

Kozijnen, ramen en ruiten isolatieverbetering, inclusief deuren en panelen



Door: Sjoerd Nienhuys, woonenergie adviseur

Datum: eind december 2021.

Energy@nienhuys.info www.nienhuys.info

Abstract: Een praktijk overzicht van isolatie-verbeteropties voor de kozijnen van ramen en deuren voor verschillende gebouwtypen en bouwperiodes. Constructieve details voor voorzet- en achterzetruit. HR⁺⁺ is een minimumnorm en hoe kan het beter isoleren? Wat zijn de overwegingen, de opties en waar moet op gelet worden? Duurzaamheid van kozijnen en mogelijke aanpassingen.

De documenten op de website kunnen periodiek worden aangepast voor verbeteringen of nieuwe informatie en praktijksituaties.



Inhoud

Inhoud

1. Het meeste warmteverlies in een gemiddelde woning	3
2. Betekenis van Ug-waarden en Rc-waarden.....	5
3. Beoordeling van bestaande raam- en deurkozijnen	6
3. Bouwfysica van de condensatie	10
4. Het isolerende effect van de extra enkele ruiten of isolerende raamfolie	12
5. Verbeteropties van de erkerramen	14
6. Duurzaamheid van kozijnen.....	20
7. Nieuwe passief kozijnen of de oude kozijnen met beter isolatieglas?	22

Dit document sluit aan op het document “101 Soorten Glas” versie december 2021, dat ingaat op de verschillende glassoorten, isolatiewaarden en technische aspecten van enkel, dubbel, triple en vacuümglas dat in de ramen, deuren en kozijnen wordt geplaatst.

Een ander document op de website gaat over de verschillende mogelijkheden voor het aanpassen van terras- en balkondeuren.

1. Het meeste warmteverlies in een gemiddelde woning

In bijna alle typen bestaande Nederlandse woningen leveren de ramen en deuren in percentage het grootste warmteverlies op van het gebouw. De vier belangrijkste aspecten hiervan zijn:

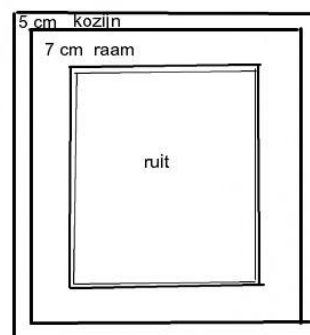
- Het glas in de raamkozijnen is vaak het minst geïsoleerde buitenschil oppervlakte van het gebouw. De isolatiewaarden van glas worden uitgebreid behandeld in het document “101 Soorten Glas” op website www.nienhuys.info.
- De ramen, deuren en kozijnen zelf hebben zelden een betere isolatiewaarde dan de isolatie ruiten. De onderstaande schets geeft aan dat het totale kozijn- en raamhouthoppervlak groter kan zijn dan het glasoppervlak. Dit is vooral zo bij deuren.
- Oude ramen, deuren, kozijnen kieren vaak en laten bij sterke wind extra veel ventilatie toe (meer dan de nodige woningventilatie), waardoor extra warmteverlies optreedt.¹
- Deuren worden regelmatig geopend en laten veel ventilatie toe.

Afbeelding 1.

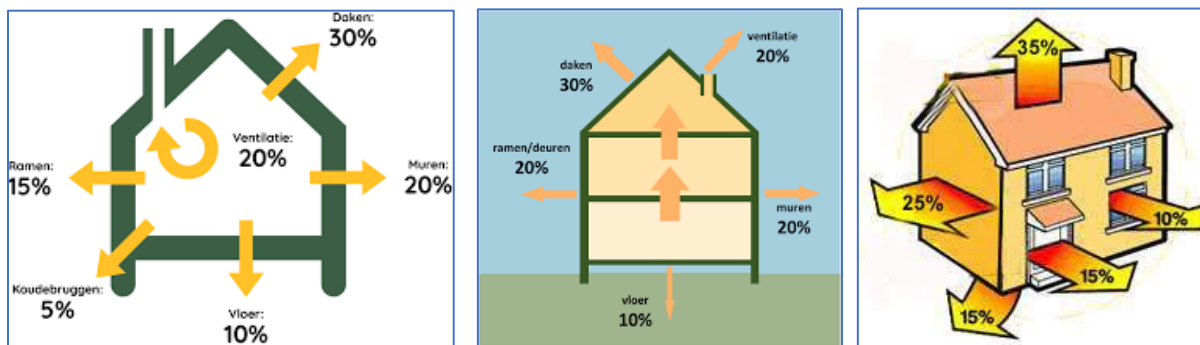
Een kozijn van 100 cm x 100 cm heeft een totaaloppervlakte 10.000 cm².
Bij een kozijn van 5 cm dik en raamhout van 7 cm breed is het glasoppervlak 5776 cm² = **58%**

Bij een kozijn van 50 cm x 70 cm is de totale oppervlakte 3500 cm².
Het glasoppervlak is dan 26 cm x 46 cm = 1196 cm² of slechts **34%**.

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



Kozijn met raam



Afbeeldingen 2. Websites geven verschillende percentages weer voor het warmteverlies bij matig geïsoleerde (vrijstaande woningen). Links 15%, midden 20 %, rechts 25% en is afhankelijk van het % raam- en deurkozijnen in de gevel. Bij tussenwoningen is het glas-, deur- en paneeloppervlak vaak meer dan 80% van het geveloppervlak, waardoor het percentage warmteverlies uit de woning via het glas kan oplopen tot > 50%.

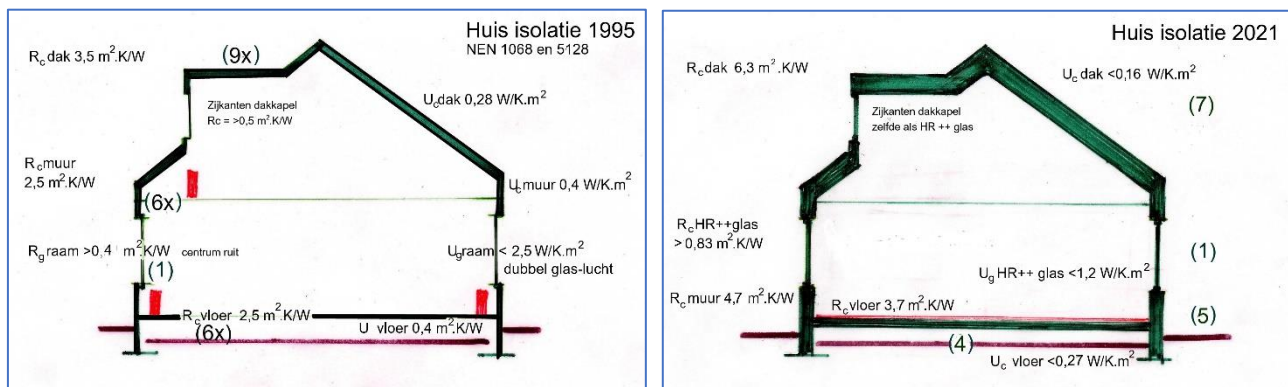
De minimum nieuwbouwnorm voor isolatieglas is HR⁺⁺ met een Ug-waarde van 1,2 W/m².K of een Rc van 0,83 m².K/W en daarmee veruit de slechtste isolatie van de buitenschil in een gebouw. Bij een verbouwing moet dan bij voorkeur **veel beter isolerende ruiten** gekozen worden.

¹ Kierdichting is alleen belangrijk bij een mechanisch ventilatiesysteem. Na-geïsoleerde woningen (dubbel glas, spouwmuurisolatie, vloerisolatie, dampdichte folie aan de binnenzijde van het dak, zijn allemaal maatregelen die de gasuitwisseling via de gebouwschil reduceren. Hierdoor hebben na-geïsoleerde woningen zonder speciale ventilatievoorzieningen meestal te weinig woningventilatie. Extra kierdichting is dan verkeerd.

Afbeelding 3. Bij deze hoekwoningen bestaan de hele voor- en achtergevels uit ramen, deuren en panelen. Volgens de nieuwbouwnormen zijn de panelen (ook de zijkanten van dakkapellen) net zo slecht isolerend als de deuren of ramen. Hetzelfde geldt voor tussenwoningen.



Wanneer er isolatiemaatregelen worden uitgevoerd aan oude woningen, zoals spouwmuurisolatie, dak- en vloerisolatie, wordt het % aandeel van het warmteverlies door de ramen en deuren groter. Dit komt omdat de minimum nieuwbouw isolatiewaarden² van ruiten gesteld is op HR⁺⁺ die slechts een isolatiewaarde hebben van $R_c = 0,83 \text{ m}^2\text{K/W}$ (U -waarde = $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$), terwijl een oude na-geïsoleerde spouwmuur (5 cm met EPS of vlokken) al een isolatiewaarde heeft van $R_c = 1,7 \text{ m}^2\text{K/W}$.



Afbeelding 4. Verhoudingen tussen de isolatiewaarde van ramen en andere buitenschil oppervlaktes. Sinds 1995 zijn de minimum isolatiewaarden voor de nieuwbouw aanzienlijk aangescherpt. De minimum isolatiewaarden voor glas is sinds 1995 verdubbeld.

Minimum nieuwbouwnormen sinds 2021 met R_c -waarden.

Deze waarden worden aangegeven in de BENG; Bijna Energie Neutrale Gebouwen.

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

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

Dakconstructie, plat of hellend: $R_c = 6,3 \text{ m}^2\text{K/W}$

Ramen, deuren, dakkapel/-glas: $R_c \geq 0,83 \text{ m}^2\text{K/W}$. Dit komt overeen met HR⁺⁺ isolatieglas.

In de bouwnorm is HR⁺⁺ $U_g = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, maar voor HR⁺⁺⁺ of HR⁺⁺⁺⁺, Triple glas of vacuümglas zijn geen duidelijk aangegeven waarden vastgesteld. Bij het bestellen van glas moet daarom altijd de U_g - of R_g -waarde van het glas opgegeven worden, anders krijg je de laagste kwaliteit.

De minimum nieuwbouwnorm isolatiewaarden van de muren zijn in 2021 5x die van de ramen en deuren.

De minimum isolatiewaarde voor daken is in 2021 7x die van de ramen en deuren.

Bij het opwaarderen van muren en daken tot de minimum nieuwbouw norm wordt het % warmteverlies van het gebouw door de ruiten, ramen, deuren en kozijnen groter.

² Dit zijn technische (uit die periode) en economische overwegingen geweest, waarbij men de nieuwbouw- en de verbouwkosten van woningen niet wilde verhogen door nog beter isolerende ruiten te verplichten.

Als een woning in fasen beter geïsoleerd gaat worden, is het belangrijk om de verbetering van de isolatie **meteen zo groot mogelijk te maken**. Bij ramen en deuren moet dan bij voorkeur niet beperkt worden tot de minimum nieuwbouwnorm van HR⁺⁺ ($R_g = 0,85 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$). Een goede duurzame isolatie van kozijnen, ramen, deuren en ruiten levert direct meer comfort én een meerwaarde van de woning op. Comfort en een duurzame investering zijn meestal meer belangrijke overwegingen dan de bezuiniging op de energierekening. Met een steeds hogere energierekening (sinds 2021) zal de terugverdientijd wel steeds korter worden.

Met een betere thermische isolatiewaarde van de ruiten, ramen, deuren en kozijnen is het ook makkelijker om over te stappen naar een ander warmte systeem zoals LTV en warmtepomp op het moment dat de gas-CV installatie vervangen moet gaan worden.

2. Betekenis van Ug-waarden en Rc-waarden.

De U_{glas} -waarde (in $\text{Watt/m}^2 \cdot \text{Kelvin}$) is de mate van warmteverlies of warmtetransmissie (**Uitgang**). Deze Ug-waarde wordt in de glashandel gebruikt en betreft het centrumgebied van de ruit.

Het **omgekeerde** ($1/U_g$) is de warmteweerstand of isolatiewaarde **R_{glas} -waarde** ($R_{\text{glashandel}}$ in $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$). De *spacer*, deur, het raam of kozijn heeft een eigen Rc-waarde ($R_{\text{constructie}}$), inclusief de twee overgangswaarden ($R_c = 0,04$ buiten en $0,13$ binnen). Hoe kleiner de ruiten zijn, hoe groter de invloed van de *spacer* en de Rc-waarde van het deur- en raamhout en het kozijn is.

Voor de duidelijkheid worden verder in dit verhaal alleen de Rc-waarden vergeleken.³

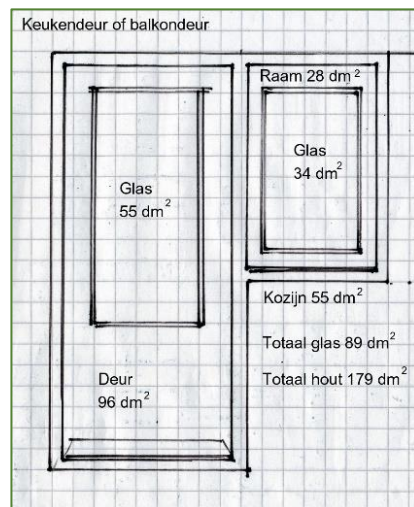
Afbeelding 5. Van terras- balkon- en keukendeuren is het glasoppervlak vaak kleiner dan het houtoppervlak.

In deze schets is het houtoppervlak ongeveer twee keer zo groot als het glasoppervlak.

Met alleen beter isolerend glas en/of kleine ruiten wordt dan een beperkte isolatieverbetering verkregen.

De randen van het isolatie glas hebben een afstandshouder of *spacer* die meestal een lagere isolatiewaarde heeft dan de ruit. De gemiddelde isolatiewaarde wordt daardoor verlaagd.

Het 4 cm dikke deurhout heeft een isolatiewaarde **$R_c \approx 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$**



Een 36 mm houten raam of deur heeft een isolatiewaarde van **$R_c = 0,37 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$** of 45% van HR⁺⁺.

Een 10 cm dik massief houten kozijn heeft een isolatiewaarde van **$R_c = 0,83 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$** oftewel HR⁺⁺.

Een gewoon houten deur of raam heeft dus de helft van de isolatiewaarde van een HR⁺⁺ ruit.

Een HR⁺⁺⁺ ruit van 4-10krypton-4 = 18 mm dik en heeft een **$R_c = 1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$** .

Een triple glas ruit van 4-18argon-4-18argon-4 argon is 48 mm dik en heeft een **$R_c = 2,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$** .

Dik Triple glas heeft dus een isolatiewaarde die 2,5 X zo hoog is als HR⁺⁺.

Bij vorst buiten en een hoge luchtvochtigheid binnen zal er het eerste condens op het oude houten raam of deurhout optreden. Goed schilderwerk van dit raam- of deurhout is daarom belangrijk.

³ Opgelet, sommige kozijnenverkopers gebruiken de twee waarden door elkaar, zodat de klant het spoor bijster raakt. Dat is zoiets als Celsius en Fahrenheit in één gesprek te gebruiken en te vergelijken. Een HR⁺⁺ ruit met een Ug-waarde van $1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ heeft dus de dezelfde isolatiewaarde van een kozijn met $R_g = 0,83 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

3. Beoordeling van bestaande raam- en deurkozijnen

De duurzaamheid van de beter isolerende ramen en deuren hangt bij houten kozijnen sterk af van het materiaal, de constructie, het onderhoud en de zonoriëntatie.

- De afwatering van het glas op het raam- of deurhout moet waterdicht zijn. Bij het schilderen van het goed uitgeharde mastiek of stopverf moet 2 mm op het glas geschilderd worden. Dit is een van de zwakste punten van veel kozijnen en dient periodiek gecontroleerd te worden op kwaliteit.



Afbeeldingen 6. Links: omdat het verfwerk niet goed werd uitgevoerd of onderhouden, dringt het water langs het glas in de onderdorpel en zal dit op de duur tot houtrot leiden. Wanneer de stopverf goed is uitgehard, moet de verf **in de eerste plaats binnen**, maar ook aan de buitenkant 2 mm op het glas worden doorgezegt.

Rechts: Dichtgeschroefd ouder houten raamwerk met nieuw isolatieglas en een opdeklap.

- Het houten kozijn moet ten eerste aan de **binnenkant goed vocht- en dampdicht geverfd** worden zodat vocht uit de binnenlucht dat op het koude kozijn condenseert niet in het hout kan trekken. Wanneer bij een vocht-open verf aan de binnenkant er een vochtdichte verf aan de buitenkant wordt toegepast, zal het kozijnhout vochtig worden en gaan rotten.⁴

Afbeelding 7. Bij dit grote raam, met het isolatieglas direct in het kozijn, komt het condenswater op de binnenzijde van de ruit in de glasvoeg terecht (omdat het niet is geschilderd) en wordt die condens niet afgevoerd naar het verdiepte gootje en drain. Het resultaat is dat de onderdorpel van het kozijn met vocht verzadigd wordt en gaat rotten.



⁴ Het is verstandig om het hout eerst aan de binnenzijde met een goede vochtdichte verf te behandelen en als het kozijnhout goed droog is ook aan de buitenkant. Het raam of kozijn heeft meestal de laagste isolatie na plaatsing van goed isolatieglas, daardoor zal de eerste condensatie op het kozijnhout optreden. Dat vocht zal bij slechte verf in het hout trekken. Hout dat afwisselend vochtig en droog wordt zal zwellen en krimpen en de verflaag beschadigen, waardoor deze niet meer waterdicht is.

- De afwatering aan de onderkant van het raam- of deurhout moet goed zijn, zodat er geen capillair vocht in de kieren blijft staan na een regenbui. Wanneer dat wel het geval is zal het hout eerder gaan rotten.

Afbeelding 8. Bij dit raam met enkel glas is/was het verfwerk op het glas (binnen en buiten) niet op orde. De afwatering aan de buitenzijde onder het raamhout is onvoldoende.

Een geheel nieuw raam met goed isolatieglas is de beste optie, wanneer het kozijnhout nog goed is.



- De afwatering onder het kozijn, op de buiten vensterbanktegels, waterslag of bakstenen moet goed zijn zodat het water meteen wordt afgevoerd.⁵

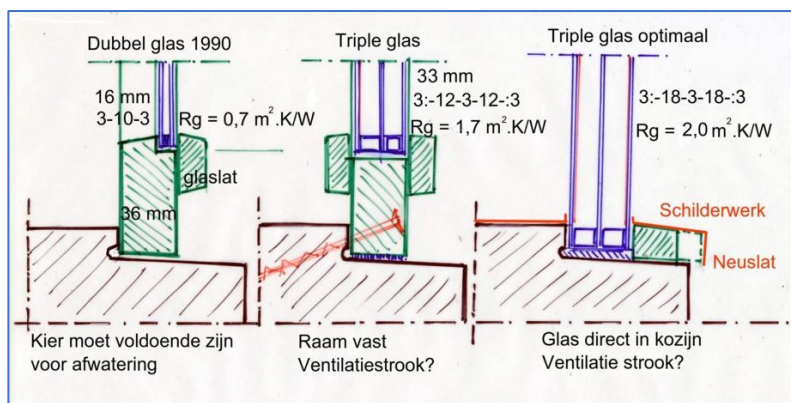


Afbeeldingen 9. Links: raamkozijn op waterslag zonder goede afwateringskier onder de onderdorpel. Bij een te kleine kier kan het water capillair opgezogen worden of door de wind opgestuwd. Rechts: deurkozijn waarbij de onderzijde vochtig werd vanwege hoog water op het dak. Dit werd ontdekt bij het vernieuwen van het dak.



Afbeeldingen 10. Links. Het deurpaneel zou een over de drempel hangende strook moeten hebben (neus), waardoor er geen opspattend vuil en vocht in de onderkant kan komen, wat tot houtrot kan leiden.

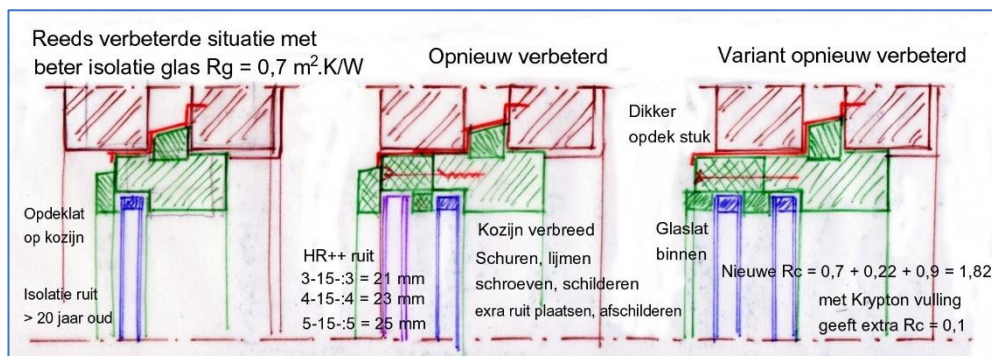
⁵ Het verwijderen van houtrot kan goed uitgevoerd worden, maar vereist secuur werk anders komt het terug. De hele onderdorpel kan soms vervangen worden wanneer de rest van het kozijn nog goed is. Een kunststof onderdorpel bij (terras)deuren is een optie. Ook kan 'kozijnfolie' worden toegepast; dit wordt na het goed schoonmaken van het kozijn erop geplakt. Zie bijvoorbeeld <https://www.youtube.com/watch?v=gy5e5MGJSbc>



Afbeeldingen 11. Links: Afwatering tussen raam en kozijn. Raam vast met triple glas. Raam eruit en optimaal Triple glas direct in het kozijn. Rechts: Neuslat met overhang en ruimte onder de waterslag dorpel. In deze foto is het kozijn met de glaslaten nog niet afgeschilderd. Dat kan pas als de glas-mastiek goed is uitgehard.

Houten kozijnen van vóór 1940 zijn vaak van grenen of lariks gemaakt, dat een hoog harsgehalte heeft en daardoor meer duurzaam is dan vuren. Deze kozijnen zijn goed te repareren. Spontingen kunnen in deze situaties soms worden uitgefreesd om Triple glas te plaatsen, of ruimte te maken voor een dikker nieuw raam of deur met triple glas (het kozijn kan ook dikker gemaakt worden).

Afbeelding 12. Door een dun kozijn dikker te maken kunnen voorzet- of achterzetramen van HR⁺⁺ geplaatst worden.



Houten kozijnen uit de jaren 1960 en 1970 met rottingsschade zijn vaak van een goedkope kwaliteit vuren of dennenhout (met spint) gemaakt en veel minder duurzaam. In deze situaties is het verstandig om het hele kozijn te vervangen door een thermisch onderbroken kunststof of aluminium (passief huis) kozijn en goed isolerend Triple glas.

Afbeeldingen 13.

Links: Naar buiten draaiend kozijn van samengesteld hout, met Triple glas en meerdere aanslagen.

Rechts: naar binnen draaiend kozijn van samengesteld hout, met een weldorpel en meerdere aanslagen.

In beide kozijnen/ramen zorgen de holtes voor waterafvoer en verbeterde isolatie. Vanwege het 12 cm massieve hout ($R_c = 0,83 \text{ m}^2.\text{K/W}$) zijn dit echter nog geen passief kozijnen.



- Het contact tussen het houten kozijn en de (vochtige) muur moet waterdicht zijn. Houten kozijnen hebben daarvoor een (menie)coating die het hout beschermt of zijn beplakt met een folie vóór het plaatsen. Aan de bovenzijde, onder de latei, is er een loodslabbe die het zakwater uit de muur naar buiten afvoert. Bij nieuwe kozijnen zijn dat lood-vervangende folies.
- Verfwerk van kozijnen waar lange tijd de zon op staat zal sneller ververen dan aan de schaduwzijde. Met een goede kwaliteit verfwerk kan dat aan de zonzijde zes tot zeven jaar mee en aan de schaduwzijde acht tot tien jaar. Onder een breed dakoverstek blijft het verfwerk ook langer goed. Bij barstjes in de verf zal het hout ten gevolge van vocht zwellen en krimpen, waardoor meer barstjes in het verfoppervlak komen.
- Oude metalen raamkozijnen (stoeltjesprofielen jaren 1920 en later) moeten bij roestvorming meestal in haar geheel verwijderd worden en in een werkplaats een speciale (galvanische) behandeling krijgen voordat ze weer teruggeplaatst worden, bijvoorbeeld bij monumenten. Zie www.nienhuys.info "Glastest dunne ruiten in stoeltjesprofiel," van een test die is uitgevoerd op het gemeentehuis van Hilversum, gebouwd door architect Dudok.
- Roestvorming kan het gevolg zijn van condensvorming op de ruiten en het kozijn dat bij slecht verfwerk in de glassponning zakt, of langs het raam in het kozijn en daar blijft staan. Bij dit soort ramen is een goede condensafvoer belangrijk, ook als er beter isolerend glas in zit.



Afbeeldingen 14. Het duurzaam roestbestendig maken van stalen stoeltjes profielen ramen en kozijnen vereist nauwkeurig werk. De ramen, deuren en kozijnen van ijzeren stoeltjes profielen hebben een erg slechte isolatie van $R_c \approx 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (inclusief de twee overgangswaarden), dus niet beter dan enkel glas.

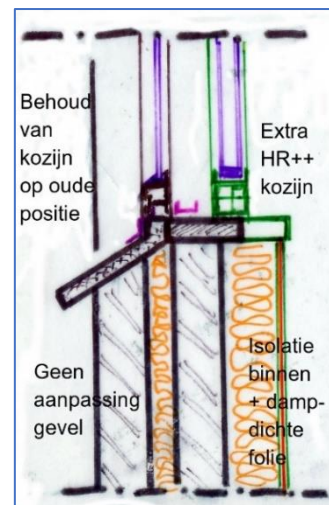
Het beter isoleren van deze stalen ramen kan door hoog-isolerend **vacuümglas** toe te passen ($R_c = 2,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ in het centrum van het glas). Echter de randen van vacuümglas lopen door en hebben dezelfde isolatiewaarde als enkel glas ($R_c = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$). Samen met het dunne ijzeren kozijn wordt daarmee de isolatiewaarde van het geheel zwaar verlaagd. Hoe kleiner de ruiten, hoe groter die invloed. Afplakken met PVC-kozijnfolie vermindert de condens op het staal iets en voorkomt roest.

Afbeelding 15. Binnen achterzetramen zullen de isolatiewaarde van de gehele constructie (inclusief glaslatten) aanzienlijk verbeteren. Bij deze school zijn grote achterzetruiten van Acrylaatplaat gezet die door de luchtlaag een drieboudige isolatie leveren ten opzichte van enkel glas.



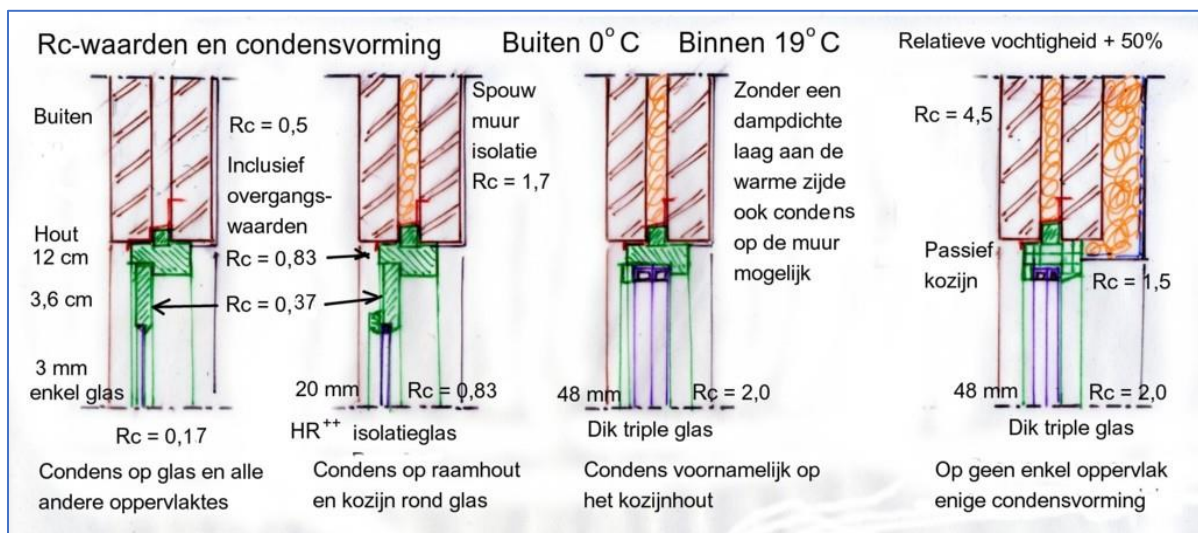
Afbeelding 16. Bij het plaatsen van een achterzet kozijn en raam met HR++ glas, wordt het bestaande gevelaanzicht behouden (monumenten). Wanneer er wel binnen in het gebouw aanpassingen gedaan mogen worden, kunnen de muren binnenzijdig geïsoleerd worden. In dat geval zal de vensterbank vaak verbreed moeten worden.

Bij het plaatsen van een extra binnenzijdig kozijn met isolatieglas kan het nodig zijn dat het raamwerk wel te openen is. Wellicht zal één keer per jaar de ruimte tussen de kozijnen schoongemaakt moeten worden, of één keer in de 10 jaar het schilderwerk bijgewerkt.



3. Bouwfysica van de condensatie

Hoe beter het gebouw geïsoleerd wordt, hoe eerder er condens op de ruiten, het raam- of deurbout, panelen⁶ en de kozijnen zal komen. Condens vormt zich namelijk op het koudste oppervlak, maar is **niet altijd zichtbaar**. Bij slecht geventileerde woningen zal de luchtvochtigheid oplopen tot boven de 60%, waarbij de kans op condensatie in de koude maanden toeneemt, vooral in ruimtes waar vocht geproduceerd wordt. In keukens gebeurt dat met koken⁷, woon- en slaapkamers door uitgedemde lucht, en in badkamers door gebruik van de douche.



Afbeelding 17. Bij een binnentemperatuur van 19°C en een luchtvochtigheidsgraad van 50%, zal er op een binnen oppervlak dat een temperatuur heeft van 10°C condens optreden (Mollier diagram). Wanneer het buiten rond het vriespunt is, zal bij een slechte isolatie van de gevel (muur, raamhout, ruiten) het eerste condens optreden op het koudste binnen oppervlak.

Bij koude gepleisterde muren zal het vocht in de muren trekken (niet direct zichtbaar) waardoor de isolatiewaarde van de muur verder afneemt. Bij een constant vochtig oppervlak zal schimmel optreden.

⁶ De zijwangen van dakkapellen (panelen) hebben bij oudere woningen meestal een erg slechte isolatiewaarde. Voor nieuwbouw zijn de minimum isolatienormen ook weer aan de lage kant gesteld ($R_c = 0,83 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)

⁷ Een recirculatie wasemkap verwijderd niet het vocht uit de lucht.

Meest linkse schets: Bij slecht geïsoleerde woningen en enkel glas zal condens op de ruit optreden. Bij slecht binnen verwerk zakt dat condenswater dan tussen het glas en het raamhout en zal tot rot van dat raamhout leiden. *Zie afbeeldingen 7 en 8.*

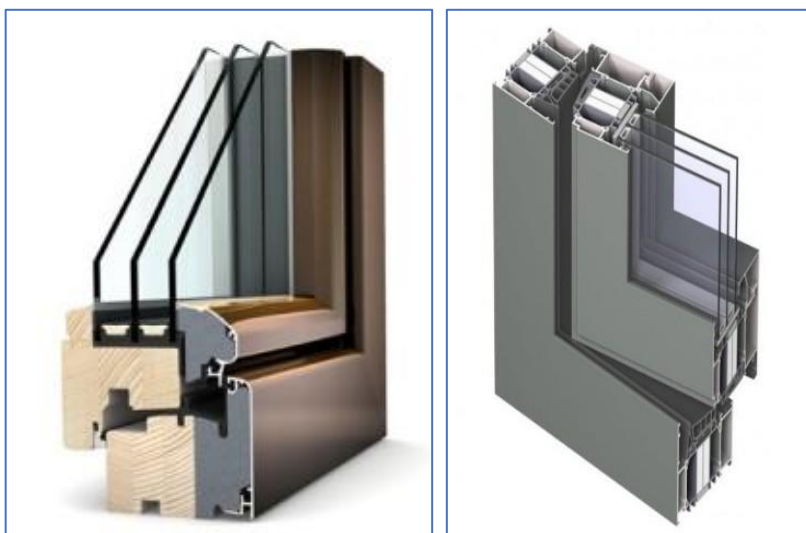
Tweede schets van links: Wanneer men de spouwmuur na-isoleert en isolatieglas toepast, hebben het raamhout en het kozijn aan de binnenzijde de koudste oppervlakten. Vooral het brede raam- of deurhout wordt dan aan de binnenzijde vochtig, ook al zie je dat niet direct. Bij niet-vochtdichte verf zal dat vocht in het hout trekken en op de duur het hout aantasten, vooral wanneer dat vocht er aan de buitenkant er niet uit kan omdat daar een zeer vochtdichte verflaag is toegepast. In deze situatie is het dus van belang dat de binnenverf kwaliteit goed vochtdicht is, belangrijker dan de vocht dichtheid van de buitenverf. **Bij zacht houten ramen en deuren is de kwaliteit van de binnenverf dus belangrijker dan de kwaliteit van de buitenverf.**

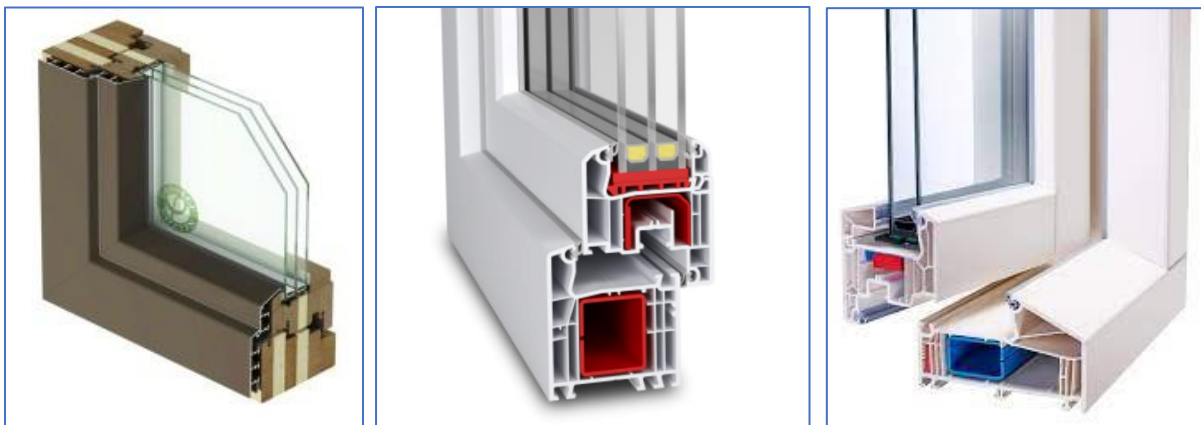
Derde schets: Bij de toepassing van een goede kwaliteit triple glas ($R_c = 2,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) zal dit iets beter isoleren dan een gewoon geïsoleerde spouwmuur ($R_c = 1,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$). Het kozijn is dan met $R_c = 0,83 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ het slechts geïsoleerde oppervlak en zal als eerste condens aantrekken. Bij triple glas zal vanwege de goede isolatie de oppervlaktetemperatuur niet veel onder de kamertemperatuur dalen.

Rechter schets: Wanneer de muren na-geïsoleerd zijn, bijvoorbeeld tot de 2015 nieuwbouwwaarde ($R_c = 4,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) dan is het aanbevolen dat er dan een **passief kozijn** wordt toegepast dat een isolatiewaarde heeft van minimaal **$R_c = 1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$** . In deze situatie zal op geen enkel binnen oppervlak van de buitenschil condensatie optreden. Wanneer de muren damp-open zijn, kan door de dampdruk wel vocht in de muur doordringen en binnen in de muur condenseren. Daarom moet er bij extra binnenzijdige muurisolatie een dampdichte folie aan de **warme** kant worden toegepast. Passief kozijnen van massief hout zouden ongeveer 24 cm dik moeten zijn om aan een isolatiewaarde van $R_c = 1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ te komen. Het thermisch onderbreken van houten kozijnen wordt bijna niet toegepast, maar wel een combinatie van hout en aluminium (met isolatiemateriaal) om aan de passief isolatiewaarde te komen. De aluminiumplaat zit dan aan de buitenkant.

Afbeeldingen 18. Door toepassing van isolatie en een aluminium buitenkant kan een R_c -waarde $1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ verkregen worden met duurzaam materiaal gebruik.

Rechts. Thermisch onderbroken aluminium kozijnen kunnen smaller zijn dan kunststof kozijnen.





Afbeeldingen 19. Hout-aluminium, en kunststof passief kozijnen hebben verschillende ontwerpen en interne versterkingen. Bij kunststof kozijnen is er meestal een stalen kern. Sommige kozijnen hebben isolatiemateriaal in de holtes. Triple glas ruiten tot 51 mm dik (glas 5 mm voor grote ruiten) kunnen vaak direct in het kozijn geplaatst zonder het raamwerk. Het aanzicht van de kozijnen blijft dan smal.

De meeste kozijnen zijn echter niet beter isolerend dan $R_c = 0,83 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en verlagen daarmee de isolatiewaarde van een gevel met goede kwaliteit Triple glas. Hier geldt dus weer: 'hoe kleiner het raam en kozijnoppervlak, hoe groter de invloed van dat kozijn- en raamhout op de isolatiewaarde'.

4. Het isolerende effect van de extra enkele ruiten of isolerende raamfolie

Enkel glas heeft een isolatiewaarde van ongeveer $R_g = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ hoofdzakelijk bestaande uit de twee overgangswaarden⁸ tussen het glas en de lucht, want het glas of folie zelf isoleert nauwelijks. Een verticale extra luchtlaag van 20 mm verbetert de isolatiewaarde met ongeveer $R_c \approx 0,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Door meerdere constructies toe te passen kan een isolatieverbetering worden verkregen tegen lage kosten.

In het document '101 Soorten Glas' www.nienhuys.info wordt in detail ingegaan op de verschillende opties voor het isoleren van ruiten en van het verschil tussen de isolatiewaarden.

Afbeelding 20. Bij vele kleine ruitjes zal het vervangen van het glas erg duur zijn. Hier kan aan de buitenkant een glazen voorzetraam bevestigd worden; hierdoor wordt het raam zwaarder (scharnieren). Aan de binnenkant kan een Acrylplaat worden toegepast (licht gewicht). Ook kan raamfolie worden toegepast (heel licht maar wel kwetsbaar).

Bij een luchtlaag buiten en binnen samen wordt de isolatiewaarde verhoogd van $R_c = 0,17$ naar $R_c \approx 0,55 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.



⁸ De overgangswaarde binnen is $R_c = 0,13$ en de overgangswaarde buiten is gemiddeld $R_c = 0,04$ en varieert gedurende de seizoenen en met de windsnelheid. De $R_c = 0,04$ is het aangenomen landelijke gemiddelde.

Het thermische effect van achterzet-ruiten (binnen) is hetzelfde als voorzetruiten (buiten). De buiten voorzetruiten worden meestal vastgezet met aluminium profielen. Deze kunnen in de kleur van het raamhout of het kozijn geschilderd worden. Een extra ruit van glas op een oud houten draairaam zal het gewicht van de ruit verdubbelen. Oude ramen kunnen hierdoor gaan vervormen.

Afbeelding 21. Vast voorzetraam buiten, in kleur geschilderd van het kozijn. Het beschermt tevens het glas-in-lood raam. Aan de binnenzijde kan een achterzetruit of Acrylplaat geplaatst worden voor verder verbeterde isolatie tot $R_c \approx 0,55$.

Bij de toepassing van twee Acrylaatplaten aan de binnenzijde, elk met een eigen 20 mm luchtsponw, wordt de isolatie nog verder verbeterd tot $R_c \approx 0,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$



Acrylplaten werken hetzelfde als extra ruiten en kunnen goed binnenzijdig worden toegepast. Grote afmetingen Acrylplaat kunnen bij de glashandel op maat besteld worden. Bij 20 mm spouwen leveren één of twee extra ruiten (Acrylaat) de volgende isolatieverbeteringen op:

#	Bestaand glas in $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$	Plus 1 extra ruit	Nieuw in $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$	% beter	Plus 2 extra ruiten	% beter
a	Enkel $R_g = 0,17$	$R_c = 0,2$	$R_c = 0,37$	120%	$R_c = 0,59$	240%
b	Dubbel glas (lucht) $R_g = 0,4$	$R_c = 0,2$	$R_c = 0,6$	50%	$R_c = 0,8 = \text{HR}^{++}$	100%
c	HR glas $\approx 1990-1995$ $R_g = 0,55$	$R_c = 0,2$	$R_c = 0,75$	35%	$R_c = 0,95 \approx \text{HR}^{+++}$	70%
d	HR ⁺ glas: > 1995 $R_g = 0,75$	$R_c = 0,2$	$R_c = 0,95$	27%	$R_c = 1,15 = \text{HR}^{+++}$	54%
e	HR ⁺⁺ glas $R_g = 0,83$	$R_c = 0,2$	$R_c = 1,03$	24%	$R_c = 1,23$	48%

Vooraf voor de slaapkamers met balkondeuren en de zijramen van die balkondeuren, zijn dit geschikte verbeteringen die bij zelf aanbrengen ook nog goedkoop zijn en tientallen jaren glashelder blijven (als ze niet met zand geschuurd worden). In 2 tot 4 jaar terugverdiend.

Dezelfde tabel geldt voor de toepassing van raamfolie dat op 20 mm van de bestaande ruit wordt gespannen. Het isolerende effect wordt bereikt door de dunne luchtlaag. In 1 seizoen terugverdiend.

Afbeelding 22: Isolerende raam- of kozijnfolie wordt op het raam- of kozijnhout geplakt met tweezijdig doorzichtig plakband (zit in de verpakking), op maat geknipt en gespannen door middel van een haarföhn.

Isolerende raam- of kozijnfolie wordt dus niet op het glas geplakt. Opgelet: in de handel wordt plakfolie voor op het glas vaak vermeld als raamfolie (ondoorzichtig of anti-break), maar dat is dan glasfolie.



5. Verbeteropties van de erkerramen

De woonkamer heeft in veel woningen een erker dat met ramen van oud isolatieglas, het afdakje en de al-dan niet na-geïsoleerde onderliggende spouwmuur een groot warmtelek is. Ook zitten er bij oudere woningen vaak nog glas-in-lood raampjes in. Het verder verbeteren van die erker is dan een prioriteit, omdat dit meestal de meest warme kamer van de woning is.

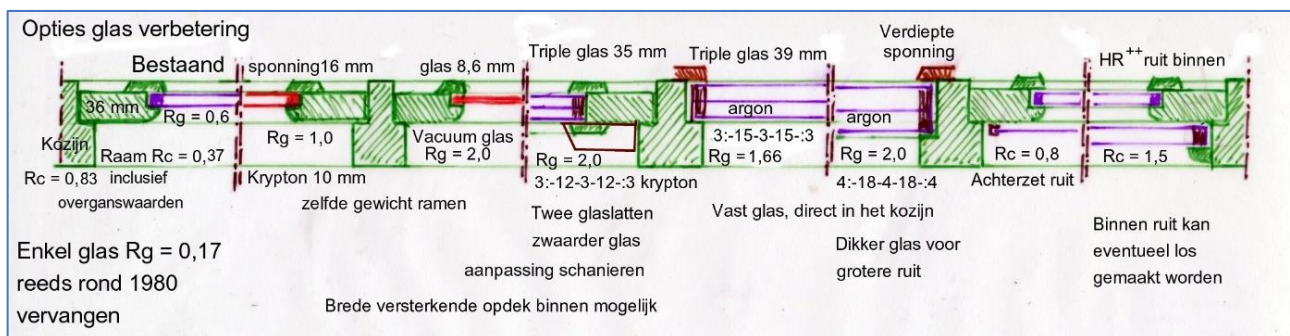


Afbeeldingen 23. Verschillende erkervormen met meerdere ruiten die al dan niet open kunnen. In de middelste foto zijn de glas-in-lood raampjes voorzien van een voorzetrui. Rechtsboven: schuiframen zijn dichtgemaakt.

Zijramen zijn vaak permanent dichtgezet. Rechts: het klepraam boven is de ventilatieopening, maar zit meestal dicht.



Het oude dubbel glas ($R_g = 0,6$ tot $0,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) is het minst isolerende oppervlak van een gevel met een geïsoleerde spouwmuur is ($R_c = 1,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$). De veel betere isolatiewaarde van dat glas zal een belangrijk verschil maken in het totale warmteverlies. Het is economisch om een zo groot mogelijke verbetering te realiseren. Oud glas van < 1995 ($R_g = 0,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) vervangen door HR^{++} ($R_g = 0,83 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) is wel een verbetering van bijna 20%, maar relatief een dure operatie.



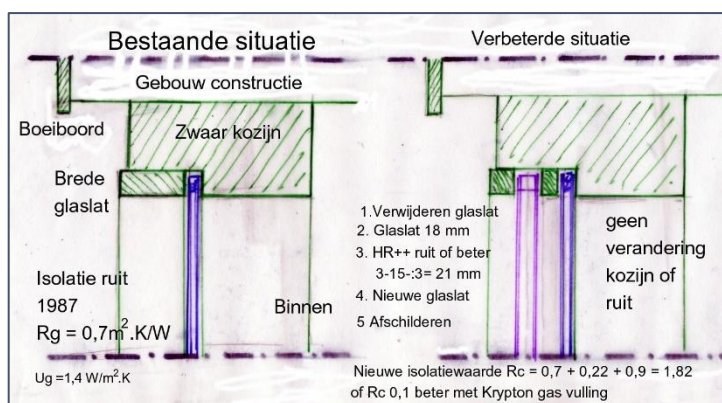
Afbeelding 24. Verschillende opties voor verbetering isolatiewaarde van erkerruiten, zonder de folie opties.

De verbeteropties voor isolatieglas $R_g = 0,6$ van links naar rechts in de afbeelding 24 schets.

$m^2.K/W$	Dikte	Omschrijving	Open of dicht	Opmerkingen
$R_g = 0,6$	Originele ruit dikte ≤ 14 mm	Reeds vervanging van enkel glas en vastgezet met glaslat buitenop	Raam kan opengezet	Slechte isolatie raamhout $R_c = 0,2$
$R_g = 1,0$ 66% beter	Vervangen door 3-10-3 = 16 mm, Krypton	Glaslat buitenop Zelfde gewicht. Weinig werk.	Raam kan opengezet	Krypton is € 25/m ² duurder dan Argon.
$R_g = 2,0$ 230% beter	Vervangen door 8,3 mm Vacuüm	Glaslat buitenop Zelfde gewicht. Weinig werk.	Raam kan opengezet	Vacuüm* glas kost > € 350/m ²
$R_g = 2,0$ 230% beter	Vervangen door 3-12-3-12-3 Krypton 33 mm dik	Glaslatten buiten en binnen. Nieuwe ruit doorlopend. Binnenzijde kan versterkt worden	Raam kan opengezet	Krypton is € 25/m ² duurder dan Argon
$R_g = 1,66$ 180% beter	Vervangen door 3-15-3-15-3 Argon 39 mm dik	In bestaande raamspinning 42 mm met glaslat buitenop. Weinig werk.	Geen raam. Ander aanzicht	Warmteverlies door het raamhout verval.
$R_g = 2,0$ 250% beter	Vervangen door 4-18-4-18-4 Argon 48 mm dik	Kozijn spinning wordt uitgefreesd. Bij voldoende resterende houtdikte Voor erg grote ruit 5-18-5-18-5 = 51 mm dikte noodzakelijk	Geen raam. Ander aanzicht	Raam verval. Warmteverlies door het raamhout verval.
$R_c = 0,8$ 30% beter	Plus 3 mm achterzetruit	Raam wordt zwaarder tenzij een Acrylplaat wordt toegepast	Raam kan opengezet	Betrekkelijke winst, meer voor slaapkamers.
$R_c = 0,8$ 30% beter	Plus 0,1mm raam- of kozijnfolie	Niet in de schets, maar op de plaats van het achterzetraam.	Raam kan opengezet	Goede energiewinst, kwetsbaar en goedkoop.
$R_c = 1,5$ 200% beter	Plus HR** achterzetruit	HR** ($R_g = 0,83$)** ruit staat in de spinning tegen raamhout / kozijn. Kost minder dan de helft van vervanging door een andere ruit.	Geen raam. Ruit goed luchtdicht aansluitend maken.	Warmteverlies raamhout verval. Aanzicht van buiten blijft hetzelfde. Veruit het meest economisch.

* Bij veel glasbedrijven wordt een minimum afmeting van 0,5 m² aangehouden als basisprijs. Bij kleinere ruiten valt deze rekenmethode dus extra duur uit. Prijzen zijn exclusief plaatsen of schilderen.

** Een betere kwaliteit ruit is hier ook mogelijk, waardoor de isolatiewaarde verder toeneemt. Door de kamer zijde goed af te kitten zal er geen vocht tussen de ruiten komen en blijft de tussenruimte schoon. De aan de binnenzijde toegevoegde HR** ruit kan eventueel wel tijdelijk verwijderd worden.



Afbeeldingen 25. Bij een dik kozijn is het mogelijk om de extra HR** ruit in de spinning te plaatsen met een luchtpouw/glaslat van 20 mm. Beide interne oppervlaktes van de ruiten moeten goed schoon gemaakt worden. Bij deze optie verandert het aanzicht van de gevel niet.

Wanneer het kozijn buiten onvoldoende diepte (> 60 mm vrije spinning) heeft, kan de verf afgeschuurd worden en een hardhouten lat op gelijmd en geschroefd. Na het schilderen kan de extra HR** ruit geplaatst. De nieuwe glaslat kan in de spinning of op het kozijn gemonteerd.

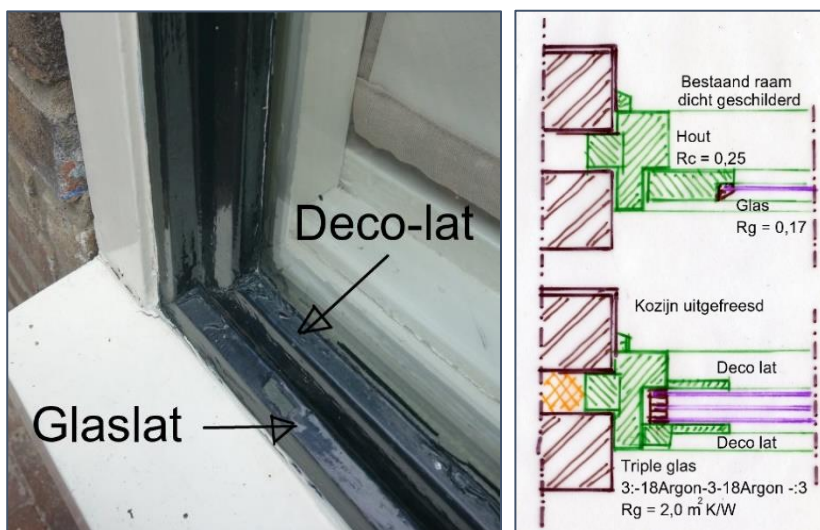


Afbeeldingen 26. GiL raam, bovenraam (trappenhuis), erker met boven en onder ramen. Bij deze drie kozijn-raam ontwerpen is aan de binnenkant een sponning waar de achterzetruit HR⁺⁺ in geplaatst kan worden. Het uitzicht wordt niet verkleind en de extra ruit verbetert ook de isolatie van het raamhout.

Bij de oude erkers zit het oude glas meestal in een raamwerk. Grote ruiten van triple glas 51 mm dik (5:-18-5-18-:5 = 51 mm) passen dan niet in dat originele raamhout. Het oude raamwerk is onderdeel van de authentieke uitstraling van het gebouw. Het raamwerk kan dan alleen aan de binnenzijde dikker gemaakt worden door het op lijmen van een extra laag voor de plaatsing van een HR⁺⁺ ruit.

Het is ook mogelijk om de nieuwe dikke Triple glas ruit direct in het kozijn te plaatsen en een brede maar dunne glaslat óp de ruit te plakken. Het warmteverlies via het kozijn wordt dan ook geminimaliseerd.

Afbeeldingen 27. Triple glas direct in het kozijn met een dunne decoratieve lat óp het glas geplakt, zodat het er van een afstand uit ziet als een raam. Bij monumenten kan Triple glas als monumentenglas worden uitgevoerd. Het is veel eenvoudiger en veel goedkoper om een HR⁺⁺ glas binnen te plaatsen.



Voor houten terras- of balkondeuren is een apart documentje gemaakt dat de verschillende opties weergeeft voor de verbetering van het isolatieglas. Wanneer in deze deuren al reeds dun dubbel glas werd geplaatst, en de deur mag niet zwaarder belast worden dan is vacuümglas soms een goede optie. In veel situaties zal de hele deur vervangen moeten worden wanneer ook het hang en sluitwerk een aanzienlijke verbetering moet ondergaan. In dat geval kan de nieuwe deur robuuster uitgevoerd worden voor de toepassing van Triple glas.

De kosten van een aanpassing van het raam of kozijn zijn verder afhankelijk van:

- Een klepraam zou eventueel vervangen kunnen worden door een vaste isolatieruit in het kozijn, met een ventilatiestrook op de ruit.
- De kosten van een heel nieuw kozijn met vast glas of met ramen en deuren of kozijn. In dit geval is de isolatiewaarde van het kozijn belangrijk en kan beter voor een **passief kozijn** gekozen worden met $R_c \geq 1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Wanneer er geen andere ventilatie in de woonruimte is kan op het kozijn een ventilatiestrook geplaatst worden. Deze ventilatiestrook kan dan extra breed en geluiddempend zijn. Er zijn ook ventilatiestroken die een automatisch CO₂ aansturing hebben. De ventilatiestrook gaat dan openen/ventileren wanneer er een hoge CO₂-concentratie in de woonruimte of klaslokaal wordt geregistreerd.⁹



Afbeeldingen 29. Links: Geluiddempende raam ventilatieroosters (op het glas of op het kozijn geplaatst) zullen verkeer- of vliegtuiggeluid dempen. Hoe breder ze zijn, hoe groter het geluiddempende effect zal zijn.

Combinatie met CO₂ ventilatiesturing van de roosters is mogelijk.

Midden: Kozijnen met ingebouwde (zonwerende) screens aan de buitenzijde kunnen handmatig of automatisch met de zoninstraling bewegen.

Rechts: Kozijnen kunnen ook ingebouwde rolluiken (veiligheid, zonwering, isolatie) hebben.

- De kosten van screens of rolluiken, maar deze kunnen ook later apart worden toegevoegd.
- De mogelijkheid of bij bestaande balkondeuren voorzet- (buiten) of achterzetruiten (binnen) op het deurhout geplaatst kunnen worden. De 18 mm tot 20 mm luchtlaag die hierdoor tussen de ruiten ontstaat heeft een isolerende werking (+ $R_c \approx 0,20 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$).
- De kosten van Acryl- (PMMA, Plexiglas, Perspex)¹⁰, of Polycarbonaatplaten (Lexan, Lexaan)¹¹ met een luchtspouw van 20 mm op de binnenkant van het raam- of deurhout. Deze kosten zijn lager dan het plaatsen van een ruit, vooral wanneer dit met Doe-het-Zelf wordt uitgevoerd. Het gewicht is kleiner, dus er is minder belasting op de verbindingen en scharnieren.
- De noodzakelijke aanpassingen aan het kozijn of raamwerk. Voor het plaatsen van triple glas kan het raamwerk verwijderd worden en de triple glasruit direct in de sponning geplaatst. Soms moet de sponning worden uitgefreesd.

⁹ Bijvoorbeeld <https://www.duco.eu/nl/producten/raamventilatie/elektronisch-gestuurde-ventilatieroosters>

¹⁰ PMMA (Polymethylmethacrylaat) is Acrylaatplaat. Populair toegepast tijdens COVID-19 epidemie als kuchschermen. Bij het risico van barsten gebruik dan Lexaan.

¹¹ Lexaan is de merknaam voor het sterkere en taaie Polycarbonaat. Twee keer zo duur als PMMA.

Afbeeldingen 30.

Links: Voorzetraam (buiten, glas) op jaren '30 terrasdeur met glas-in-lood aan de binnenzijde.

Rechts: Achterzetraam (binnen, glas) met aluminium opschroef profiel op jaren '30 terrasdeur



Linksonder: Binnen achterzetraam (glas in aluminium profiel) op het raamwerk met 2,5 cm luchtpouw. Het In dit geval moet het raam en de scharnieren van voldoende kwaliteit zijn om het extra gewicht te dragen

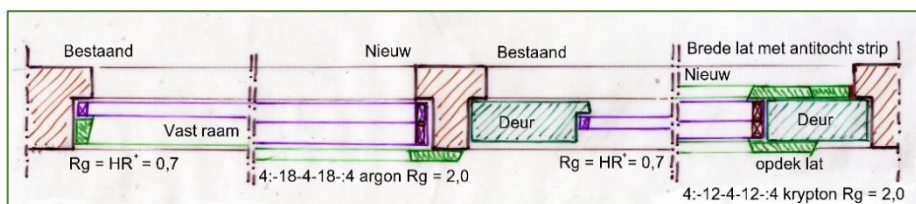
Rechtsonder: Binnen achterzetraam op het kozijn met veel dikkere spouw (isolatiewaarde + $R_c \approx 0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$). Het raam kan alleen opengezet worden als eerst het draaibare achterzetraam wordt opengezet (dubbel werk).



- Designkosten. Kunststof deuren en puien hebben een stalen kern, maar zijn soms breder dan aluminium puien. Deuren met triple glas die aan één zijde hangen hebben soms triple glas met een maximale R_c -waarde van $1,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ vanwege de beperkingen van het deurprofiel.

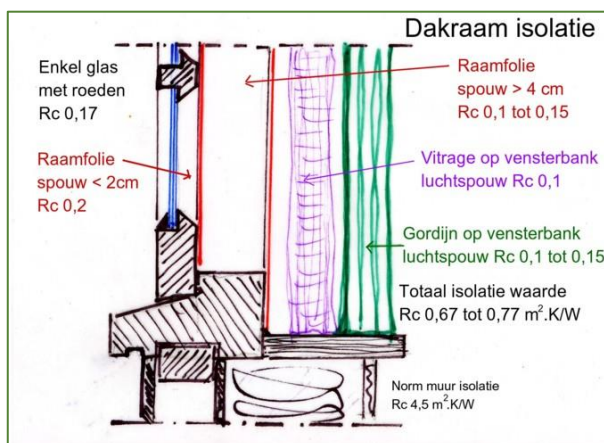
Afbeelding 31.

Er bestaan verschillende constructie mogelijkheden om oud 1990-1995 dubbel glas ($R_c < 0,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) te vervangen voor Triple glas of CUIN glas met een veel hogere isolatiewaarde ($R_g = 2,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$).



- Veiligheidskosten. Voor openbare gebouwen moeten de ruiten die tot laag aan de grond reiken gelamineerd zijn, veiligheidsfolie hebben of van gehard glas zijn (doorvalbescherming).
- Hang-en-sluitwerk opwaarderen tot **politie-keurmerk**. Bij zwaardere ruiten (triple glas) en oude houten deuren moet vaak een extra scharnier worden aangebracht en een versterkende opdekplaat op de onderkant van de deuren. De extra kosten van beveiliging vallen buiten de rendementsberekening.

- De kosten van de afwerking zoals schilderen. Met Doe-het-Zelf is meestal goedkoper. In de eerste plaats moet het binnen verwerk op het kozijn van goede damp- en vochtdichte kwaliteit zijn. Bij het vervangen van het kozijn is er ook gevelafwerking aan de binnenzijde.
- Plaatsingskosten. De bereikbaarheid van de ruiten; van binnen of van buiten. Bij **nieuwe kunststof of aluminium kozijnen** zullen de **ruitenvan binnenuit in het kozijn** worden geplaatst. Wanneer er sprake is van het vervangen van een hele pui met een Triple glas schuifpui zal deze een groot gewicht hebben, waarbij bestudeerd moet worden hoe deze naar achter het gebouw wordt getransporteerd.¹²
- Interieur kosten. Gordijnen, jaloezieën (enkel of dubbel plissé), rolgordijnen, vitrages en folies kunnen **aanvullende isolatie** geven zolang ze goed aansluiten rondom de ramen. Deze kunnen in de winter een extra isolatie leveren van tussen de **Rc = 0,1 en 0,15 m².K/W** per laag.



Afbeeldingen 32. Door de slimme toepassing van raamfolie, rolgordijnen, jaloezieën, enkele of dubbele plissé, vitrages en overgordijnen kan de isolatiewaarde van het raam verder verbeterd worden wanneer ze goed rondom het raam aansluiten.

Bij een kier aan de onderkant ontstaat een omgekeerd schoorsteen effect; de koele lucht zakt tussen het glas en gordijn naar beneden en warme lucht wordt uit de kamer boven naar achter het gordijn gezogen en koelt af.

Warmteverlies treedt hoofdzakelijk op via straling (< 65%) en veel minder door ventilatie. Het blijft voor de gezondheid wel belangrijk dat **slaapkamers geventileerd** blijven. Jaloezieën, vitrages en gordijnen houden dan wel de warmte binnen én staan ventilatie toe. Folies stoppen de ventilatie.

De economische winst van goed isolerende ruiten, ramen en kozijnen bestaat uit lagere energiekosten en de meerwaarde van de woning.

Het verbeterde panorama of toegang naar de tuin bij grotere ramen of schuifdeuren. Dit is een onderdeel van de comfortfactor. Bij aluminium of kunststof puien is er geen langere termijn onderhoud nodig (zoals elke 8-10 jaar schilderen).

¹² Zie het document "101-Soorten-Glas" op www.nienhuys.info voor het gebruik van een hijskraan.

6. Duurzaamheid van kozijnen

De duurzaamheid van kozijnen heeft vier hoofdelementen die onderling verweven zijn.

- A. Hoeveel energie (CO₂ uitstoot) kost het maken van het kozijn en het plaatsen daarvan?
- B. Hoe lang gaat het kozijn mee voordat het vervangen moet worden?
- C. In hoeverre kan het oude kozijn recyclet worden?
- D. Hoeveel woningenergie (CO₂ uitstoot) kost het kozijn over de levensduur, inclusief het onderhoud (schilderen van houtenkozijnen)?

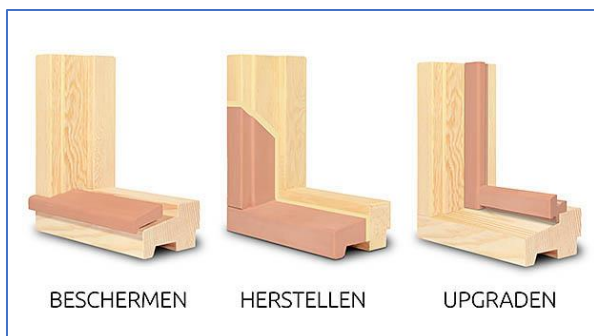
De energie voor het maken, bestaat uit de grondstof (hout, metaal, aluminium, kunststof) en arbeid, waarbij duurzaam geproduceerd hout (FSC en PEFC keurmerk certificering) milieutechnisch neutraal scoort. Tijdens de groei wordt CO₂ opgenomen, maar op het einde van de levensduur van het kozijn komt het weer vrij. In de kostprijs van de materialen worden de milieukosten (CO₂ uitstoot) anno 2021 niet of nauwelijks meegenomen; op deze basis is het daarom moeilijk te beoordelen.

Metaal en aluminium kosten erg veel energie om te maken, maar aluminium kan erg goed recyclet worden. De energiekosten om nieuwe aluminium kozijnen te maken (of andere aluminium producten) kunnen daarom over een erg lange termijn worden verdeeld (> 200 jaar).

Metalen buitenkozijnen hebben tegenwoordig een uitstekende anti-roest behandeling, waardoor ze wellicht > 100 jaar meegaan, maar recycling van metalen kozijnen kost meer energie dan aluminium.

Kunststof kozijnen worden van aardolieproducten gemaakt, terwijl veel soorten kunststof kozijnen van PVC worden gemaakt wat nauwelijks recycled kon worden. Sommige kunststof kozijnen fabrikanten gebruiken nu gedeeltelijk recyclede kunststof; dit geeft geen mindere kwaliteit. In veel kunststof kozijnen zit een metalen kern om ze sterker te maken. Er is een keurmerk voor het recyclen van kunststof kozijnen: <https://vkgkeurmerk.nl/vkg-recyclesysteem/>. Het VKG-recyclesysteem verwerkt nu ongeveer 75% van alle oude kunststof kozijnen.

Vanwege de recyclebaarheid en weinig onderhoud zijn passief, thermisch onderbroken aluminium en kunststof kozijnen een goede en toch duurzame investering. Immers, door de goede thermische isolatie bezuinigen deze kozijnen (met goed isolerend glas) heel veel woonenergie. Bij brede kozijn- en raamdelen is dit belangrijker dan bij de smalle kozijndelen. De hoeveelheid energie die bezuinigd wordt kan afgezet worden tegen de energie om ze te maken.



Afbeeldingen 33. Slechte onderdorpels kunnen goed vervangen worden met hardhouten of Accoya (thermisch verduurzaamd) inzetstukken en twee-componenten epoxy pasta's en lijm.

Afbeelding 34. Kunststof onderdorpels kunnen ook goed aan oudere houten kozijnen worden verbonden. Hierdoor is er geen breekwerk nodig om het houten kozijn te verwijderen en wordt een duurzame, onderhoudsvrije onderdorpel verkregen.



Houten kozijnen hebben periodiek onderhoud nodig, afhankelijk van houtsoort, de behandeling voor conservering, het ontwerp, en vooral de belasting door de zon en andere klimaatsfactoren. Houten kozijnen van Accoya zijn zeer klimaatbestendig, terwijl alle houten kozijnen goed gerepareerd of aangepast kunnen worden, bijvoorbeeld voor dikker glas of een dikker raamwerk.

Afbeelding 35. Ramen onder een goed dak overstek en aan de noordzijde van de woning hoeven misschien slechts eens in de 12 jaar geschilderd te worden.

De toepassing van nieuwe beter isolerende ruiten kan op verschillende manieren worden uitgevoerd. Aan de rechterkant is isolatieglas geplaatst zonder glasroeden en in de sponning vastgezet met opdeklatten.



Periodiek onderhoud van houten kozijnen is kostbaar wanneer dat door een schildersbedrijf om de 6 tot 7 jaar wordt uitgevoerd (gemiddeld). Deze kosten hangt gedeeltelijk af van de kozijn- en raamhout profielen, inclusief het aantal glaslatten en ruitjes. Ongeveer 5x laten schilderen (binnen en buiten) kost evenveel als een nieuw kunststof kozijn, en verbruikt grondstoffen die niet recyclebaar zijn. Het schilderen met duurzame verf op waterbasis is aanbevolen. In dit opzicht zijn nieuwe houten kozijnen nauwelijks duurzamer dan kunststof kozijnen waar verder geen omkijken meer nodig is, en die bovendien beter isolerend zijn.

Wanneer het oude kozijnen (meestal van vóór 1940) van grenen of lariks zijn gemaakt (deze houtsoorten hebben een hoog harsgehalte en zullen zelden gaan rotten) is het vaak duurzamer om deze te behouden in plaats van ze te vervangen. Bij goede muurisolatie na renovatie zal een goede vocht- en dampdichte verf aan de binnenzijde het hout duurzaam beschermen.

Het kan gesteld worden dat het levenslange energieverbruik ten gevolge van een bepaald soort kozijn bij grote afmetingen van de ramen niet zoveel uitmaakt; in dat geval is de isolatiewaarde van de ruiten en de kozijnen veel belangrijker. Nieuwe houten kozijnen komen wel in gecertificeerd massief hout (en HR+++ eco) maar zijn nog geen passief kozijnen. Passief kozijnen kunnen wel makkelijk gerealiseerd worden in thermisch onderbroken kunststof, aluminium of hout.

7. Nieuwe passief kozijnen of de oude kozijnen met beter isolatieglas?

Aan de hand van de vorige hoofdstukjes moet de woningeigenaar beoordelen of:

- A. De kozijnen met de ramen en deuren in haar geheel vervangen moeten worden, of;
- B. Het kozijn behouden kan blijven en alleen het raam- deur- of paneelwerk vervangen hoeft te worden, of;
- C. De ramen en deuren van goede kwaliteit zijn en gebruikt en versterkt kunnen worden om daar het dikkere veel beter isolerende glas in te plaatsen.

Het al-dan-niet vervangen van oude kozijnen en ruiten wordt soms bepaald door monumentenzorg wanneer het een Rijksmonument betreft, en in mindere mate wanneer het een beschermd stad- of dorpsgezicht betreft. In verband met de steeds belangrijkere eis dat gebouwen beter isolerend moeten zijn, wordt ook minder vastgehouden aan de eis voor een Rijksmonument dat er helemaal niets veranderd mag worden. Aanpassingen aan de binnenkant zijn dan vaak mogelijk.

De besluitvorming of een aanpassing toegestaan is hangt veel af van de status en de locatie van het gebouw, de voorgestelde optie voor verbetering, en de betreffende ambtenaar van Bouw en Woning Toezicht (BoWoTo) of Monumentenzorg die dienst heeft. Gevels die niet van dichtbij of vanaf de openbare weg gezien kunnen worden vallen soms buiten de eisen van BoWoTo.

De besluitvorming om een kozijn te vervangen kan beïnvloed worden door de subsidie opties (voor het jaar 2021). Op kozijnen zit geen subsidie maar wel op HR⁺⁺ (€35/m²) en triple glas (€100/m²). Dat is ongeveer 25% van de materiaalkosten.¹³ De volgende voorwaarden zijn van toepassing:

- ✓ Er wordt minimaal 10 m² en maximaal 45 m² vergoed; een combinatie HR⁺⁺ en triple mag.
- ✓ Het moet om vervanging van bestaand glas gaan.
- ✓ Voor triple glas moet de isolatiewaarde van het kozijn of kozijnpanelen $R_c \geq 1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ zijn. ($U \leq 0,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$). Voor triple glas deuren $R_c \geq 1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ zijn. ($U \leq 1,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$).
- ✓ Het moet gecombineerd zijn met een andere energie bezuinigingsmaatregel zoals een isolatiemaatregel (vloer, muur, dak), warmtepomp, zonneboiler of aansluiting warmtenet.

Het bovenstaande betekent dat wanneer men alleen een oude grote ruit (e.g. 1,6 m x 3 m = 4,8 m²) aan de voorzijde van de woning wil vervangen door triple glas, of een paar ruiten van een grote erker, dat het aantal m² dan te weinig is, tenzij er ook andere ruiten (HR⁺⁺) mee vervangen worden.

*Afbeeldingen 36.
Voor triple glas
onder de
subsidieregeling
moet het kozijn
een $R_c \geq 1,5$
m²·K/W hebben.
Massief hout
met $R_c 1,5 = 28$
cm dik.*



¹³ Voor het uitrekenen van de mogelijke subsidie zie: <https://infographics.rvo.nl/isde-rekentool/>

Voor deze twee typen erkers zouden dan de originele houten kozijnen vervangen moeten worden door passief kozijnen ($R_c \geq 1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$), hetgeen mogelijk meer kost dan de korting van de subsidie. Om het glas-in-lood in dubbel glas in te bouwen zal door de kleine afmetingen erg kostbaar worden. Bovendien zijn deze ruiten minder isolerend omdat ze met droge lucht zijn gevuld¹⁴. In de situatie van de glas-in-lood bovenruitjes is het voordeliger om aan de achterkant een vaste HR⁺⁺ ruit te plaatsen of een combinatie met meerdere Acrylplaten.



Afbeeldingen 37. Links. Bij glas-in-lood ruitjes boven/buiten de erker, kan de erker van triple glas voorzien worden (met of zonder passief kozijn) en de kleine raampjes een andere oplossing hebben voor betere isolatie. Rechts. Triple glas plaatsing direct in een passief kozijn bij een uitbreiding/verandering valt niet onder de subsidieregeling. Bij beschermd standsgezicht aan de straatzijde is vaak een vergunning nodig.

Bij het volgende erkerkozijn werd het oude glas-in-lood in heel dun dubbel glas geplaatst dat echter een erg lage isolatiewaarde heeft. Ook in alle ramen van de bovenetage was dit het geval.

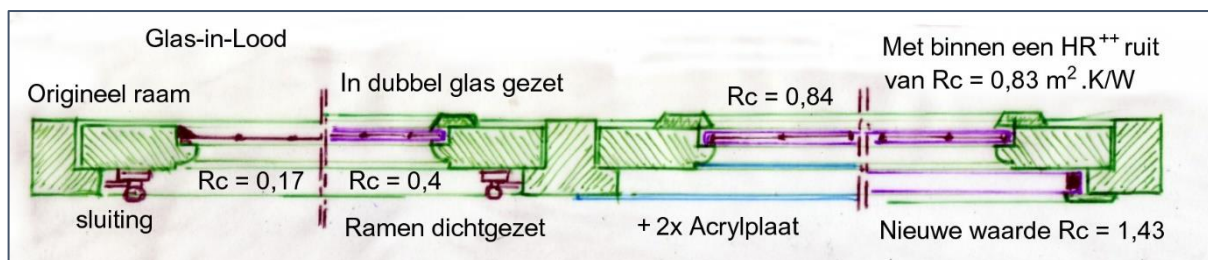
Afbeelding 38. Bij deze jaren '30 woning werden de glas-in-lood zijramen ($R_c = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) van de erker bewaard en tussen twee ruiten gezet, in de originele sponning, met een opdeklat op het kozijn. De nieuwe isolatiewaarde is waarschijnlijk slechts $R_c \approx 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Alle slaapkamers op de etage hebben ook deze glas-in-lood ramen.

Bij een thermische verbetering van het glas moest bij beschermd dorpsgezicht het aanzicht van het kozijn behouden blijven.



¹⁴ De toepassing van argon met lood is niet mogelijk. Hierdoor blijft de isolatiewaarde onder de HR⁺⁺-waarde.



Afbeelding 39. Links: Eerste en huidige situatie. De ramen waren reeds na de verbetering van het GiL dichtgezet. Rechts de optie met tweemaal een acrylplaat voor de slaapkamers op de etage. Uiterst rechts: plaatsing van een HR++ ruit aan de binnenzijde van de erker. Hiermee wordt ook de isolatiewaarde van het raam beter.

Vanwege het smalle kozijn- en raamhout in deze erker is het niet aanbevolen om de sponning van het raamhout uit te frezen. Een optimale verbetering is door aan de binnenzijde in de sponning tussen raamhout en kozijn een HR++ ruit te plaatsen (of beter isolerend). Wel eerst de vaste ruiten goed schoon maken ☺.

Met een dun transparant sanitaire kit/lijm blijft de ruimte tussen de ruiten vuil en vochtvrij. Voor de ruiten van de eerste etage slaapkamers kan de goedkopere toepassing met de Acrylruiten worden toegepast, maar ook door twee keer isolerende raamfolie toe te passen. In dit laatste geval zijn de kosten in een enkel stookseizoen terugverdiend.

Bij slaapkamer ramen die open moeten staan voor de ventilatie kan alleen de eerste Acrylplaat of raamfolie op het raam worden toegepast.

Afbeeldingen 40. In sommige houten ramen zit een profiel van 2 mm. Deze dikte is precies genoeg voor een 2 mm Acrylaatplaat. In die sponning wordt dan een transparant tweezijdig plakband geplakt en de plaat er tegenaan gedrukt. Hierdoor wordt een luchtsponw van 18 mm - 20 mm gecreëerd. Duurzame en goedkope oplossing.

