecht isolerend. Dit haalt het gemiddelde van de isolatiewaarde naar beneden. Vooral bij kleine ruiten is de invloed van de spacers en het raam en kozijnhout van belang.

Bij een **tochtportaal** wordt de isolatiewaarde van de enkele binnenruit tweemaal de binnen-overgangswaarde of $R_c = 0,284 \text{ m}^2\text{.K/W}$ (afgerond ongeveer $R_c = 0,3$) samen $R_g 0,6$. Een tochtdeur met enkel glas isoleert dus evenveel als een on-geïsoleerde spouwmuur. De door de deur gecreëerde luchtkamer (tochtportaal) levert $R_c \approx 0,2 \text{ m}^2\text{.K/W}$. Een enkel glas buitendeur $R_g \approx 0,2$ met tochtportaal (spouw $R_c \approx 0,2$) met en enkel glas binnendeur $R_c \approx 0,6$ levert dan een totale isolatiewaarde op van **$R_c \approx 1,0$** . Een thermische glasfolie (e.g. 3MTM of ThinsulateTM)⁵ aan de warme kant van de tochtdeur levert extra $R_f = 0,1$ op.

Een goedkopere manier om de tochtdeur beter te isoleren is een Thermocover (kwetsbaar) op het deurhout wat langs de ruit een dunne luchtlag vormt. Twee luchtlagen leveren een $R_c 0,2$. Nieuw totaal wordt dan **$R_c 1,2$** . Bij een nieuwe HR⁺⁺ ruiten in de buitendeur en de tochtdeur wordt er een aanzienlijke verbetering gecreëerd. Buitendeur $R_g 0,85$ + tochtportaal $R_c 0,2$ + Binnendeur $R_g 0,95$ = **$R_c 2,0$** . Dit is voor de glasoppervlaktes.

De optimale luchtspouw tussen twee ruiten moet ongeveer 18 mm tot 20 mm.⁶ Wanneer deze luchtspouw kleiner of veel groter wordt daalt deze waarde iets. De verschillende R_c isolatiewaarden van ruiten en spouwen kunnen bij elkaar opgeteld.

- A. **Isolerende glasfolie** op de binnenkant van **enkel glas** buitenruit **geplakt** (op face 2, niet op GiL) heeft een goed 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 $\approx +63\%$**).⁷ $R_f = R_{\text{folie}}$
Bij de toepassing van deze glasfolie op oud dubbelglas $R_g = 0,5$ wordt de nieuwe isolatiewaarde $R_c = 0,6$ (**verbetering + 20%**).
Bij de toepassing van deze thermische glasfolie op jaren 1995 HR⁺ $R_g = 0,7$ wordt de nieuwe isolatiewaarde $R_c = 0,8$ (**verbetering + 14%**).
Bij de toepassing van deze thermische glasfolie op na 2015 HR⁺⁺ $R_g = 0,9$ wordt de nieuwe isolatiewaarde $R_c = 1,0$ (**verbetering + 11%**).
Het toepassen van de vrij dure glasfolie op Tripleglas is niet zinvol.

In deze berekening is te zien dat de isolerende glasfolies (geplakt) vooral een effect hebben op enkel glas ruiten, maar het % extra isolerend effect bij isolatieruiten is minder. Omdat de Low-E folies en het aanbrengen kostbaar is (vakwerk), is het **economisch rendement bij isolatieruiten erg laag**.

⁵ Deze wordt op het glas geplakt. De toegevoegde isolatie voor de enkele ruit is ongeveer 30%.

⁶ HR⁺⁺ glas of Tripleglas voor draaiende delen wordt vaak geleverd met maximaal 16 mm spouw. Bij Tripleglas wordt de isolatiewaarde dan $R_g 1,7$, terwijl bij twee spouwen van 18 mm de isolatiewaarde $R_g 2,0$ wordt, voor bijna dezelfde kostprijs.

⁷ <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 flink stijgen.

De toepassing van **isolerende raam- of kozijnfolie** (Thermocover) met een 2 cm luchtsouw is zeer rendabel vanwege de lage materiaalkosten. Hetzelfde geldt voor dun plastic, maar dat is niet zo goed doorzichtig als de kozijnfolie.

Figuur 3. Het aanbrengen van isolerende raam- of kozijnfolie (Thermocover) 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 plakband⁸. 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 **één enkele vriesmaand terugverdiend** op de energierekening.*



- B. Isolerende raam-/kozijnfolie op het raamhout (of kunststof) binnen en enkel glas. Dit geeft een luchtsouw. Nieuwe isolatie is dan $R_g 0,17 + R_s 0,2 = R_c 0,37 \text{ m}^2.\text{K/W}$ (+110%). Het raam kan dan gewoon geopend voor ruime ventilatie.
- 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. Dus bij een ventilatierooster op het glas moet eronder eerst een latje geplaatst worden.



Figuren 4. Eenmaal op het raamhout geplakt is het nauwelijks te zien. Een nadeel van het dunne raamfolie is dat het kwetsbaar is. Wanneer het ook op het kozijn geplakt kan het raam niet geopend worden voor ventilatie. Het is de meeste economische oplossing. Ook voor matig verwarmde ruimtes (slaapkamer) zijn de kosten binnen een enkele wintermaand terugverdiend.

Het isolerende effect van Thermocover ($\text{€ } 3/\text{m}^2$), acrylplaten ($\text{€ } 30/\text{m}^2$) of 3 mm glazen ruiten ($\text{€ } 60/\text{m}^2$) is hetzelfde. De kosten zijn verschillend. De kosten van frames voor ruiten komen daarbij.

⁸ Tip voor het Thermocover plakband gebruik. Plak de tape op het raam/kozijn. 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.

Bij prefab Belned of Grona voorzetramen zijn de frames van aluminium en kunnen geschroefd of gescharnierd zijn. Deze kunnen in de kleur van het raamhout of kozijn geleverd of geschilderd worden. Het voordeel van scharnierende achterzetramen is dat men eventueel tussen de ruiten schoon kan maken, maar daar wordt het ook niet vervuild.

Het **percentage** verbetering is aangegeven en is de **bezuiniging aan warmte-energie over dat oppervlakte**. Hier gaat het over de extra enkel glasruit aanvullend op de bestaande situatie.

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

- J. Achterzetruit op het raamwerk met dun Tripleglas (spouw < 16 mm) levert $R_g 1,7 + R_c 0,20 \approx \mathbf{Rc 1,9 (+12\%)}$
- K. Achterzetruit op het raamwerk met dik Tripleglas (spouw 18 mm) levert $R_g 2,0 + R_c 0,20 \approx \mathbf{Rc 2,2 (+10\%)}$
- L. Achterzetruit op het raam met dun Vacuümglas levert $R_g 2,0 + R_c 0,20 \approx \mathbf{Rc 2,2 (+10\%)}$

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 meeste glazeniers zullen zonder verder informatie van de woningeigenaar slechts HR⁺⁺ aanbieden dat de minimum nieuwbouwnorm is. Dat komt omdat het economisch geprijsd is.

Een iets goedkopere voorzet-/achterzetruit (dan 3 mm glas) is om **1,5mm tot 2mm Acrylaatplaten⁹** toe te passen. Deze zijn weerbestendig en blijven meer dan 30 jaar glashelder (met zachte spons en zeep schoonmaken; niet schuren met zand!). Dit is goedkoper dan glas via de glashandel en ook via de glashandel of webshop te bestellen. Nog goedkoper is om het zelf te bestellen of uit de bouwmarkt zelf op maat maken (€ 30/m²). De bouwmarkt zaagt het niet op maat.

Acrylplaat (kan barsten) weegt de helft van het glas, waardoor de scharnieren van ramen of deuren niet extra zwaar belast worden. In de meeste situaties zijn bij verwarmde ruimtes (woonkamers) de kosten in een paar jaar terugverdiend, een beetje afhankelijk van het systeem en of de montage zelf wordt gedaan.

Bij deuren (altijd) en grote ruiten kan het onbreekbare Polycarbonaat beter aangeschaft. Dit kost Euro 40/m². En kan in vorm gezaagd worden en men kan er gaatjes in boren zonder dat het barst. Bij zeer grote ruiten is het ook aanbevolen (en een dikkere maat), vooral wanneer deze bij een webshop besteld worden. Dit voorkomt schade bij het transport.

⁹ 2mm komt uit de bouwmarkt. Dit moet dan zelf op maat gesneden worden. In de plastichandel is ook 1,5 mm Acrylaatplaat op maat te bestellen. Voor grote ramen zijn bij de plastichandel ook grote maten en dikker Acryl te bestellen. De platen worden precies op maat aangeleverd. Dit voorkomt dat u zelf moet gaan snijden (en fouten maakt met het snijden). U moet dan wel de maten goed opgeven. Wanneer er gaatjes in de plaat geboord moeten worden of de plaat moet op tochtdeuren geplaatst worden dan is de veel minder breekbare Polycarbonaatplaat nodig. Beide soorten kunststofplaten zijn weervast en kunnen ook buiten aangebracht worden.

In een aparte paragraaf op het einde van dit document zijn de economische terugverdientijden berekend en samengevat in een tabel, maar deze zijn afhankelijk van de energiekosten (hier aangenomen als **euro 2 /m³ gas**)¹⁰ en de installatiekosten van de ruiten. Bij DHZ zijn deze kosten aanzienlijk lager. 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 isolatieglas. Geen meerwaarde woning. Aan de binnenkant zijn grote Polycarbonaatplaten gezet; deze werden direct bij de kunststofhandel op maat besteld. Aan de buitenreflectie van de ramen van het andere gebouw is een lichte vertekening te zien. Rechts. Boerderij uit 1800. Buitenzijdige voorzetruiten van Acrylaat (Belned), al 30 jaar glashelder.

Het is mogelijk om een **extra** voorzetruit buiten of een achterzetruit binnen 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 raam met HR⁺⁺ ruit of de hele ruit vervangen door Tripleglas of Vacuümglas.

M. Enkel glas met 2x voor/achterzetruiten 20 mm spouw $R_g 0,17 + 2 \cdot (R_c 0,2) \approx R_c \mathbf{0,47 (+235\%)}$

N. Twee voor/achterzetramen op dubbel glas $R_g 0,37 + 2 \cdot (R_c 0,20) = R_c \mathbf{0,77}$ of HR⁺ **(+108%)**

Het is belangrijk om steeds voor de hoogste isolatiewaarde te gaan voor de meest verwarmde ruimtes (woonkamer). Dit betaalt zich terug in de lagere energiekosten.

Het plaatsen van het **relatief goedkope HR⁺⁺ glas (standaard minimum bouwnorm)** als openzetbaar¹¹ achterzetraam levert het beste energierendement op. 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 aanwezig¹².

¹⁰ Het is zeer waarschijnlijk dat de energiekosten van het gas in de loop van de jaren verder omhooggaan.

¹¹ Het achterzetraam met HR⁺⁺ glas moet openzetbaar zijn om eventuele schimmelvorming te verwijderen. Dit kan ontstaan wanneer het raamwerk niet volledig (hermetisch) afsluit. Door drukverschillen kan er warme vochtige lucht tussenkomen wat dan kan condenseren.

¹² Een hogere isolatiewaarde moet door de klant gespecificeerd worden anders wordt er gewoon HR⁺⁺ geleverd met een isolatiewaarde R_g groter dan 0,83 en kleiner dan 0,9. Bovendien geldt de opgegeven isolatiewaarde slechts voor ruiten groter dan 1m² omdat het randeffect van de minder isolerende aluminium spacer bij kleinere ruiten steeds meer invloed krijgt. Het is daarom aanbevolen om steeds een TGi of **zwarte** 'warm-edge' spacer te bestellen. Zonder specificatie wordt de aluminium afstandhouder geleverd.

- O. HR⁺⁺ achterzetraam aan de binnenkant van een raam van enkel glas of GiL $R_g 0,17 + 0,2 + R_c 0,9 = R_c 1,27$ (+647%). Het raamwerk moet openzetbaar zijn voor de schoonmaak.
- P. HR⁺⁺ achterzetraam op het kozijn met (< 1985) isolatieglas geeft $R_g 0,4 + 0,2 + R_c 0,9 = R_c 1,5$ (+275%).
- Q. HR⁺⁺ achterzetraam op een raam met HR glas levert $R_g 0,55 + R_c 0,2 + R_c 0,9 = R_c = 1,65$ (+200%)
- R. HR⁺⁺ achterzetraam op een raam met HR⁺ glas levert $R_g 0,75 + R_c 0,2 + R_c 0,90 = R_c = 1,85$ (+147%)
- S. HR⁺⁺ achterzetraam op een raam HR⁺⁺ glas levert $R_g 0,85 + R_c 0,2 + R_c 0,90 = R_c = 1,95$ (+129%)

Dit zijn opties van **tweedubbel glas¹³** en zijn vergelijkbaar met isolatie van een Tripleglas ruit (dit loopt van $R_g 1,7$ tot $R_g 2,0$), maar aanzienlijk goedkoper dan Tripleglas vanwege de hoge kosten van het Tripleglas (euro > 300/m²). Ook vanwege de kosten die soms nodi zijn om het kozijn op te dikken zodat de sponning dieper wordt voor Tripleglas.

*Figuur 6. Foto van Tripleglas $R_g = 2,0$
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.*

Hoewel deze kozijnen thermisch onderbroken zijn en het Tripleglas 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 deze Triple glasruit ($R_g 2,0$) naar de warm edge spacer terugloopt. Dit is nog meer het geval met gewone aluminium afstandshouders.



Het plaatsen van Tripleglas achter een bestaande (HR⁺ of HR) ruit is niet aanbevolen vanwege de complexiteit en dikte van de constructie. In dit geval is het beter om de oude ruit te vervangen voor een goede kwaliteit Tripleglas of Vacuümglas. Het plaatsen van HR⁺⁺ glas achter een antiek raam in een monument is wel een goede optie.

- T. Triple of Vacuümglas (8,3 mm) in combinatie met enkel monumentenglas of GiL.
Nieuw is $R_g 0,17 + R_c 0,2 + R_c 2,0 = R_c 2,37$ (+1294%). Dit is een goede optie bij monumenten waar het aanzicht van het gebouw van buiten niet mag veranderen en dus het GiL niet vervangen of afgedekt mag worden.

Figuur 7. Bij deze Tripleglas ruit aan de binnenkant bleef het GiL aan de buitenkant. Hier ontstond condens aan de binnenzijde van het GiL vanwege lekkage door een te klein overstek boven het glas. Door aan de uiteinden van het GiL een driehoekje glas weg te halen ontstond er voldoende ventilatie met buitenlucht zodat het condens verdween.



¹³ Tweedubbel glas heeft aan de zonzijde van de woning mogelijk beperkingen. Zie documentje op www.nienhuys.info

Sommige monumenten afdelingen van gemeentes staan toe dat GiL tussen twee ruiten wordt gezet, maar dat geeft een ander aanzicht van buiten. Het aan de buitenkant plaatsen van een voorzetruit of beschermt wel het GiL en het kan dan door het glazenwassersbedrijf onderhouden worden.

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

3. Glas-in Lood tussen glasplaten

Bij GiL wordt vaak overwogen om dit tussen twee nieuwe glasplaten te zetten. Dit is een vrij dure oplossing (meer dan € 400/m²) en verandert het aanzien van buiten omdat het dan een vlakke weerschijs heeft. In sommige situaties is dat bij oude monumenten niet toegestaan¹⁴. De isolatiewaarde van een dergelijke constructie blijft laag ($R_c = 0,5$), tenzij gespecificeerd wordt dat op de binnenzijde van de binnenste ruit een warmte reflecterende Low-E coating komt (dan $R_g \approx 0,7$). Om het GiL tussen glas in de oude sponning te passen, wordt de afstand tussen de 3 ruiten erg klein gehouden. Bij GiL kan geen Argongas gebruikt worden omdat dit het lood aantast.

Zonder specificatie van de klant zal de glazenier de Low-E coating niet vanzelf doen of aanbieden¹⁵. Met een Low-E coating kan de isolatiewaarde R_c 0,7 worden. Bij kleine ruiten (kleiner dan 1 m²) $R_g \approx 0,5$.



Figuren 7. Links. GiL zonder buitenruit. De loodrandjes zijn duidelijk te zien, de reflectie verspringt.

Tweede van links. GiL tussen nieuwe ruiten. Zonder reflectie ziet het eruit als een klassieke GiL ruit.

Derde van links. Zelfde ruit als de tweede, maar met reflectie vanwege de hoek waaronder de ruit wordt bekeken. Het buitenaanzicht is hierdoor sterk veranderd en ziet het er niet meer uit als GiL.

Rechts. GiL met vacuümglas voorzetraam buiten (Beng glas, samen $R_g = 2,2$). Zeer hoge isolatiewaarde vergeleken met ander glas, maar ook een vlak aanzicht door de weerspiegeling.

4. Monumenten en HR⁺⁺ achterzetramen

Bij monumenten is het bij vervanging vaak verplicht om monumentenglas¹⁶ toe te passen, in ieder geval aan de straatzijde. Het aanpassen of veranderen van het buitenaanzicht van de kozijnen vaak niet toegestaan.

¹⁴ De regels van monumentenzorg kunnen per bouwtype verschillen. Wanneer het GiL niet tussen ruiten gezet mag worden of een buiten voorzetruit mag hebben (bescherming) dan is alleen aan de binnenzijde een HR⁺⁺ ruit, Tripleglas of Vacuümglas een duurzame en goed isolerende oplossing.

¹⁵ Dit verhoogt namelijk weer de kosten van de constructie. De lange terugverdientijd wordt wel veel korter.

¹⁶ Voor details over de verschillende soorten zie: 101-Soorten-Glas op www.nienhuys.info

Als een monument enkel oud glas heeft (Rg 0,17) is het weggooien van dat glas niet erg duurzaam. Het vervangen door HR⁺⁺ of Tripleglas of Vacuümglas met monumentenglas (Fineo, Beng) aan de buitenzijde is een dure aangelegenheid. Bij HR⁺⁺ of Tripleglas (dikkere ruiten) kan een aanpassing van het raamhout nodig zijn (verdikking)¹⁷ en dus extra kosten. Glasbedrijven verwijzen naar een timmerbedrijf om de aanpassingen te realiseren.



Figuren 8. Monument (pijl) met erg slecht isolerend monumentenglas (Rg 0,2). Rechts. IR foto van binnenuit.

Er bestaat de optie om het bestaande raam met monumentenglas te behouden en binnenzijde een openzetbaar raamwerk met HR⁺⁺ of Tripleglas of Vacuümglas 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 worden¹⁸. Omdat dan de buitenzijde (aanzicht van de straat) niet veranderd, is geen vergunning noodzakelijk.

Figuren 9. Twee voorbeelden van monumenten met complete achterzet ramen met HR⁺⁺ glas. De ruime tussen de ramen is ruim gehouden, wat geen probleem is vanwege de dikkeren muren. Tussen de ramen kan makkelijk schoongehouden worden. Het plaatsen van Vacuümglas wordt vaak slechts door het glasbedrijf gedaan.



¹⁷ Kozijnen kunnen het best dikker gemaakt worden door er buiten-op een lat te verlijmen zodat er een diepere sponning gecreëerd wordt. Het uitzetten is lastig en duur en verzwakt het kozijn.

¹⁸ Het is mogelijk dat Vacuümglas niet DHZ geplaatst mag worden voor de garantie.

Figuren 10. Dubbele ramen in monument. Deze kunnen afzonderlijk opengezet en hebben meestal een brede luchtspouw.

Links. Bij schuin aanzicht zijn de dubbele spijlen zichtbaar.

Rechts. Bij het wit schilderen zijn de binnen ramen goed zichtbaar.

Door de extra binnenramen met HR⁺⁺ uit te voeren wordt een veel betere isolatie verkregen.



5. Wat levert de na-isolatie van elke 1 m² voorzet- of achterzetruiten op?

Deze berekeningen zijn afhankelijk van de binnen- en buitentemperatuur en de energiekosten.

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

De gemiddelde binnentemperatuur wordt hier gesteld op 18°C (tussen de 15°C en 19°C). Elke hele gemiddelde graad lager levert veel energiewinst op van ongeveer 10% tot 12% bij een matig geïsoleerde gemiddelde woning (energielabel C). Dit betekent een bezuiniging van bijna een **maand stookkosten op het jaartarief** (bij elke maand een vast bedrag).¹⁹ Bij hogere binnentemperaturen lopen de kosten met ongeveer 12% op per graad warmer.

Bij een warmtepomp is het percentage energiebesparing hetzelfde, maar het netto kostenverschil voor de ruimteverwarming kleiner, omdat de verwarmingskosten met een warmtepomp lager zijn dan bij een Gas-Cv. Bij een hybride warmtepomp zit het er tussenin. Bij een warmtepomp is het advies vaak dat er geen groot verschil zit tussen de dag- en nachttemperatuur omdat die warmtepomp dan extra aan en afslaat. Het kostenaspect is ook afhankelijk van de tijden en de lage stroomtarieven waarop de warmtepomp draait.

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. Voor een onverwarmde slaapkamer²⁰ kan het gemiddelde verschil 3°C tot 4°C minder bedragen dan de benedenetage en daardoor 30% minder in de stookkosten voor die etage.

¹⁹ Bij een erg warmgestookte woning (gemiddeld 21°C, tussen 22° en 20°) levert het verlagen van de gemiddelde temperatuur een nóg hogere bezuiniging op.

²⁰ 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° - 16°C uitkomt. Dat is ongeveer 1-2°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 gemiddeld 18°C = hoge kant.
Tussen hoog 19 Celsius en laag 15 Celsius	2231	Advies temperatuur gemiddeld 17° = redelijk.
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

6. Berekening met het aantal graaddagen van 2600 bij gemiddeld 18°C.

Opgelet²¹. 24 is het aantal uren per graaddag. Het getal 9780 is de omrekenfactor in energiewaarden van gas. Het berekende glas oppervlak is 1 m². De U-waarde is 1/Rg-waarde.

Bij een **enkel glas ruit met Rg 0,17** is het warmteverlies²² $1/0,17 \times 24 \times 2600/9780 = 37,5$ m³ gas per m² oppervlakte en per stookjaar. **Vereenvoudigd 1/Rg x 6,5 = m³ gas/m² per stookjaar.**

Bij een ruitoppervlakte van 1 m² wordt het warmteverlies dan 37,5 m³ gas/jaar.

Wanneer de **gasprijs is euro 2/m³** dan kost dat euro 75/jaar.

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

Het warmteverlies is dan $1/0,85 \times 6,5 = 7,5$ m³ gas per m² glasoppervlak per jaar. Het levert dus $37,5 - 7,5 = 30$ m³ gas per m² glasoppervlak per jaar op. Dat is € 60/m² bij een **gasprijs € 2/m³**.

De kostprijs van 1 m² ruitverbetering van enkel glas naar HR⁺⁺ (euro 120/m²)²³ wordt gedeeld door die € 60/m² om het aantal jaren uit te rekenen waarbinnen het is terugverdiend op de energierekening. In deze opstelling: $120 / 60 = 2$ jaar terugverdientijd op de rekening. De kosten van het plaatsen van de ruit kunnen veel verschillen per situatie.

7. Op de lange duur is de betere isolatie altijd voordeliger, ook met minder CO₂-uitstoot.

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 binnengeplaatste ruiten is het dan voordelig om het zelf te doen. Kozijnen kunnen op maat besteld worden.

Het is niet alleen relevant om de terugverdientijd op de energierekening te berekenen want de verminderde CO₂ uitstoot is **als klimaatmaatregel ook erg relevant**.²⁴

²¹ De berekening van 'Mindergas' is gebaseerd op het verleden en houdt dus geen rekening met de klimaatopwarming. In Nederland bestaat de mogelijkheid dat de warme golfstroom (AMOC) van de Noordzee door het verminderen of wegvallen van de warme zee-stuwing kouder wordt. In dat geval worden de winters in Nederland kouder of zelfs veel kouder gedurende enkele maanden. Isoleren blijft dus belangrijk, vooral de ramen.

²² 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.

²³ Deze prijs is afhankelijk van de marktprijs, subsidie (minimaal 8m²), schilderwerk, bijkomende kosten, etc.

²⁴ 1000 m³ gas levert 1,8 ton CO₂ uitstoot op. Momenteel wordt de CO₂-uitstoot niet gecompenseerd.

Bij een goede en duurzame isolatiemaatregel wordt meerwaarde van de woning gecreëerd, maar deze kan pas gekapitaliseerd worden bij de verkoop²⁵. Betere isolatie is in meerdere jaren gerekend **ALTIJD** voordeliger.

De berekening van de kosten zijn vooral gebaseerd op de materiaalkosten voor plaatsen op de begane grond en tenminste 3 m² aan ruiten. Per glazenier en de gebouwomstandigheden kunnen de kosten wel 50% verschillen. Bij offertes zit het een weekje later afschilderen er meestal niet bij. De goedkoopste optie is om ruiten zelf bij de glasfabriek te bestellen en af te halen, maar sommige glasfabrieken leveren niet aan particulieren. Een Tripleglasruit van 1 m² is al niet meer te tillen door een persoon. Grote Tripleglas ruiten moeten met een hijsinstallatie geplaatst worden. Op basis hiervan zijn de terugverdientijden **slechts indicatief** om de belangrijkste verschillen aan te tonen.

8. Terugverdientijd bij 2231 graaddagen, gemiddeld 18° en vervanging van glas

Voor de slaap-/zolderkamers en warmere winters is het aantal graaddagen lager dan 2231. Hierbij is de **vereenvoudigde berekening** $1/R_g \times 5,5 = \text{m}^3 \text{ gas/m}^2 \text{ glas per stookjaar}$.

Glazenier ($HR^{++} = \text{euro } 150/\text{m}^2$ en **Vacuümglas of Tripleglas euro 300/m²**). Gaskosten **euro 2/m³ gas**.

Van enkel glas naar beter.

a. Van enkel glas (**R_g = 0,17**) naar enkel + extra voorzetraam met frame (**R_c 0,35**).

$1/0,17 \times 5,5 = 32,5 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$. $1/0,35 \times 5,5 = 15,5 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$. Verschil $17 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar} = \text{€ } 34$.

Kosten glas euro 60/m². **Terugverdientijd 60 : 34 = 1,8 jaar**.

b. Van enkel glas (**R_g = 0,17**) naar enkel + voor + achterzet met frame (**R_c 0,5**).

$1/0,17 \times 5,5 = 32,5 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$. $1/0,5 \times 5,5 = 11 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$. Verschil $21,5 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar} = \text{€ } 43$.

Kosten glas euro 100/m². **Terugverdientijd 100 : 43 = 2,3 jaar**.

c. Van enkel glas (of GiL **R_g 0,17**) vervangen naar HR^{++} (**R_g 0,9**)

$1/0,17 \times 5,5 = 32,5 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$. $1/0,9 \times 5,5 = 6,1 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$. Verschil $26,4 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar} = \text{€ } 53$.

Kosten glas euro 150/m². **Terugverdientijd 150 : 53 = 3 jaar**.

d. Van enkel glas (GiL **R_g 0,17**) vervangen naar GiL tussen twee ruiten (**R_g 0,6**).

$1/0,17 \times 5,5 = 32,5 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$. $1/0,6 \times 5,5 = 9,2 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$. Verschil $23,3 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar} = \text{€ } 46,6$.

Kosten glas euro 400/m². **Terugverdientijd 400 : 46,6 = 8,6 jaar**.

e. Van enkel glas (GiL **R_g 0,17**) vervangen naar GiL tussen 2 ruiten + Low-E coating²⁶ (**R_g 0,7**).

$1/0,17 \times 5,5 = 32,5 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$. $1/0,7 \times 5,5 = 7,9 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$. Verschil $24,6 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar} = \text{€ } 49,2$.

Kosten glas euro 420/m². **Terugverdientijd 420 : 49,2 = 8,5 jaar**.

f. Van enkel glas (**R_g = 0,17**) naar enkel glas + spouw + HR^{++} (**R_c 1,27**).

$1/0,17 \times 5,5 = 32,5 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$. $1/1,27 \times 5,5 = 4,3 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$. Verschil $28,2 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar} = \text{€ } 56,4$.

Kosten glas euro 150/m². **Terugverdientijd 150 : 56,4 = 2,7 jaar**.

g. Van enkel glas (**R_g = 0,17**) naar gewoon/minste Tripleglas (**R_g 1,4**).

$1/0,17 \times 5,5 = 32,5 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$. $1/1,4 \times 5,5 = 3,93 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$. Verschil $28,6 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar} = \text{€ } 57,1$.

Kosten glas euro 300/m². **Terugverdientijd 300 : 57,1 = 5,3 jaar**.

²⁵ Op basis van dit principe kan een bank een voordelige investeringslening geven.

²⁶ Dit wordt in de fabriek gedaan, maar de ruiten zitten zonder argongas dicht op het GiL.



h. Van enkel glas (**Rg = 0,17**) naar goede kwaliteit Tripleglas (**Rg 2,0**).

$1/0,17 \times 5,5 = 32,5 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/2 \times 5,5 = 2,75 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $29,75 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 59,5$
Kosten glas euro $300/\text{m}^2$. **Terugverdientijd 300 : 59,5 = 5 jaar.**

i. Van enkel glas (**Rg = 0,17**) naar enkel glas + spouw + goed Tripleglas (**Rc 2,37**)

$1/0,17 \times 5,5 = 32,5 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/2,37 \times 5,5 = 2,32 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $30 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 60$
Kosten glas euro $300/\text{m}^2$. **Terugverdientijd 300 : 60 = 5 jaar.**

9. Van enkel glas + voor/achterzet naar beter

j. Van enkel + voorzetruit (**Rc 0,35**) naar HR⁺⁺ (**Rc = 0,9**).

$1/0,35 \times 5,5 = 15,7 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/0,9 \times 5,5 = 6,1 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $9,6 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 19,2$
Kosten glas euro $150/\text{m}^2$. **Terugverdientijd 150 : 19,2 = 8 jaar.**

k. Van enkel + voorzetruit (**Rg 0,35**) naar enkel + voorzetruit + spouw + HR⁺⁺ (**Rc = 1,45**).

$1/0,35 \times 5,5 = 15,7 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/1,45 \times 5,5 = 3,8 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $11,9 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 24$
Kosten glas euro $150/\text{m}^2$. **Terugverdientijd 150 : 24 = 6,2 jaar.**

l. Van enkel + voorzetruit (**Rg 0,35**) naar enkel + voorzetruit + spouw + goed Tripleglas (**Rc = 2,55**).

$1/0,35 \times 5,5 = 15,7 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/2,55 \times 5,5 = 2,13 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $13,6 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 27,1$
Kosten glas euro $300/\text{m}^2$. **Terugverdientijd 300 : 27,1 = 11 jaar.**

Er zijn nog meerdere varianten te bedenken, maar dit soort oplossingen zijn geen meerwaarde van de woning en kunnen additionele timmerwerkkosten opleveren. Alleen wanneer de buitenste monumentenglas ruit/raam/kozijn niet vervangen mag worden is dit te overwegen.

Bij DHZ bestellen en plaatsen zijn de kosten aanzienlijk lager en dus ook de terugverdientijden korter, maar dan is er geen ISDE-subsidie. De ruiten moeten tenminste 5 mm kleiner geleverd worden dan de dagmaat van de sponning. Bij het afhalen bij de glashandel is het verstandig om rubberhandschoenen te gebruiken. De scherpe glasrandjes kunnen met schuurpapier op een blokje iets ont-scherpt worden.

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

10. Van oud dubbel glas (van voor 1990) naar beter

n. Van oud dubbel glas (van voor 1990 **Rg 0,5**) naar nieuw HR⁺⁺ (**Rg 0,9**).

$1/0,5 \times 5,5 = 11 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/0,9 \times 5,5 = 6,1 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $4,9 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 10$
Kosten glas euro $150/\text{m}^2$. **Terugverdientijd 150 : 10 = 15 jaar.**

In dit geval zou ook vervanging naar Triple glas beter overwogen kunnen worden.

o. Van oud dubbel glas (van voor 1990 **Rg 0,5**) naar zeer goede kwaliteit HR⁺⁺ (**Rg 1,1**).

$1/0,5 \times 5,5 = 11 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/1,1 \times 5,5 = 5 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $6 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 12$
Kosten glas euro $150/\text{m}^2$. **Terugverdientijd 150 : 12 = 13 jaar.**

p. Van oud dubbel glas (van voor 1990 **Rg 0,5**) naar gewoon Tripleglas (**Rg 1,4**).

$1/0,5 \times 5,5 = 11 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/1,4 \times 5,5 = 3,9 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $7,1 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 14,2$
Kosten glas euro $300/\text{m}^2$. **Terugverdientijd 300 : 14,2 = 21 jaar.**



q. Van oud dubbel glas (van voor 1990 **Rg 0,5**) naar goede kwaliteit Tripleglas (**Rg 2,0**).

$1/0,5 \times 5,5 = 11 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/2 \times 5,5 = 2,75 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $8,3 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 16,5$

Kosten glas euro $300/\text{m}^2$. **Terugverdientijd 300 : 16,5 = 18 jaar.**

r. Van oud dubbel glas (van voor 1990 **Rg 0,5**) naar oud dubbel + spouw + HR⁺⁺ (**Rc 1,6**)²⁷.

$1/0,5 \times 5,5 = 11 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/1,6 \times 5,5 = 3,44 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $7,56 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 15$

Kosten glas euro $150/\text{m}^2$. **Terugverdientijd 150 : 15 = 10 jaar.**

11. Van oud HR glas naar beter

s. Van oud HR glas (van voor 1995 **Rg 0,6**) naar nieuw HR⁺⁺ (**Rg 0,9**)

$1/0,6 \times 5,5 = 9,17 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/0,9 \times 5,5 = 6,11 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $3,06 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 6,12$

Kosten glas euro $150/\text{m}^2$. **Terugverdientijd 150 : 6,12 = 24,5 jaar.**

t. Van oud HR glas (**Rg 0,6**) naar oud HR + spouw + nieuw HR⁺⁺ (**Rg 1,7**) = Tweedubbel glas.²⁸

$1/0,6 \times 5,5 = 9,17 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/1,7 \times 5,5 = 3,23 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $5,94 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 11,88$

Kosten glas euro $150/\text{m}^2$. **Terugverdientijd 150 : 11,9 = 11,6 jaar.**

Bij de DHZ optie zijn de glaskosten slechts euro $100/\text{m}^2$ en wordt het <7 jaar.

u. Van oud HR glas (van voor 1995 **Rg 0,6**) naar goede kwaliteit HR⁺⁺ (**Rg 1,1**).

$1/0,6 \times 5,5 = 9,17 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/1,1 \times 5,5 = 5 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $4,17 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 8,3$.

Kosten glas euro $150/\text{m}^2$. **Terugverdientijd 150 : 8,3 = 18 jaar.**

v. Van oud HR glas (van voor 1995 **Rg 0,6**) naar gewoon Tripleglas (**Rg 1,4**).

$1/0,6 \times 5,5 = 9,17 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/1,4 \times 5,5 = 3,92 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $5,25 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 10,5$.

Kosten glas euro $300/\text{m}^2$. **Terugverdientijd 300 : 10,5 = 29 jaar.**

Dit laat zien dat de optie Tweedubbel (HR glas + HR⁺⁺ glas) een erg economische maatregel is.

w. Van oud HR glas (van voor 1995 **Rg 0,6**) naar goed Tripleglas (**Rg 2,0**).

$1/0,6 \times 5,5 = 9,17 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/2 \times 5,5 = 2,75 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $6,42 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 12,8$.

Kosten glas euro $300/\text{m}^2$. **Terugverdientijd 300 : 12,8 = 23 jaar.**

12. Van HR⁺ glas naar beter

x. Van HR⁺ glas (van na 1995 **Rg 0,7**) naar HR⁺ + spouw + nieuw HR⁺⁺ (**Rg 1,8**).

$1/0,7 \times 5,5 = 7,8 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/1,8 \times 5,5 = 3 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $4,8 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 9,5$

Kosten glas euro $150/\text{m}^2$. **Terugverdientijd 150 : 9,5 = 16 jaar.**

y. Van HR⁺ glas (van na 1995 **Rg 0,7**) naar gewoon Tripleglas (**Rg 1,4**).

$1/0,7 \times 5,5 = 7,8 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/1,4 \times 5,5 = 3,9 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $3,9 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 7,8$

Kosten glas euro $300/\text{m}^2$. **Terugverdientijd 300 : 7,8 = 38 jaar.**

²⁷ 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

²⁸ 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⁺⁺.

z. Van HR⁺ glas (van na 1995 **Rg 0,7**) naar goed Tripleglas (**Rg 2,0**).

$1/0,7 \times 5,5 = 7,8 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/2 \times 5,5 = 2,75 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $5 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 10$

Kosten glas euro $300/\text{m}^2$. **Terugverdientijd $300 : 10 = 30$ jaar.**

13. Van HR⁺⁺ glas naar beter.

A. Van HR⁺⁺ glas (van na 2010 **Rg 0,9**) naar HR⁺⁺ spouw + nieuw HR⁺⁺ (**Rg 2,0**)

$1/0,9 \times 5,5 = 6,1 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/2 \times 5,5 = 2,75 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $3,35 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 6,7$

Kosten glas euro $150/\text{m}^2$. **Terugverdientijd $150 : 6,7 = 22$ jaar.**

B. Van HR⁺⁺ glas (van na 2010 **Rg 0,9**) naar gewoon Tripleglas (**Rg 1,4**).

$1/0,9 \times 5,5 = 6,1 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/1,4 \times 5,5 = 3,92 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $2,2 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 4,4$

Kosten glas euro $300/\text{m}^2$. **Terugverdientijd $300 : 4,4 = 68$ jaar.**

C. Van HR⁺⁺ glas (van na 2010 **Rg 0,9**) naar goed Tripleglas (**Rg 2,0**).²⁹

$1/0,9 \times 5,5 = 6,1 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. $1/2 \times 5,5 = 2,75 \text{ m}^3\text{gas/jaar}$. Verschil $3,35 \text{ m}^3\text{gas/jaar} = € 6,7$

Kosten glas euro $300/\text{m}^2$. **Terugverdientijd $300 : 6,7 = 45$ jaar.**

Zie ook document "Terrasdeuren verbeteren" op www.nienhuys.info Soms is het dan alleen het vervangen van de ruit met Vacuümglas de meest economische optie omdat de deur dan niet hoeft te worden omgebouwd voor de zwaardere en dikkere ruit. Echter, voor een enkele ruit kost vacuümglas tot wel euro $1200/\text{m}^2$, inclusief inmeten, transport, kleine hoeveelheid, plaatsen, afwerken, btw. enz.

Het bovenstaande lijstje is ook voor 4 andere graaddagen opstellingen berekend en in de onderstaande tabel samengevat. De prijsstellingen van het glas zijn hetzelfde gehouden.

²⁹ Het is dus belangrijk dat de isolatiewaarde van het glas wordt opgegeven. Alleen HR⁺⁺ of Triple glas zijn **zonder de precieze isolatiewaarden of U-waarde vage benamingen** waar men verschillende isolatiewaarden kan krijgen. De meldcodes van de RVO-site zijn belangrijk. Deze veranderingen van HR⁺⁺ glas zijn dus vooral relevant wanneer er sprake is van verbouwingen waar ook het raam/deur/kozijn verandert gaat worden.

Terugverdientijden vergelijken van nieuwe en extra ruiten met tabel
Door ing. Sjoerd Nienhuys, woonenergie adviseur, versie oktober 2026

14. Aantal jaren terugverdientijd bij glasprijzen en **euro 2/m³ gas** bij gas-CV. Alle waarden zijn naar boven afgerond tot hele jaren.

#	Omschrijving bestaand	Rc oud	Omschrijving nieuw	Rc nieuw	Gemiddeld 20°C = 3182gd	Gemiddeld 19°C = 2852gd	Gemiddeld 18°C = 2531gd	Gemiddeld 17°C = 2231gd	Gemiddeld 16°C = 1955gd
a	Enkel glas	0,17	enkel + extra voorzetraam	0,35	2	2	2	2	2
b	Enkel glas	0,17	enkel + voorzet + achterzet met frame	0,5	2	2	2	3	3
c	Enkel glas	0,17	Gewoon HR ⁺⁺	0,9	2	2	3	3	4
d	Enkel glas (GiL).	0,17	GiL tussen twee ruiten	0,6	7	7	8	9	10
e	Enkel glas (GiL).	0,17	GiL tussen 2 ruiten + Low-E coating	0,7	7	7	8	9	10
f	Enkel glas	0,17	enkel glas + spouw + gewoon HR ⁺⁺	1,27	2	3	3	3	3
g	Enkel glas	0,17	gewoon/minste Tripleglas	1,4	4	5	5	6	6
h	Enkel glas	0,17	goede kwaliteit Tripleglas	2,0	4	4	5	5	6
i	Enkel glas	0,17	enkel glas + spouw + goed Tripleglas	2,37	4	4	5	5	6
j	Enkel + voorzetruit	0,35	Gewoon HR ⁺⁺	0,9	6	7	7	8	9
k	Enkel + voorzetruit	0,35	enkel + voorzetruit + spouw + gewoon HR ⁺⁺	1,45	5	5	6	7	9
l	Enkel + voorzetruit	0,35	enkel + voorzet + sp + goed Tripleglas	2,55	8	9	10	11	13
m	Oud dubbel glas (< 1990)	0,5	Gewoon HR ⁺⁺	0,9	10	11	14	15	16
n	Oud dubbel glas	0,5	goede kwaliteit HR ⁺⁺	1,1	9	10	12	13	15
o	Oud dubbel glas	0,5	gewoon Tripleglas	1,4	16	17	19	21	24
p	Oud dubbel glas	0,5	goede kwaliteit Tripleglas	2,0	13	15	17	18	21
q	Oud dubbel glas	0,5	oud dubbel + spouw + gewoon HR ⁺⁺	1,6	7	8	9	10	12
r	Oud HR glas (< 1995)	0,6	Gewoon HR ⁺⁺	0,9	18	20	22	25	28
s	Oud HR glas	0,6	oud HR + spouw + HR ⁺⁺ = Tweedubbel	1,7	9	10	11	12	15
t	Oud HR glas	0,6	goede kwaliteit HR ⁺⁺	1,1	13	15	16	18	21
u	Oud HR glas	0,6	gewoon Tripleglas	1,4	22	24	26	29	33
v	Oud HR glas	0,6	goed Tripleglas	2,0	17	19	21	23	27
w	HR ⁺ glas (> 1995).	0,7	HR ⁺ + spouw + nieuw HR ⁺⁺ = Tweedubbel	1,8	11	13	14	16	18
x	HR ⁺ glas	0,7	gewoon Tripleglas	1,4	27	30	34	38	42
ij	HR ⁺ glas	0,7	goed Tripleglas	2,0	21	24	26	30	34
z	HR ⁺⁺ glas (> 2010)	0,9	HR ⁺⁺ + spouw + nieuw HR ⁺⁺ = Tweedubbel	2,0	16	18	20	22	25
aa	HR ⁺⁺ glas	0,9	gewoon Tripleglas	1,4	37	41	46	53	60
bb	HR ⁺⁺ glas	0,9	goed Tripleglas	2,0	32	35	39	45	51

15. Samenvatting van de belangrijkste punten

1. **Alleen naar de terugverdiertijd kijken is onvoldoende.** Comfort, CO₂-uitstoot en **woningwaarde** zijn op de duur belangrijker.
2. Een enkele graad lagere thermostaat temperatuur (bijvoorbeeld van gemiddeld 17°C naar gemiddeld 16°C levert een energiebesparing op van ongeveer 10%. Bij een **gemiddelde** graad hogere thermostaatstand zullen de energiekosten 12% meer worden per graad Celsius.
3. Bij een niet-geïsoleerd plafond of etagevloer zonder verwarming op de etage, zal die etagevloer slechts 3°C lager in temperatuur zijn dan het plafond eronder. Bij een geïsoleerde houten of betonnen vloer zal dat temperatuurverschil veel hoger zijn.
4. De slaapkamers hoeven geen hoge thermostaatstand te hebben, wel een goed dekbed. Daar is voldoende ventilatie in de nacht belangrijk.
5. Het aantal graaddagen per jaar kan vermeerdereen wanneer de warme golfstroom langs Europa stil komt te vallen.
6. Luiken en vliegengaas aan de buitenkant van de ruiten verbeteren de isolatiewaarde met ongeveer Rc 0,1.
7. Rondom goed sluitende gordijnen, dicht aan de binnenkant van de ramen kunnen de isolatiewaarde verbeteren met Rc 0,2.
8. De berekeningen gelden voor de ruiten van groter dan 1m². De negatieve invloed van de spacers of het raam en deurhout is niet meegenomen.
9. Bij het vervangen van ruiten moet beoordeeld worden of en een ventilatiestrook op de nieuwe ruiten moet komen of dat er een decentrale of centrale luchtverversing (ventilatie) is met warmteterugwinning (WTW). WTW vermindert de algemene energiebehoefte.
10. Door Doe Het Zelf (DHZ) uit te voeren worden de kosten lager, maar is er **geen subsidie**. Bij het zelf afhalen van de isolatieruiten (handschoenen!), of voor het plaatsen is het verstandig om de scherpe glasranden met een schuurpapier op een houten blokje iets af te veilen.
11. Acrylaat platen (polycarbonaat bij gaatjes boren, rondingen en tochtdeuren) isoleren maar iets beter dan glas, maar zijn veel lichter. Acrylaat platen aan weerszijde van een GiL ruit tochtdeur in de gang beschermt ook het GiL.
12. Bij bestellen van Tripleglas is de isolatiewaarde belangrijk. Zonder specificatie krijgt men de laagste isolatiewaarde (U-waarde 0,7 ipv 0,5).
13. Het ligt in de verwachting dat de gasprijs rond de € 2 komt te liggen en op de duur verder gaat stijgen. Energietafelen zijn vaak gekoppeld.³⁰
14. Bij warmtepompen zal het economisch rendement wat minder zijn afhankelijk van het type (en COP of SCOP) van de warmtepomp.

³⁰ Het voornemen van de regering om energieprijzen lager te maken of te subsidiëren zijn vooral tijdelijke maatregelen. Bij energiemaatregelen die een terugverdiertijd hebben van 10 jaar of langer zijn deze overwegingen minder relevant. Bij All electric warmtepompen daalt het energieverbruik en de kosten ten opzichte van de Gas-Cv en dan wordt de terugverdiertijd ook langer.