

INGENIEURSBUREAU



VAN DER KLEIJ

Thermografisch onderzoek + Advies verduurzaming

Opdrachtgever:

Gemeente Utrechtse Heuvelrug

Op alle diensten van Ingenieursbureau Van der Kleij zijn de leveringsvoorwaarden van toepassing conform DNR 2011.

ir. P.S. van der Kleij

Boccherinistraat 2, 6815 GX Arnhem

mob. 06-53 34 35 02

info@irvanderkleij.nl
www.irvanderkleij.nl



Vooranzicht



Blowerdoor (meetventilator) in de voordeur

Inhoudsopgave

Beschrijving van de woning	4
Meetgegevens	6
Omschrijving van de werkzaamheden en randvoorwaarden van de metingen	7
Luchtdichtheidsmeting	7
Algemene toelichting op het onderzoek	8
Algemene opmerkingen t.a.v. de thermografische opnamen	8
Geconstateerde gebreken en advies op hoofdlijnen.....	9
Installaties.....	16
Naar gasloos of hybride.....	18
Samenvatting advies.....	20
Thermische opnamen buitenzijde	21
Thermische opnamen binnenzijde	26
Bijlagen A: Schimmel	39

Beschrijving van de woning

De woning is gebouwd in 1978.

De begane grondvloer is een ongeïsoleerde, zogenaamde 'balkjes-broodjes' vloer. Dit is een prefab betonnen vloer bestaande uit betonliggers met daartussen holle betonelementen. Hier overheen ligt een dunne laag beton en een cementdekvloer.

De verdiepingvloeren zijn van beton, in het werk gestort.

Ook de bouwmuren zijn van beton. Opvallend is dat de vloeren bij de voor- en achtergevel over de laatste meter onder 45 gr omhoog lopen naar het dak. Zie schets hiernaast.

Het dak is een gordingenkap met daarop een Opstalan prefab dakplaat, bestaande uit spaanplaat met daarop 30 mm pur-isolatie. Het dak is op zolder aan de binnenzijde door de bewoners extra geïsoleerd met 120 mm glaswol.

Aan de achterzijde is ca. 25 jaar geleden over de halve breedte een prefab dakkapel geplaatst met een kunststof kozijn met standaard isolatieglas.

In dit dakvlak zitten vier Velux dakramen, drie met dun, oud isolatieglas. De kleinste is nieuwer en heeft HR++ isolatieglas.

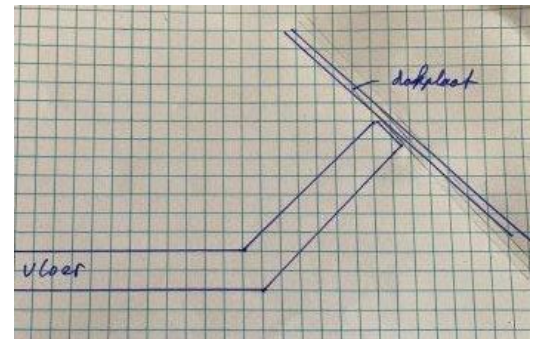
Op de tweede verdieping zit aan de voorzijde over de volle breedte een balkon. Dit zal naar de onderliggende kamer niet of nauwelijks geïsoleerd zijn. De buurman heeft het balkon bij de woning getrokken.

De voordeur ligt terug. Het buitenplafond is de vloer van de slaapkamer en de badkamer. Zowel het buitenplafond als de vloer zorgen voor extra warmteverlies door koudebruggen en extra verliesoppervlak.

De gevels zijn:

- Spouwmuren met een spouw variërend van 60-80 mm, geïsoleerd met 20-30 mm steenwol. Tussen de isolatie en het buitenblad zit nog een open spouw variërend tussen 25-50 mm.
- Aan de achterzijde heeft alleen de begane grond een gevel. De rest is een lang dakvlak.
- De voorgevel is tussen de kozijnen afgewerkt met kunststof schroten. Hierachter zit metselwerk.
- De kozijnen zijn naar schatting 25 jaar geleden vervangen door kunststof kozijnen, behalve in de woonkamer achter. Dat kozijn is nog origineel hout, met daarin een schuifpui.
- Het voordeurkozijn is van aluminium, naar schatting ook 25 jaar oud.
- Het glas is grotendeels standaard isolatieglas, deels HR++:
 - o In de kunststof kozijnen zit standaard isolatieglas $U = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.
 - o In de aluminium voordeur pui zit standaard isolatieglas $U = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.
 - o De houten pui in de achtergevel van de woonkamer is recent voorzien van zeer goed HR++ glas (Eclaz One) met $U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dat isoleert 20% beter dan standaard HR++ glas en zorgt voor meer comfort door minder koude straling en koudeval.
 - o Het kleine, nieuwste Velux dakraam op zolder heeft HR++ isolatieglas; $U = \text{ca. } 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. De andere drie dakramen zijn oud en hebben standaard isolatieglas met een dunne spouw; $U = \text{ca. } 3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

De isolatiewaarden van de verschillende ruiten verschillen dus nogal. De spouwbreedte tussen het glas bepaalt, samen met de coating en gasvulling, de isolatiewaarde van het glas. HR++ heeft een $U \leq 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. HR+ heeft een $1,3 \leq U \leq 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.



De **U-waarde** is de energie (in Watt = Joule/sec) die per m² naar buiten gaat per graad temperatuurverschil tussen binnen en buiten.

Huidige isolatiewaarden van de woning Rc:

Het originele dak	1,03 m ² .K/W
Het nageïsoleerde dak op zolder	4,5
Spouwmuur, enigszins geïsoleerd	0,69
Begane grondvloer	0,26

De isolatiewaarden van de dakkapel hebben we niet kunnen achterhalen. Dat zal tussen de 1,3 en 2,5 m².K/W liggen.

De woning wordt verwarmd met een HR combiketel die op zolder boven de trap hangt.

Op de vliering hangt een Itho woonhuisventilator die alleen de badkamer permanent afzuigt en geregeld kan worden met een meerstandenschakelaar.

In het balkonkozijn zit een ventilatierooster in het glas.

De slaapkamers worden geventileerd door een raam open te zetten. De kunststofkozijnen hebben draaikiepramen die in verschillende kiepstanden vastgezet kunnen worden.

De Velux dakramen zijn standaard voorzien van een ventilatieklep en hebben daarnaast een ventilatiestand waarin het raam kan worden vastgezet. Overigens tellen Velux dakramen en ramen in het Bouwbesluit voor nieuwbouw niet mee als ventilatiemogelijkheid. Wel als spuimogelijkheid.

De afzuigkap blaast naar buiten via een kunststof gevelrooster met weinig doorlaat.

Gasverbruik vorig jaar 333 m³, wat bijzonder laag is. Zeker omdat hierin ook het warmwater verbruik zit.

Houtstook ca. 5 m³ hout, dit is gelijk aan ca. 900-1000 m³ gas

Dus totaal ca. 1250 m³ gas(equivalent)/jaar

Van de woning wordt nagenoeg alleen de woon-/eetkamer verwarmd.

Er wordt elektrisch gekookt.

De woning heeft 10 zonnepanelen.

Meetgegevens

Opnamen buitenzijde 25-04-2024
Opname buitenzijde 07-05-2024

Bouwdetails (uit de verkoopbrochure)

Netto inhoud van het gebouw **388 m³** (wat relatief veel t.o.v. het vloeroppervlak, door de schuine dakvlakken en de hoogte op zolder.
Verwarmd vloeroppervlak **114 m²**

Weersgesteldheid:

	25-04-2024	07-05-2024
Tijd	6.05 u	10.25 u
Buitentemperatuur	2,8 °C	15,9 °C
Luchtvochtigheid	95 %	57 %
Windsnelheid	2 m/sec	3 m/sec
Windrichting	ZW	NO
Luchtdruk	1007 hPa	1018 hPa
Binnentemperatuur	ca. 16 °C	20 °C
Luchtvochtigheid		50%
	licht bewolkt	zonnig

Meetapparatuur:

Thermografische camera: Flir E95
Blowerdoor (meetventilator) Retrotec 6000
Drukmeter Retrotec DM32

Omschrijving van de werkzaamheden en randvoorwaarden van de metingen

Op 25 april om 6.30 u is de woning aan de buitenzijde opgenomen met de warmtebeeldcamera. Het weer was, ondanks de tijd van het jaar, ideaal: lage temperatuur, droog en weinig wind. De hele woning was gedurende de nacht niet extra verwarmd; naar schatting was de binnentemperatuur 16 °C, zodat er tussen binnen en buiten een mooi temperatuurverschil was van ca. 13 °C.

Het onderzoek binnen is op 7 mei uitgevoerd tussen 8.00 en 12.30 u. De woning was gedurende de nacht zo egaal mogelijk verwarmd op 18-20 °C. Ondanks het geringe temperatuurverschil tussen binnen en buiten en het zonnige weer heb ik toch opnamen kunnen maken waar veel uit te halen is. De blowerdoor (meetventilator) is opgesteld in de voordeur. De ventilatie in de badkamer en het rooster van de afzuigkap zijn afgeplakt.

Met de blowerdoor is de woning op 50 Pa onderdruk gebracht en vervolgens is de hele woning opgenomen met de warmtebeeldcamera.

Aan het eind van het onderzoek is de luchtdichtheid gemeten. Dit geeft een indruk hoe de woning is gebouwd t.o.v. andere woningen.

Luchtdichtheidsmeting

De luchtdichtheid van de woning is bij de meting bepaald op $q_{v10}^* = 1,13 \text{ l/sec/m}^2$ en de $n50^{**} = 3,17$ x de inhoud/uur. **Zie toelichting hieronder.**

Dit geeft een indruk hoe luchtdicht de woning is gebouwd. Je zou ook kunnen zeggen hoe tochtig de woning is. **Tocht** zorgt voor onnodig warmteverlies, maar ook voor discomfort. Bijvoorbeeld koude lucht die over de vloer trekt of ons in de nek waait. Reden om de kachel nog een graadje hoger te zetten. Geregeld hoor ik 'maar tocht is toch juist goed, dat zorgt voor frisse lucht'. Alleen tocht kunnen we niet regelen en frisse lucht door **ventilatie** wel! Per persoon hebben we 25-30 m³/h nodig. Dus met 4 personen volstaat 100 m³/h. Best weinig dus. Alleen na het douchen of tijdens het koken hebben we meer nodig. Frisse lucht door tocht kunnen we niet regelen. Op een stille, warme zomerdag kunnen we alles op zetten, maar gebeurt er niets. Terwijl bij windkracht 5 door deze woning met alle ramen dicht misschien wel 400 m³/h waait.

N.B. het verbeteren van de luchtdichtheid moet altijd in combinatie met het aanbrengen van goede ventilatie.

Van de vijf onderzochte woningen is deze woning veruit het beste gebouwd. Deze woning is in 1978, na de energiecrisis gebouwd. De andere woningen rond 1970. Dat de andere woningen lekker zijn komt vooral doordat bij de andere woningen het dakbeschoot uit houten delen bestaat en bij deze woning 'geïsoleerde' prefab dakplaten zijn gebruikt met aanzienlijk minder kieren. En de bewoner heeft de zolder geïsoleerd en aan de binnenzijde luchtdicht afgewerkt met gipsplaten. Toch kan de luchtdichtheid nog verbeterd worden, wat het comfort verbetert en het ook het energieverbruik verder naar beneden kan brengen.

* In Nederland bepalen we voor de **luchtdichtheid** de q_{v10} . Dit is de luchtlekkage bij 10 Pa drukverschil over de schil, gerelateerd aan het gebruiksoppervlak van de woning. 10 Pa is de gemiddelde windsnelheid in Nederland, te weten 2-3 bft. De q_{v10} wordt aangegeven in l(ter)/sec/m².

Voor nieuwbouw mag de q_{v10} volgens het Bouwbesluit maximaal $1,0 \text{ l/sec/m}^2$ zijn, maar gebruikelijker is om deze te maximeren op $0,6$ of $0,4 \text{ l/sec/m}^2$. Bij zeer energiezuinige woningen zelfs $0,15 \text{ l/sec/m}^2$. (Bij deze woning blies ik dus bij 10 Pa $124 \times 2,0 = 248 \text{ l/sec}$, oftewel $893 \text{ m}^3/\text{h}$ door de woning).

****** In andere landen wordt de n_{50} gebruikt. Dit is de luchtlekkage ten opzichte van de inhoud van de woning bij 50 Pa drukverschil (zeg maar 5 bft). Bij zeer energiezuinige woningen is de $n_{50} < 0,6$. (Bij deze woning blies ik dus bij 50 Pa drukverschil $300 \text{ m}^3 \times 8,4 = 2.520 \text{ m}^3/\text{h}$ door de woning).

Mijn collega heeft een kennisblog geschreven over nut & noodzaak van luchtdichtheid:

www.plushuis.nu/luchtdicht

Het meetrapport zelf zit in een apart bestand.

Algemene toelichting op het onderzoek

Met de thermografische opnamen buiten en de thermografische opnamen binnen - waarbij de woning op windkracht 5 onderdruk is gezet - wordt mij duidelijk hoe de woning is gebouwd, waar en hoe de woning is geïsoleerd en waar warmte weglekt. Uiteraard aangevuld met wat de bewoners over de woning vertellen en eventuele informatie uit bouwtekeningen. Ook maak ik zo nodig gebruik van een endoscoop om in de constructie te kijken.

Algemene opmerkingen t.a.v. de thermografische opnamen

De thermografische beelden zijn als bijlage achterin dit rapport opgenomen. 'Hoe blauwer hoe kouder'. Dat betekent: aan de buitenzijde is koud goed en betekent oranje/geel warmteverlies. Aan de binnenzijde is dat andersom.

Om een zo duidelijk mogelijk thermografisch beeld te krijgen, is de temperatuurschaal bij elke opname met zoveel mogelijk contrast ingesteld. Dat wil zeggen dat alle kleuren van het spectrum in de opname worden weergegeven. Dat betekent wel dat de temperatuurschaal per opname kan verschillen.

Bij de thermografische opnamen aan de binnenkant is de woning op 50 Pa onderdruk gezet. Vergelijkbaar met windkracht 5 die rondom op de schil staat. In werkelijkheid zal wind alleen aan de windzijde zorgen voor binnendringende lucht, door de overdruk aan die kant. Aan de lizijde van de woning zal onderdruk ontstaan, waardoor daar warme lucht uit de woning wordt gezogen. Dit is op de thermografische opnamen van de buitenzijde ook te zien.

Bij de opnamen aan de binnenzijde is vooral aangegeven waar het tocht, door zogenaamde luchtlekkages. Verder worden warmtelekken via thermische bruggen (ook wel koudebruggen genoemd) aangegeven. Isolatielekken geef ik bij de opnamen aan de binnenzijde meestal niet aan, maar neem ik wel mee in mijn advies.

Geconstateerde gebreken en advies op hoofdlijnen

Geconstateerde gebreken nader bekeken:

Cursief staan eventuele oplossingen aangegeven.

Zie ook de doe het zelf filmpjes "CLUS TUTORIALS" op YouTube

<https://www.clusterwoningen.nl/woningen/kleinemaatregelen/>

Luchtdichtheid

Verbetering van de luchtdichtheid moet in combinatie met het aanleggen van een goed ventilatiesysteem in de ruimten waar geleefd wordt. Dit om een gezond binnenklimaat te waarborgen. Zie ook onder 'installaties'.

Een woning is te zien als een schoorsteen. Warme lucht stijgt op en drukt tegen het dak en ontsnapt via de openingen in het dak als het de kans krijgt. De lucht die boven ontsnapt moet op de lager gelegen verdiepingen aangevuld worden van buiten. Door kieren en naden en openstaande ramen. Behalve warmteverlies betekent dit ook een trek door het huis, die zorgt voor discomfort. Overigens zorgt deze trek ervoor dat was zo goed droogt in een trappenhuis 😊.

Deze woning is deels gecompartmenteerd. De woonkamer is afgesloten van de voordeur en ook de zolder heeft een deur. Hierdoor zal de trek in het trappenhuis beperkt zijn. Maar de zolder is met de open vliering ook hoog, waardoor hier ook schoorsteenwerking kan optreden.



In het **pannedak** zit een forse lucht lekkage rond de dakdoorvoeren net onder de nok. Hier gaat de pijp van de houtkachel, de rookgasafvoer van de c.v. en de ventilatie naar buiten. Op de opnamen aan de buitenzijde is te zien dat hier veel warme lucht verdwijnt.

Dit is redelijk eenvoudig op te lossen door een manchet van EPDM rond de pijpen aan te brengen. Omdat de zolder aan de binnenzijde is afgewerkt kan dit bij deze woning alleen van buitenaf. De truc is om in een stuk EPDM (dakbedekking) een rond gat te knippen met een diameter die de helft is van de diameter van de pijp. Door de manchet over de pijp heen te trekken en vast te lijmen EPDM lijm ontstaat een luchtdichte aansluiting op de dakplaat. EPDM is tot ca. 130 °C hittebestendig.

Het dak is aan de binnenzijde geïsoleerd en de daar aangebrachte gipsplaat is daarbij de luchtdichte laag. Het zou daarom beter zijn om de luchtdichting rond de pijpen aan de binnenzijde aan te brengen en aan te sluiten op de gipsplaten, zodat één luchtdichte laag ontstaat. Maar dat lukt hier helaas niet.

Ubbink levert standaard luchtdichte manchetten van EPDM om een dak rond pijpen af te dichten (aan de binnenzijde).



Het **dakbeschot** bestaat bij deze woning uit prefab dakplaten, fabrikaat Opstalan, bestaande uit spaanplaat met daarop houten regels en ca. 3 cm pur-schuim. Deze platen zijn behoorlijk luchtdicht, maar tochten wel op de naden en aansluitingen. Zoals te zien is op de opnamen van de binnenzijde van het dak op de kleine kamer. Dit is te verhelpen door aan de binnenzijde latten aan te brengen met daarop een luchtdichte folie afgewerkt met gipsplaat. Daarbij uiteraard meteen het dakbeschot aan de binnenzijde isoleren, tussen het dakbeschot en de aan te brengen folie.

Belangrijk is dat de folie één gesloten luchtdichte en dampremmende laag vormt aan de warme zijde van het dak, om warmteverlies én condens problemen in het dak te voorkomen. Dit kan door alle naden en aansluitingen af te plakken met speciale luchtdichte tape. *Zie onderstaande foto.*

Belangrijk is dat het dak aan de warme kant volledig luchtdicht is. Dat betekent een gesloten luchtdichte laag aan de binnenkant aanbrengen. Dit gaat het eenvoudigst door een dampremmende folie aan te brengen, die tevens inwendige condensatie en houtrot voorkomt. Waar deze folie tegen muren, balken, gordingen, etc. aanloopt moet de folie hieraan vastgeplakt worden. Ook de onderlinge naden aftapen. Met speciale luchtdichtingstape en/of luchtdichtingskit. Bijvoorbeeld van Siga, Beta, Meuwissen of Illbruck. Dit is oplosmiddelvrije tape die niet verouderd en na 50 jaar nog net zo goed plakt. Op stuc- en metselwerk moet eerst een primer worden aangebracht voor een optimale hechting van de tape.



*Voorbeeld: Gevel: isolatiefolie afgeplakt met Siga tape
Plafond: vochtvariabele folie (Siga Marjex 200) + cellulose*

*Isoleren met **biobased** materialen (vlas, houtvezel of cellulose) is nog prettiger, omdat daarmee de zolder koeler blijft in de zomer. Doordat deze materialen de binnenkomende warmte accumuleren en slechts langzaam doorlaten naar binnen. Daarnaast zit er op dit moment op biobased materialen extra subsidie!*

Over bovengenoemde isolatie bij voorkeur een speciale ('intelligente'-vochtvariabele) folie gebruiken. Deze wordt over de gordingen heen aangebracht en luchtdicht aangesloten op het stucwerk op de muren (bouwmuur, kopgevel en gevel op de verdieping. Alle naden en aansluitingen afdichten met speciale luchtdichtingstape en/of kit. Bijvoorbeeld van het merk Siga, Beta, Meuwissen of Illbruck. De ruimte tussen de folie en het dakbeschot volledig vullen met isolatie om vochtproblemen in het dak te voorkomen.

*Er kan ook met **isolatiefolie** geïsoleerd worden. Dit is een meerlaagse, dampdichte folie.*

Rond de **Velux dakramen** is tocht te zien. Het beste is om de hierboven beschreven folie door te trekken tot in de sponning van de dakramen en daar vast te zetten met folie kit of dubbelzijdige tape.

De Velux dakramen zijn deels oud en daardoor tochten de rubbers en ontbreekt het schuim op de ventilatieklep. Velux levert voor veel dakramen nog onderdelen. Kijk op het typeplaatje welk type het is. Dit zie je rechts bovenop raam zitten als je het opent. En vraag na of de rubbers kunnen worden na-geleverd.

In de vlieringvloer is koude lucht van buiten zichtbaar. Dit zal waarschijnlijk langs de dakdoorvoeren binnen komen. Zie hierboven.

De luchtdichting van de kozijnen kan verbeterd worden. Zie onder 'kozijnen'.

Uit het inbouwreservoir in de **wc** kwam behoorlijk wat lucht naar binnen. Het bleek dat rond de rioleringspijpen een behoorlijk gat in de vloer zat. *Belangrijk is om dit dicht te maken met flex pur, om te voorkomen dat vochtige lucht of radon gas uit de kruipruimte de woning in komt.*

De rooktest bevestigde het idee van de bewoner dat er veel kou door de brievenbus naar binnen kwam, ondanks de klep aan de binnenkant.

Er zijn luchtdichte brievenbussen, bijvoorbeeld van Homebox of Celdex/AMI.



Isolatie en koudebruggen

Oververhitting. Een pannendak kan in de zomer wel 75 °C worden. *Door het dak goed te isoleren zal het in de zomer op zolder ook minder warm worden. Dit geldt ook voor een plat dak. Zonnepanelen zullen het dak ook wat koeler houden in de zomer.*

Op de eerste verdieping kan het **schuine dak** (beter) geïsoleerd worden zoals hierboven is omschreven.

Omdat de eerste verdiepingsvloer aan de achterzijde schuin omhoog loopt (zie het schetsje onder 'omschrijving van de woning') zit boven de woonkamerpui een loze, driehoekige ruimte, begrensd door de betonvloer, het verlaagd plafond en het schuine dak. Zie onderstaande foto's gemaakt met de endoscoop.





Hier loopt de eerder beschreven Opstalan dakplaat door tot boven de achterpui. Hier zitten ook wat luchtlekkages, zoals te zien is aan de lucht die uit de inbouwspots komt. *Om dit stuk dakvlak extra te isoleren moet het verlaagd plafond open. Daarbij kunnen dan wel meteen de luchtlekkages in de aansluitingen opgelost worden. Deze zullen voor in de aansluiting op de gevel en de bouwmuren zitten.*

Hoe de **dakkapel** op de eerste verdieping is geïsoleerd is niet bekend. Maar gezien de leeftijd van de dakkapel (naar schatting > 25 jaar) zal dit niet heel goed zijn. *De isolatie van de dakkapel kan eventueel verbeterd worden, maar daarvoor moet de afwerking binnen of buiten open gemaakt worden. Let er op dat het extra isoleren bouwfysisch juist gebeurt.*

Op de thermografische opname is koude lucht rond de dakkapel te zien (in het plafond, onder de vensterbank en in de borstwering). Bij het plaatsen van een dakkapel is het belangrijk dat alle aansluitingen luchtdicht gemaakt worden en ook het plafond is afgesloten naar buiten. Een dakkapel is immers een uitstulping met veel aansluitingen en extra oppervlak, waardoor relatief veel warmte verloren kan gaan.

Onder het **balkon** ligt de ouderslaapkamer. Dit stuk dak zal nauwelijks geïsoleerd zijn en dus voor warmteverlies in de slaapkamer zorgen. *Als het balkon – net als bij de burens - bij de kamer wordt getrokken is dit opgelost.*

Een andere oplossing is om het plafond aan de onderzijde te isoleren. Dit moet bouwfysisch wel goed uitgevoerd worden om het risico op schimmel/condens tegen de onderzijde van het balkon te beperken. Isolatie op het balkon zal lastig zijn omdat dan alle aansluitingen (muren, opstanden en de pui) voldoende omhoog moeten. Minimaal is 7 cm opstand nodig, bijvoorbeeld tussen lood en dakbedekking.

De terugliggende **entree** zorgt ook voor extra warmteverlies. Vooral als de wind er op staat. Enerzijds door het extra verliesoppervlak: bovenliggende badkamer en slaapkamer, zijmuur toilet en keuken. Maar ook doordat de vloeren (1^e verdieping en begane grond) van binnen naar buiten doorlopen en zo een thermische bruggen (zogenaamde koudebruggen) vormen.

De bewoner kwam met de oplossing van een tweede buitendeur in het vlak van de voorgevel, waardoor een halletje ontstaat. Dat is een goede oplossing, maar daarvoor zal een bouwvergunning nodig zijn omdat het gevelaanzicht wijzigt. Die dan wel weer gecombineerd kan worden de bouwvergunning voor het dichtbouwen van het balkon.

Op de opname van de zijgevel is goed te zien dat een carport of overkapping naast het huis helpt om het warmteverlies te beperken. De warmte blijft er onder hangen en de uitstraling van de warmte naar de hemel wordt beperkt.

In de voorgevel zijn ook op zolder **thermische bruggen** te zien:

- Op het balkon in de binnenhoek met de buurman. De originele gevel loopt zo te zien bij de buurman van binnen naar buiten, zonder onderbreking. *Dit is niet meer op te lossen.*
- In het dakvlak voor en achter boven de bouwmuren. We hebben de pannen gelicht en gezien dat de betonnen bouwmuren doorlopen tot boven de dakplaten, wat op zich gebruikelijk is. Tussen de bouwmuren en de dakpannen is wat steenwol gepropt. Ook kan het zijn dat de kier tussen bouwmuur en de dakplaten tocht, waardoor warme lucht langs de dakplaten ontsnapt en de pannen opwarmt. *De dakpannen boven de bouwmuur opnemen. De kier tussen dakplaat en bouwmuur afdichten met flexpur. De steenwol isolatie tussen bouwmuur en de dakpannen aanvullen.*
- Ter hoogte van de balkonvloer in de hoek voor-/zijgevel. *Of deze koudebrug beter of slechter wordt als de gevel wordt na-geïsoleerd moet door het isolatiebedrijf beoordeeld worden!*

De (spouw)muren

De **spouw** van woning is 50-70 mm en tijdens de bouw al voorzien van 20-30 mm steenwol (met de endoscoop bepaald net boven maaiveld). *Doordat de spouwbreedte varieert is er nog 20-40 mm ruimte over eventueel extra isolatie. Dat kan dan alleen nog met schuim (b.v. ComfoFoam of EnviroFoam). Dit is dun vloeibaar als het wordt ingebracht, maar hard uit tot schuim.*

Het thermografisch beeld van de gemetselde gevels is behoorlijk egaal, wat er op duidt dat de spouw overal goed gevuld is en de isolatie niet is uitgezakt. Met de endoscoop is geconstateerd dat de pakking redelijk is.

Op maaiveld hoogte straalt de gevel meer warmte uit dan normaal. Waarschijnlijk is de spouw onder maaiveld daar vervuild. Hier zit dus geen isolatie, waardoor een thermische brug ontstaat. *Dit is alleen op te lossen door de gevel per meter open te maken en het vuil er uit te halen.*

De kozijnen:

De **kunststof kozijnen** en de aluminium voordeur pui hebben standaard isolatieglas U-waarde 3,0 W/m².K. Dit is aanzienlijk slechter dan HR++ glas met een U-waarde van 1,0-1,1 W/m².K. *Dit glas is relatief eenvoudig te vervangen door de rubbers uit de glaslatten te trekken en de glaslatten voorzichtig naar het glas toe te drukken. Daardoor komen ze los. Doordat de glaslatten in verstek gezaagd zijn zal dit eenvoudiger gaan bij grote ruiten. Let wel op dat de glaslatten heel blijven, want het kan moeilijk zijn om nieuwe te vinden.*

De rubbers in de kunststof kozijnen (die > 25 jaar oud zijn) kunnen vervangen worden zodat ze beter afsluiten. De nokjes die in een kunststof raam zitten zijn excentrisch. Door ze te draaien wordt het raam beter in de rubbers gedrukt. Verkrijgbaar bij de luchtdichtshop.nl.

De houten schuifdeur in de eetkamer tocht. Daar is niet eenvoudig iets aan te doen. Schuifdeuren tochten meer dan openslaande deuren, omdat ze niet in de rubbers gedrukt worden.

Rond de houten en kunststof kozijnen tocht het op sommige plaatsen zoals aangegeven bij de thermografische opnamen.

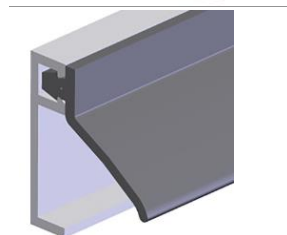
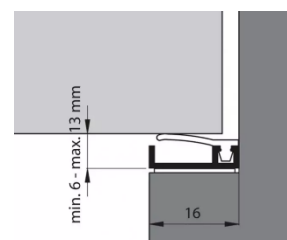
Deze naden tussen kozijn en vensterbank/muur afkitten met een goede, elastische kit. Dit kan een schilder of timmerman doen. Echter kit kan maar weinig beweging opvangen en kan (snel) kapot gaan. Beter is het daarom om deze aansluitingen met luchtdichtingstape af te dichten en hier overheen een aftimmerlat te plaatsen.

Houten ramen en deuren die geen tochtstrips hebben of niet goed sluitende tochtstrips die op het kozijn gespijkerd zitten geven discomfort door tocht.

*Om de tocht dichtheid te verbeteren de **tochtstrips** vervangen en het sluitwerk 'knevelend' afstellen. Bij voorkeur door tochtstrips in de sponning te plaatsen, tussen het kozijn en de deur/raam. Daarvoor moet wel minimaal 6 mm ruimte gecreëerd worden door de deur/raam naar buiten te plaatsen.*

De beste tochtstrips zijn de volrubber Buva Solidseal. Die hebben een grotere 'slag'. Ze kunnen geniet of geplakt worden met dubbelzijdig tape. Nadeel is dat ze er alleen in 17 mm breedte zijn en oudere kozijnspouwingen zijn soms maar 15 mm breed. Zie [SolidSeal Renovatie tochtprofiel](http://SolidSeal.Renovatie.tochtprofiel) (luchtdichtshop.nl)

De standaard, aluminium tochtstrips van Ellen bestaan wel in 14 mm breed.



Het meeste glas is standaard **isolatieglas** met een U-waarde van 3,0 W/m².K.

Het glas in het houten kozijn in de woonkamer is al vervangen door zeer goed HR++ (Eclaz One) met een U-waarde 1,0 W/m².K. De kunststof afstandhouders tussen de glasbladen zorgen voor minder warmteverlies langs de randen en daar zal dus minder condens optreden dan bij de standaard metalen afstandhouders. Zie de bijlage achterin voor de toelichting.

Vervang het glas het liefst door glas met een zo laag mogelijke U-waarde, bijvoorbeeld HR++ glas met U = 1,1 of 1,0 W/m².K. Belangrijk is dat de spouw tussen het glas 15 mm is. Wordt namelijk glas met een dunnere spouw toegepast dan wordt de isolatiewaarde slechter!

Speciaal HR++ b.v. 'Eclaz One' spouw 15 mm heeft U = 1,0 W/m².K.

Standaard HR++ spouw 15 mm

U = 1,1

Idem met spouw 13 mm

U = 1,2

Idem met spouw 12 mm

U = 1,3, dit mag dan geen HR++ heten.

Idem met spouw 9 mm

U = 1,6, idem.

Tripleglas ($U = 0,6-0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$) isoleert nog beter en zorgt voor minder koudestraling en koudeval waardoor het comfort kan verbeteren. Zeker in combinatie met vloerverwarming. Bij tripleglas is het nog belangrijker dat het vochtgehalte in de woning voldoende laag blijft door een goed ventilatiesysteem en dat koudebruggen vermeden worden om schimmel te voorkomen.

***Koudeval** ontstaat doordat lucht bij het glas afkoelt, daardoor zwaardoor wordt en langs het glas naar beneden valt. De koude lucht stroomt vervolgens over de vloer en zorgt voor koude voeten en discomfort. Om die reden hebben deze bewoners de achtergevel voorzien van heet goed HR++ glas.*

De **borstweringen** in de kozijnen (de kunststof delen onder het glas) kunnen waarschijnlijk geïsoleerd worden. We hebben niet achter de kunststof schroten kunnen kijken. *Dat moet van buitenaf omdat aan de binnenzijde deels metselwerk zit.*

Daken/plafonds/vloeren

Het isoleren van het pannendak heb ik al besproken bij luchtdichtheid.

De **begane grondvloer** bestaat uit betonnen balken en broodjes. Deze is nog niet geïsoleerd. *Deze kan vanuit de kruipruimte geïsoleerd worden met bijvoorbeeld PIFF-isolatie, of bespoten worden met PUR of Icynene (watergeblazen PUR). Daarbij wordt ook een deel van de fundering mee geïsoleerd.*

Als er c.v. leidingen in de kruipruimte lopen deze verwijderen en binnen de isolatie aanbrengen. Of ze eventueel goed (mee) isoleren.

De kruipruimteventilatie laten herstellen door het isolatiebedrijf.

Bodemisolatie in de kruipruimte door losgestorte EPS-parels of Drowa chips is ook een optie, maar dit is minder effectief dan isolatie tegen de onderzijde van de vloer.

Installaties

Als de luchtdichtheid verbeterd wordt is het belangrijk om ook goede ventilatie aan te brengen.

Als **c.v. leidingen** door de kruipruimte of een andere, ongeïsoleerde ruimte lopen verliezen ze onnodig warmte.

Het is zinvol dan om deze binnen de warme schil te brengen of ze goed (= dik) te isoleren.

Een moderne c.v. ketel heeft het hoogste rendement als de temperatuur op 60 °C of lager wordt ingesteld. Dan wordt namelijk de warmte uit de rookgassen teruggewonnen. En de c.v. leidingen verliezen onderweg minder warmte.

Het is proberen hoe laag de keteltemperatuur kan om het bij koud weer nog behaaglijk te hebben. Ook kan het zijn dat de keteltemperatuur weer iets omhoog moet als het te lang duurt om de woning op temperatuur te krijgen.

*Een goed, permanent **ventilatiesysteem** aanbrengen. Minimaal systeem C (centrale afzuiging van badkamer, keuken en toilet gecombineerd met luchttoevoer in de verblijfsruimten, meestal met roosters in het glas). Bij voorkeur zelf-regelende roosters (type ZR) toepassen, omdat deze minder tochtklachten geven (ze gaan steeds dicht naarmate het harder waait).*

Of nog beter een energiezuinig systeem D (balansventilatie met warmteterugwinning, WTW). Balansventilatie is veel comfortabeler omdat de ingeblazen lucht 17-19 °C is. Bij roosters in het glas komt de buitenlucht onverwarmd binnen. Waardoor ze, zeker i.c.m. vloerverwarming, zorgen voor kou klachten, doordat de koude lucht uit de roosters naar beneden valt en over de vloer trekt. Bijkomend voordeel is dat bij systeem D de lucht eenvoudig van een goed filter kan worden voorzien dat fijnstof tegenhoudt (houtstook en uitlaatgassen) of zelfs pollen. Deze voordelen hebben roosters in het glas niet.

Systeem D bespaart t.o.v. systeem C zeker 200 m³ gas/jaar. Beide systemen zijn in deze woning in te bouwen.

De woning is gecompartmenteerd en bijna alleen de begane grond wordt verwarmd. Dan is het een optie om de ventilatie op de begane grond en op de verdiepingen apart uit te voeren. *Op de begane grond kan dit door een **decentrale ventilatie**-unit aan te brengen. Bijvoorbeeld van Climarad. Deze levert stille, energiezuinige units met warmteterugwinning die automatisch geregeld zijn (vocht en CO₂). Er zijn ook andere, kleinere systemen op de markt, maar daarvan is de ventilatiecapaciteit te klein.*

Op de verdieping, waar minder geleefd wordt, kan dan geventileerd worden met zelfregelende ventilatieroosters in het glas in combinatie met centrale afzuiging van badkamer en toilet (zie ook hierboven onder systeem C).

Veel mensen die geen ventilatie in hun woning hebben zetten de **ramen open** om te ventileren. Dat is ook een mogelijkheid, maar minder goed te regelen dan mechanische ventilatie. Waardoor of teveel of te weinig wordt geventileerd.

Denk er aan om de ramen overdag dicht te doen als er niemand in een kamer is, om onnodig warmteverlies te voorkomen.

Waterzijdig inregelen van de c.v. installatie kan een besparing opleveren van 10% en in sommige gevallen kan het comfort verbeteren. Waterzijdig inregelen zorgt er namelijk voor dat door elke radiator de juiste hoeveelheid warm water stroomt, hoever deze ook van de ketel verwijderd is. Als de installatie niet waterzijdig is ingeregeld kan het zijn dat radiatoren die ver van de ketel zitten te weinig warmte krijgen, omdat het water vooral door de radiatoren stroomt die vlakbij de ketel zitten.

Een alternatief voor waterzijdig inregelen is temperatuurregeling per ruimte. Gewoonlijk wordt de ketel aangestuurd door een kamerthermostaat in de woonkamer. Als het daar warm genoeg is gaat de ketel uit. Als bv in de werkkamer warmte gewenst is moet de kamerthermostaat onnodig hoger gezet worden. Bij een regeling per ruimte gaat de ketel aan als in een willekeurige ruimte warmte wordt gevraagd. Bijvoorbeeld Evohome of Tado.

Naar gasloos of hybride

De ambitie van de gemeente is dat uiterlijk in 2050 alle woningen van het aardgas af zijn. Voor uw wijk is nog niet bepaald wanneer dit zal zijn maar het moment zal een keer komen. U werkt daar samen met de gemeente binnen de Duurzame Wijk naar toe. De kans is op dit moment het grootst dat het alternatief voor aardgas een individuele warmtepomp zal zijn.

Belangrijk is dat u alle maatregelen **No-Regret** uitvoert. Dat wil zeggen dat u ze zo uitvoert dat u ze niet overnieuw hoeft te doen als u van het gas af wilt. Dus niet te dun isoleren maar meteen voldoende dik. Zie onder 'samenvatting advies'.

Om volledig van het gas af te kunnen gaan hanteren wij een aantal checks:

- Kan de keteltemperatuur naar 50 °C, maar liever nog naar 40 °C? Blijft het dan behaaglijk?
- Kan het huidige afgiftesysteem bij die lage temperatuur voldoende warmte afgeven?
- Is het energieverbruik voor verwarming minder dan 50 kWh/m² (5 m³ gas/m²) over een heel jaar?

Er bestaan verschillende soorten warmtepompen. Maar het idee erachter is steeds hetzelfde. Een warmtepomp haalt warmte uit een bron: de buitenlucht, de bodem of het grondwater. De warmtepomp perst deze samen zodat er bruikbare warmte ontstaat. Hiermee wordt vervolgens je woning en eventueel ook je kraanwater verwarmd. Een warmtepomp werkt op stroom. Maar een warmtepomp gebruikt veel minder elektriciteit dan wanneer je elektrisch verwarmt zonder warmtepomp. Dit komt doordat een warmtepomp vooral gebruikmaakt van de bestaande warmte uit de bron.

De meeste warmtepompen zijn zogenaamde lucht-water warmtepompen met een buitendeel dat zijn warmte uit de lucht haalt. Nadeel is dat deze buitenunits geluid maken. Bij de keuze van een warmtepomp en het bepalen van de plaats daar rekening mee houden. Ze worden overigens wel steeds stiller.

Daarnaast zijn er water-water warmtepompen die de warmte uit de grond halen middels een bodemlus of van het dak uit PVT panelen (zonnepanelen met daaronder warmtepanelen). Zo'n installatie is duurder dan een luchtwaterwarmtepomp, maar ze zijn efficiënter zowel bij verwarmen als bij koelen.

Er komen steeds meer warmtepompen met propaan als koudemiddel op de markt. Deze kunnen hoge temperaturen leveren, maar bedenk wel dat hoe lager de ingestelde temperatuur hoe efficiënter een warmtepomp werkt. Dit wordt uitgedrukt in de COP (coëfficiënt of performance). Het rendement over een heel jaar heet de SCOP (seasonal coëfficiënt of performance). Beide dalen sterk bij een hoger ingestelde temperatuur.

Let op ze worden aangegeven als A7/W35, dat wil zeggen bij een buitentemperatuur van 7 °C en een watertemperatuur van 35 °C. Dus bij een ΔT van 28 °C. Als je een watertemperatuur nodig hebt van 50 °C om het bij -10 °C warm te krijgen heb je een ΔT van 60 °C. De COP daalt exponentieel bij een grotere ΔT !

Warmtepompen op propaan hebben nog een groot voordeel. Propaan is als koudemiddel veel minder belastend voor het milieu.

Zowel op warmtepompen als op hybridewarmtepompen wordt subsidie gegeven. Bij een hybride systeem (verplicht vanaf 2026 bij aanschaf van een nieuwe CV-ketel) komt het binnendeel van de warmtepomp naast de ketel te hangen. De ketel blijft zorgen voor het warm tapwater en voor de verwarming als het te koud is voor de warmtepomp. Dit heeft een aantal voordelen t.o.v. een all electric oplossing:

- Een lagere investering, o.a. omdat geen boiler nodig is.
- Heeft weinig ruimte nodig, omdat geen plek voor een boiler nodig is.
- Kan ook worden toegepast bij matig geïsoleerde woningen.

Nadelen:

- De gasaansluiting blijft en daarmee ook de kosten van dit vastrecht.
- Met een hybride warmtepomp kan meestal niet gekoeld worden.

De ketel zorgt globaal voor 40% van de verwarming (als het buiten koud is) en het warme water. De warmtepomp doet de rest. Na aftrek van subsidie is dit een interessante maatregel.

Advies: als de woning nog niet goed genoeg is geïsoleerd om van het gas af te gaan => hybride ketel.

Als de woning goed genoeg geïsoleerd wordt direct overstappen op een volledig elektrische warmtepomp.

Samenvatting advies

Ik zou de volgende maatregelen nemen:

1. De gaten rond de pijpen in het dak dichtten.
2. De begane grondvloer isoleren.
3. Luchtdichte brievenbus.
4. Het pannendak op de eerste verdieping isoleren en luchtdicht maken.
5. Een goed ventilatiesysteem aanbrengen. Zeker als de woning luchtdichter gemaakt wordt.
6. Kierdichting ramen en deuren. Ook de Velux dakramen.
7. Het glas vervangen door HR++. Ook de Velux dakramen.
8. Door de temperatuur van de c.v. ketel zo laag mogelijk in te stellen kan ook gas bespaart worden. Pas bij een temperatuur onder de 60 °C werkt een ketel met een hoog rendement. Dat bij verder verlagen van de temperatuur nog beter wordt.
9. *De c.v. installatie waterzijdig laten inregelen of ruimteregeling (b.v. Honeywell Evohome) kan zowel het comfort verbeteren als energie besparen.*
10. *Dan nog de optie om een (hybride) warmtepomp toe te passen. Dat is een lucht-water of water-water warmtepomp all electric of naast de ketel.*

Isolatiewaarden:

	Huidige	nieuwbouw	minimaal gasloos
Dak	1,03-4,5 m ² .K/W	6,3 m ² .K/W	4,5 m ² .K/W
Gevel	0,69	4,7	4,5
Begane grond vloer	0,26	3,7	3,5 (hoger bij vloerverwarming)

Streefwaarde **luchtdichtheid**: q_{v10} 0,40l/sec/m² i.c.m. goede ventilatie

Toelichting bovenstaande waarden:

Huidige isolatiewaarden zijn geschat op basis van wat ik heb gezien en wat de bewoner heeft verteld.

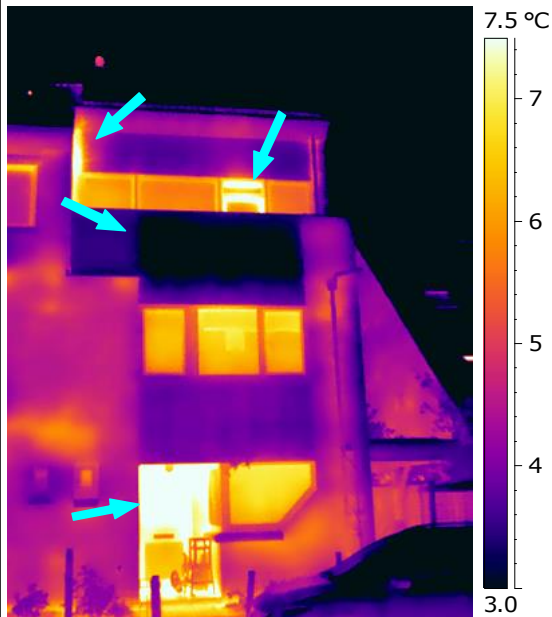
Nieuwbouw, dit zijn de eisen die als minimum gelden voor nieuwbouw woningen.

Minimaal gasloos, uit ervaring zijn dit de minimum isolatiewaarden waarmee een woning comfortabel van het gas af kan.

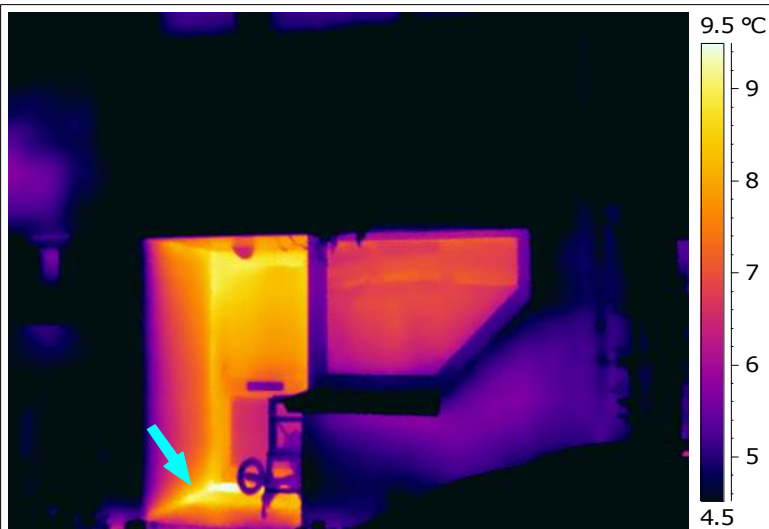
**Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang, op 25-04-2024**

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Voorgevel

a)



b)



Commentaar

a) Bij de terugliggende entree blijft de warmte hangen.

De balkondeur boven toont relatief warm. Bovenin zit een ventilatierooster. Het koude vlak op de 2^e verdieping is de borstwering van het balkon. Warme linker hoek, zie volgende blz.

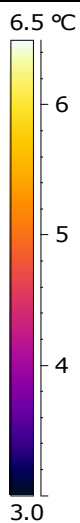
De gevel toont thermografisch vlekkelig. Dit kan duiden op isolatie die niet goed zit.

b) De entree met de temperaturen anders ingesteld. De vloer vormt een koudebrug (geleidt warmte van binnen naar buiten).

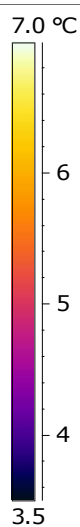
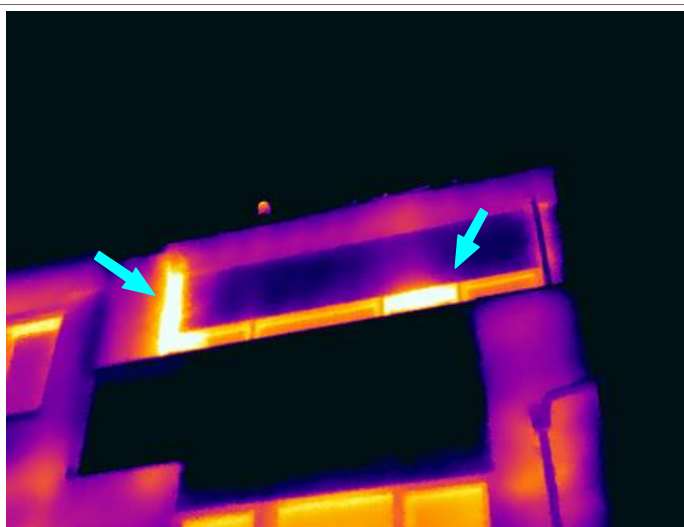
Thermische opnamen buitenzijde voor zonsopgang, op 25-04-2024

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Voorgevel

a)



b)



Commentaar

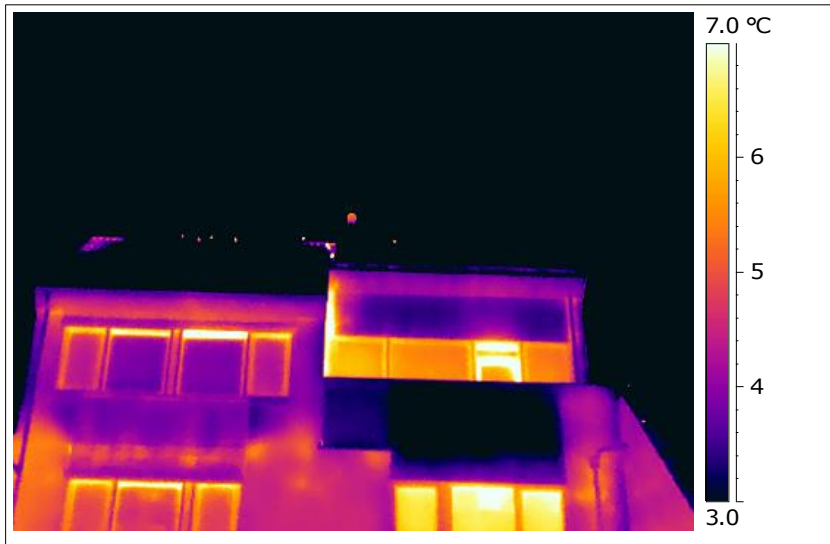
- a) De gemetselde gevels geven een vlekkelig thermografisch beeld. Deels waarschijnlijk koudebruggen ter hoogte van de betonnen 2^e verdiepings-/balkonvloer. Maar het kan ook duiden op verzakte spouwisolatie.
- b) De binnenhoek links is warm doordat de smalle penant metselwerk bij de buren doorloopt naar binnen. Zie foto rechts



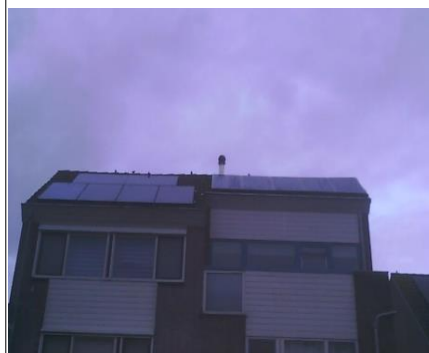
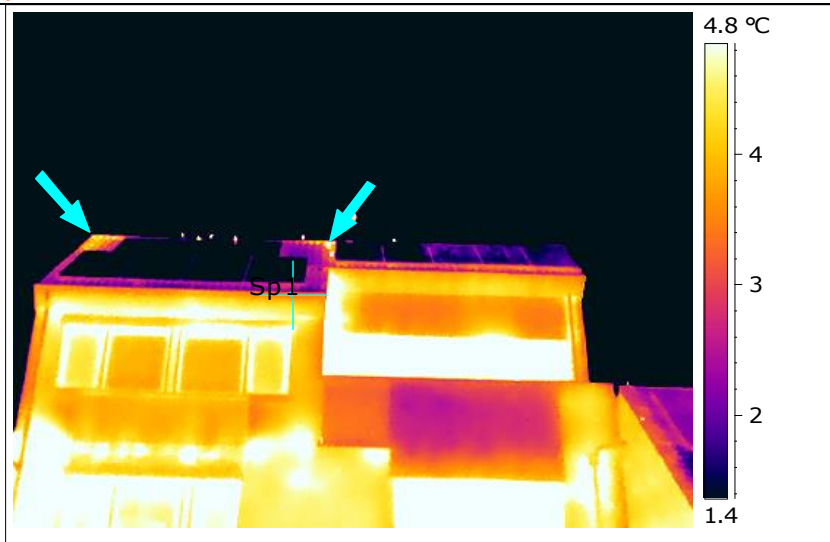
Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang, op 25-04-2024

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Voorgevel en dak

a)



b)



Commentaar

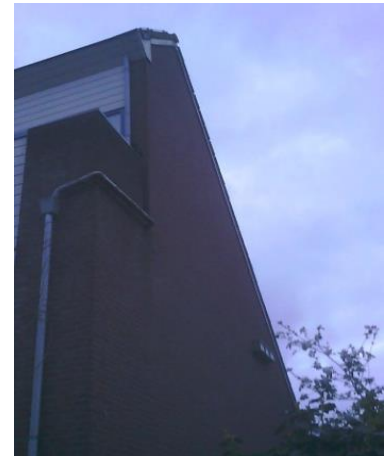
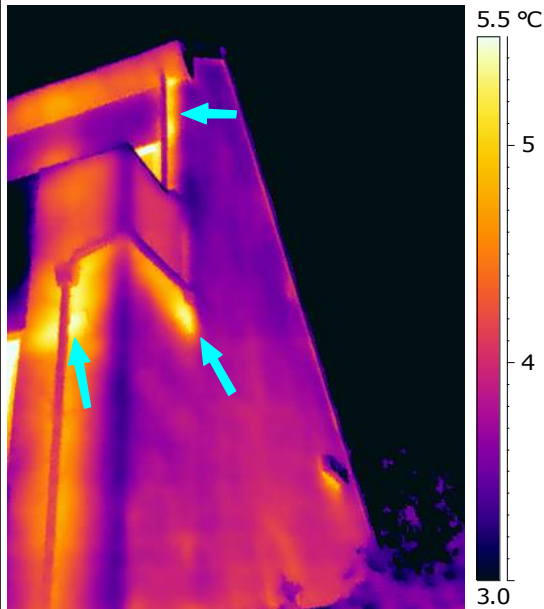
a) Zie de eerdere opnamen.

b) Dezelfde opname maar dan op andere temperaturen ingesteld, waardoor de warmte uit het dak zichtbaar wordt. Links en rechts komt warme lucht uit het dak.

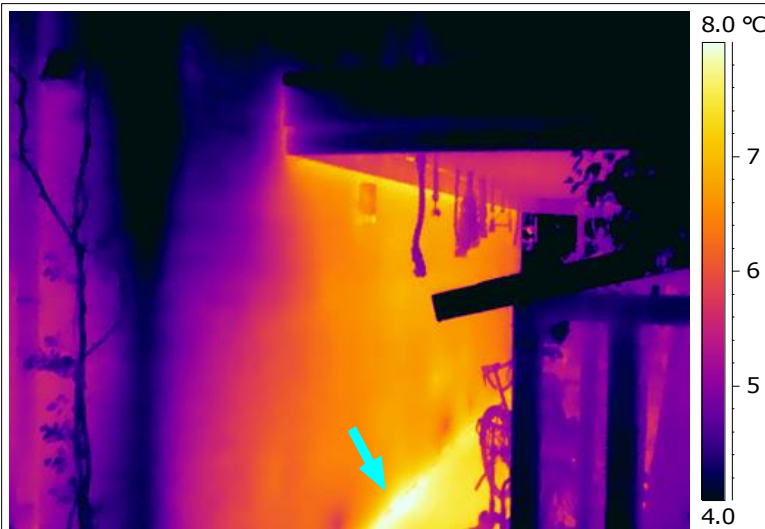
Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang, op 25-04-2024

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Zijgevel

a)



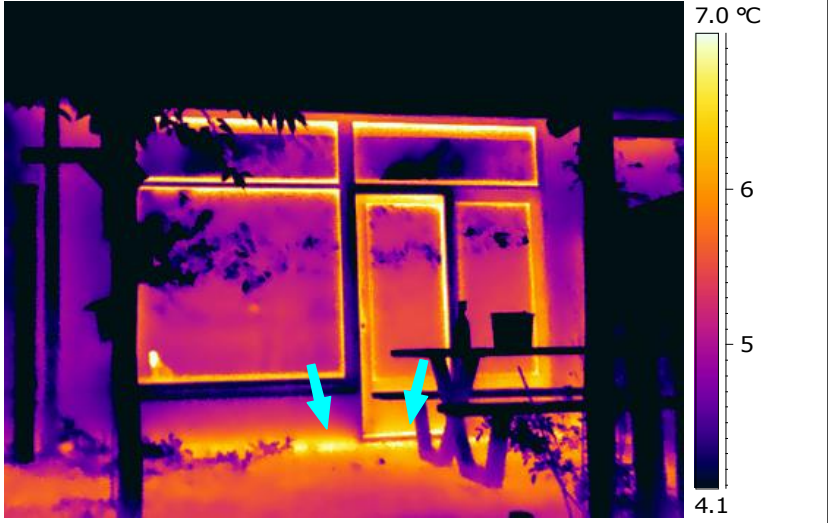

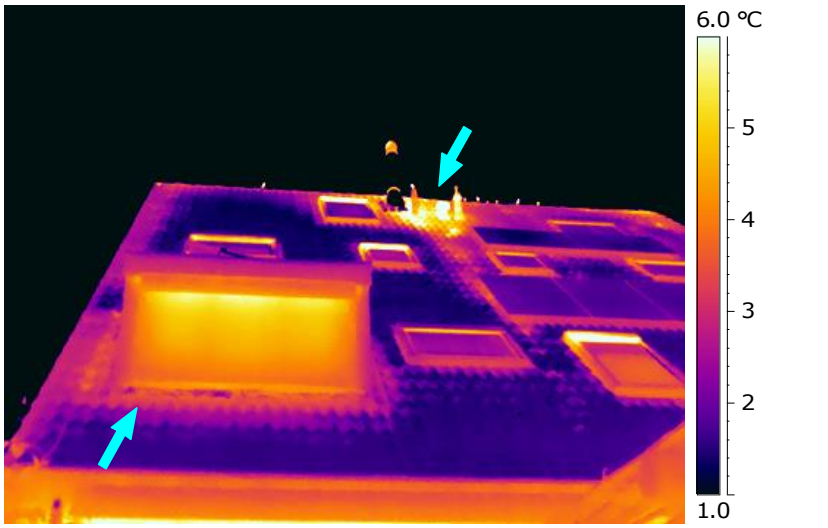

b)



Commentaar

- a) Warme vlekken in het metselwerk. Deels waarschijnlijk koudebruggen ter hoogte van de betonnen 2^e verdieping-/balkonvloer.
- b) Onder de carport blijft de warmte mooi hangen, waardoor dit stuk gevel minder warmte verlies. Op maaivelhoogte is de warmteuitstraling groter dan gebruikelijk. Dit kan duiden op spouwvervuiling onder maaiveld.

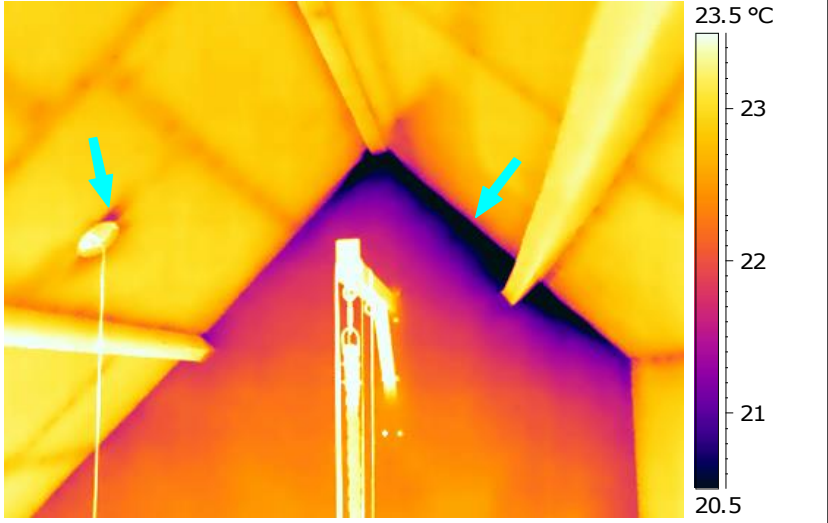

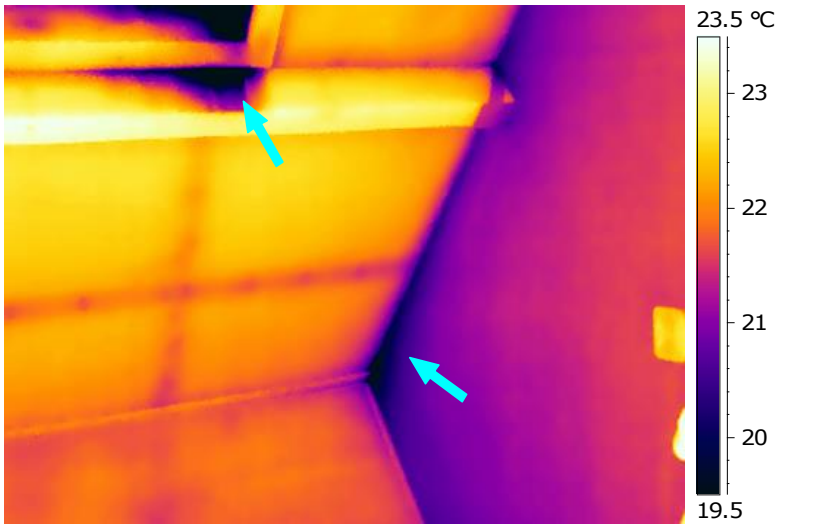

Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang, op 25-04-2024

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	
a)	
	
b)	
	

Commentaar

- a) Dit glas is vervangen door zeer goed HR++ glas (Eclaz One) met een $U = 1,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.
Op maaiveldhoogte relatief veel warmteverlies (dat lijkt meer dan gebruikelijk).
De schuifdeur lijkt iets te tochten.
- b) Rond de dakkapel is het warm.
Een deel van de ventilatiekleppen van de dakramen staat open.
Rond de dakdoorvoeren bovenin het dak komt veel warme lucht naar buiten.

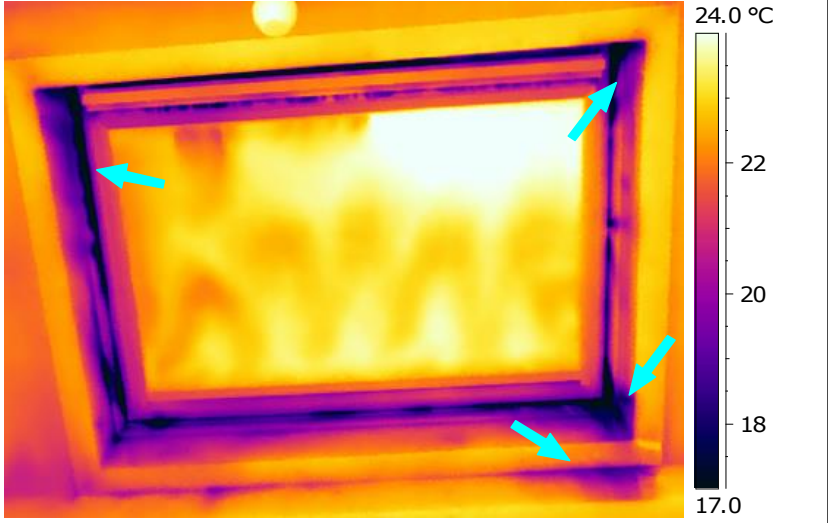



Thermische opnamen binnenzijde Woning in onderdruk

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken	
Locatie:		
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Zolder	
a)		
		
b)		
		

Commentaar

- a) Het dak is door de bewoner aan de binnenzijde geïsoleerd met 120 mm glaswol met daaroverheen een folie. Klein luchtlek bij het lichtpunt.
Het betonnen binnenspouwblad is onder de pannen onvoldoende geïsoleerd, waardoor hier een koudebrug zit. Het dak is duidelijk beter geïsoleerd dan de kopgevel (R_c 3,5 versus R_c 1,2).
- b) Zie onder a.
De folie onder de gipsplaten is niet afgeplakt, maar doordat alle naden zijn afgetaped is er geen luchtlekkage. Behalve bij de aftimmering onder het Velux dakraam.

Thermische opnamen binnenzijde Woning in onderdruk

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Zolder
a) Op zolder	
	
b) Bovenste dakraam op de vloering	
	

Commentaar

a) Het Velux dakraam op de vorige bladzijde.

Het dakraam tocht en ook rond het dakraam en uit de aftimmering tocht het.

b) De folie die achter de gipsplaat is aangebracht is helaas niet afgeplakt, waardoor er koude lucht rond het raam binnenkomt.

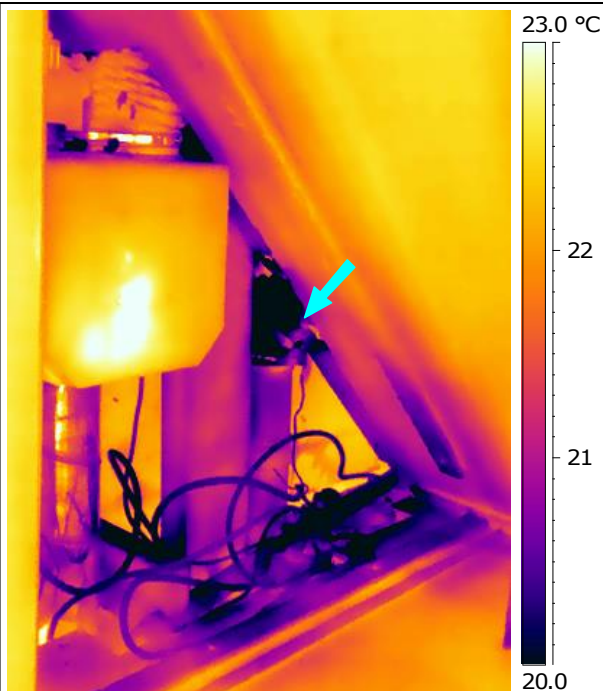
De gebruikte Velux dakramen zijn tweedehands. De rubbers zijn oud, waardoor ze tochten.

Het kleine dakraam boven de trap heeft HR++ glas ($U=1,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$). De andere twee dakramen hebben oud, dun isolatieglas met een matige isolatiewaarde ($U=3,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$).

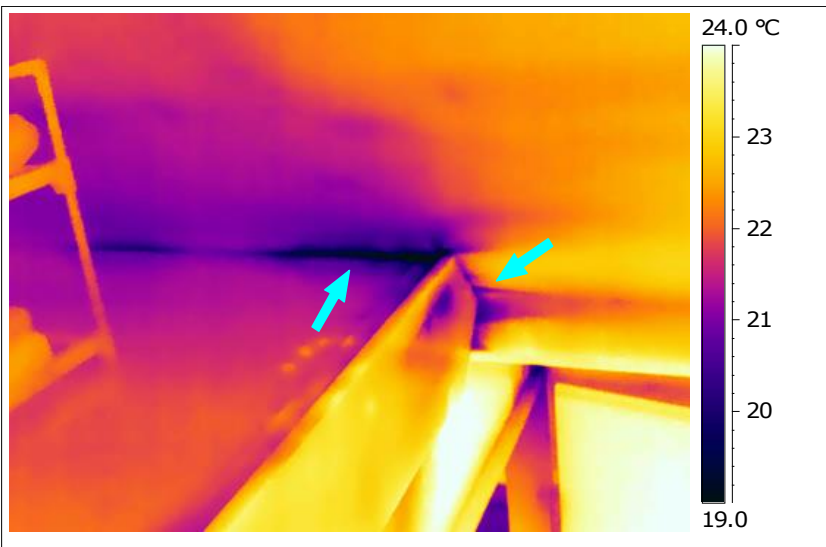
Thermische opnamen binnenzijde Woning in onderdruk

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Zolder

a)





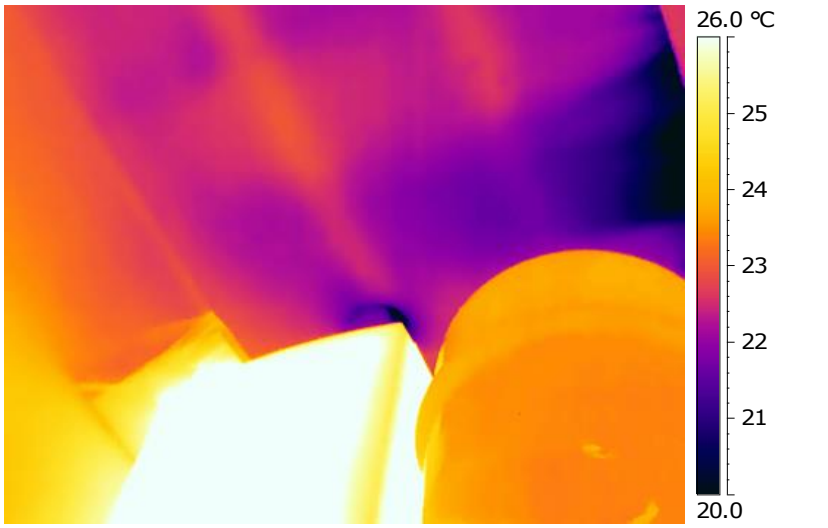

b)



Commentaar

- a) Hier gaan de pijp van de houtkachel en de ventilatie door het dak naar buiten. Rond deze pijpen zit een fors gat in het dak.
- b) In de vloeringvloer komt koude lucht uit het dak binnen. Zie ook de volgende opname.

Thermische opnamen binnenzijde Woning in onderdruk

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Zolder
a) Wasmachineruimte	
	
b) c.v. kast	
	

Commentaar

- a) Koude lucht uit de vlieringvloer (plafond in de wasmachineruimte).
- b) Idem plafond boven de c.v. ketel. Deze hangt boven de trap.

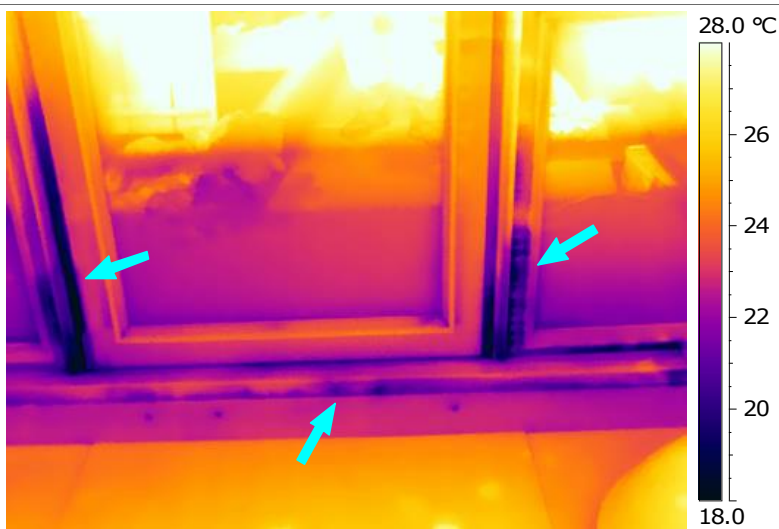
Thermische opnamen binnenzijde Woning in onderdruk

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Zolder, balkonpui

a)



b)



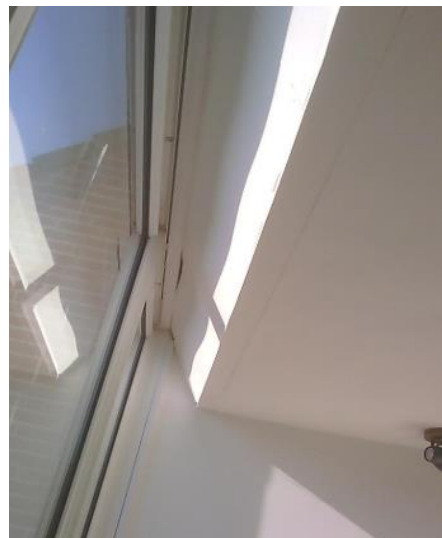
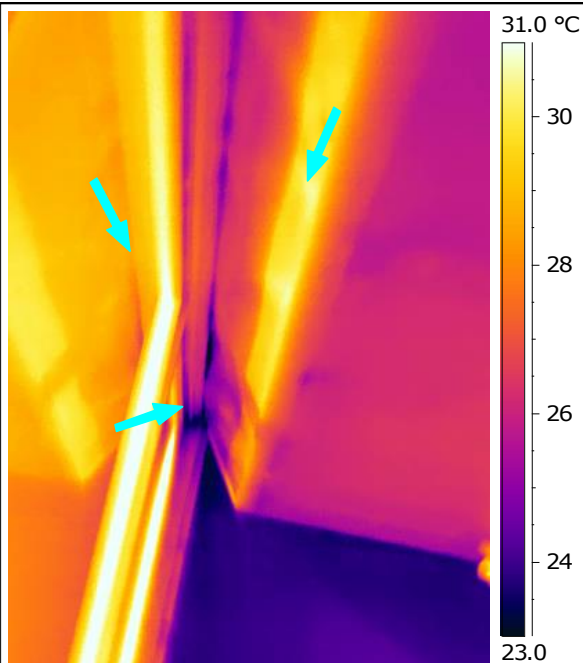
Commentaar

De draaikiep deur tocht onderin. De rubbers vervangen kan helpen.
Het kunststof kozijn zelf tocht ook iets.

Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Zolder, balkonkozijn

a)



b)

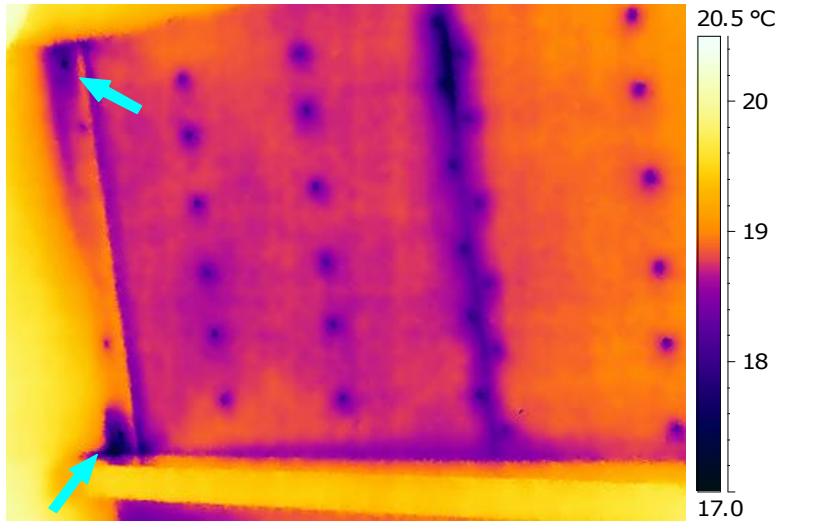
Commentaar

a) Lucht uit de aansluiting gevel-dak.

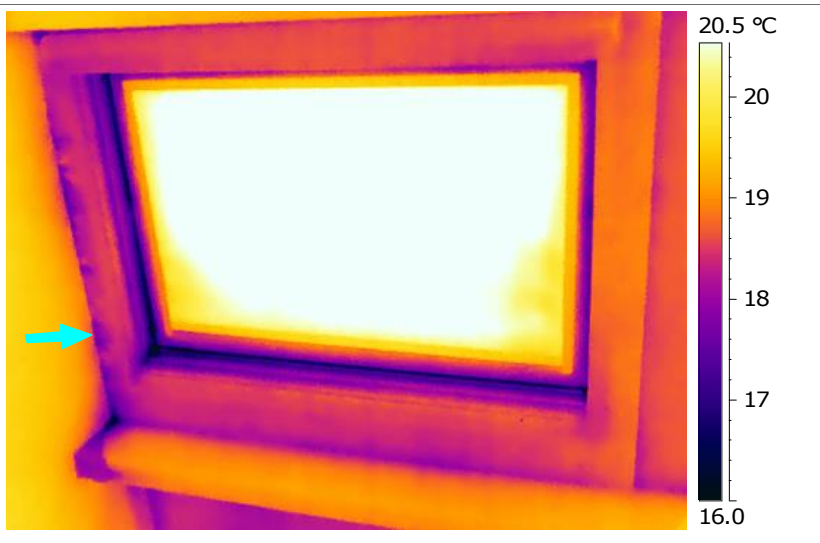
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Kleine kamer achter

a)



b)



Commentaar

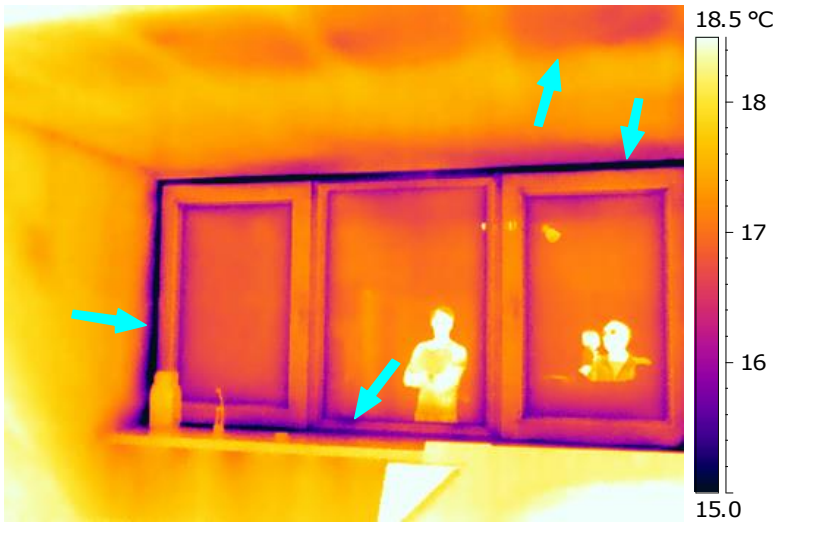

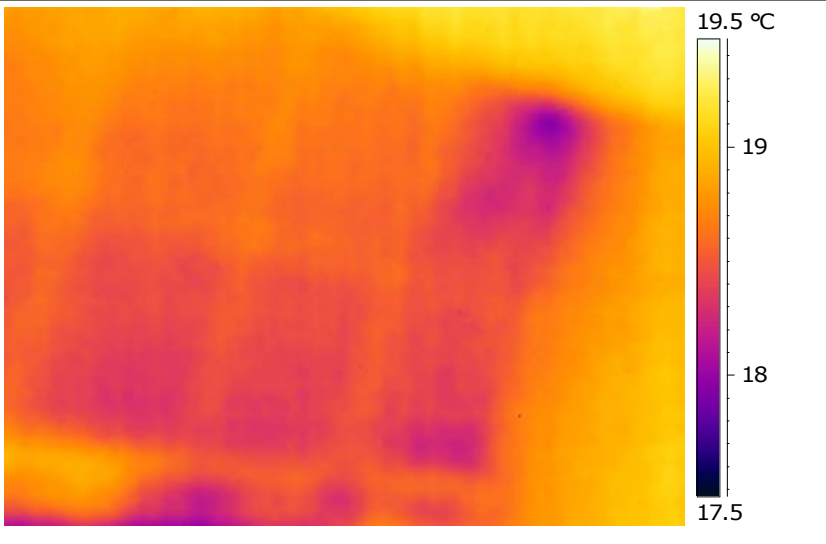
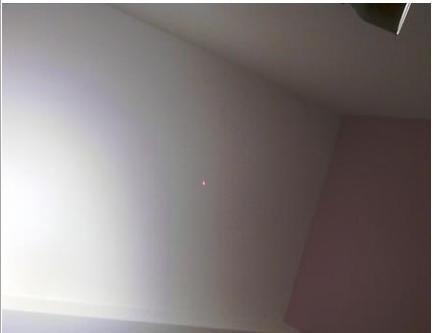
a) Dit stuk dak is niet geïsoleerd. Het dakbeschot bestaat uit Opstalen dakplaten van spaanplaat met daarop 3 cm PUR isolatie. De blauwe punten zijn de nagels waarmee de houten ribben op de spaanplaat vast zitten.

Links luchtlekkages.

b) Dit dakraam is behoorlijk luchtdicht.

Links in de aansluiting op de bouwmuur kleine luchtlekkages.

Thermische opnamen binnenzijde Woning in onderdruk

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Grote slaapkamer achter
a)	
	
b)	
	

Commentaar

a) Dit is een prefab dakkapel met een kunststof kozijn en standaard isolatieglas en een rolluik. Naar schatting 25 jaar oud.

De ramen tochten en ook rond de dakkapel is tocht voelbaar.

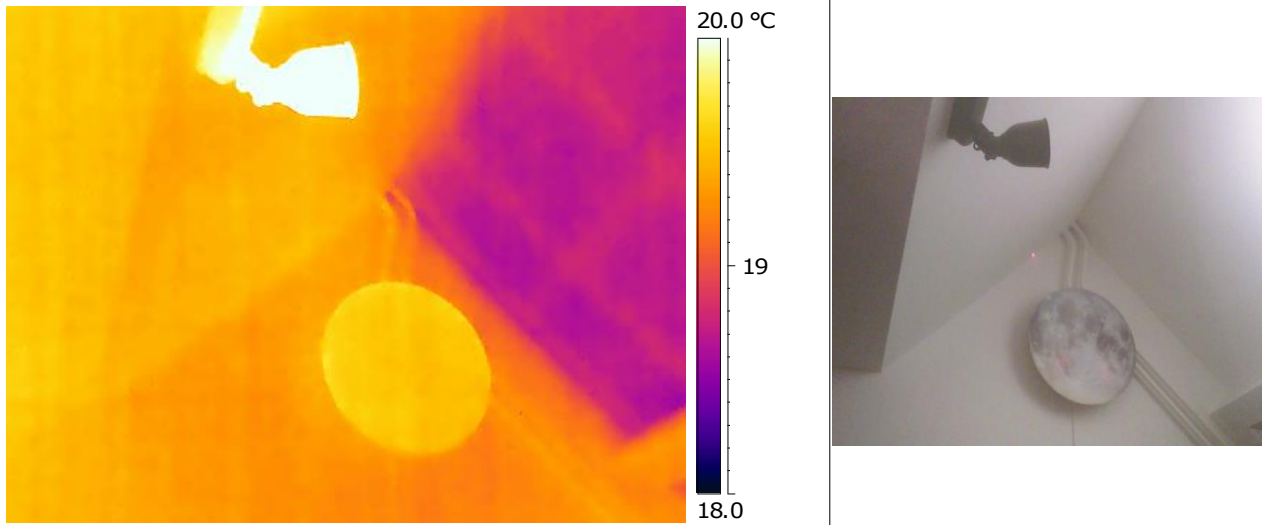
In het plafond is koude lucht zichtbaar.

b) Over de gordingen is gipsplaat aangebracht, maar het wordt niet duidelijk of daarachter extra isolatie is aangebracht. Gezien de leeftijd van de dakkapel vermoed ik van niet.

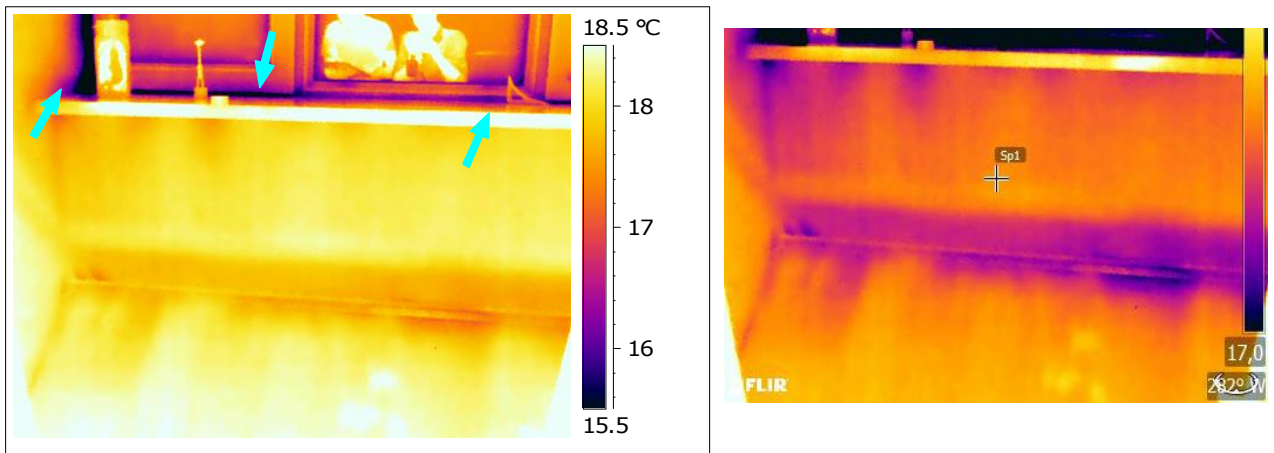
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Grote slaapkamer achter

a)



b)



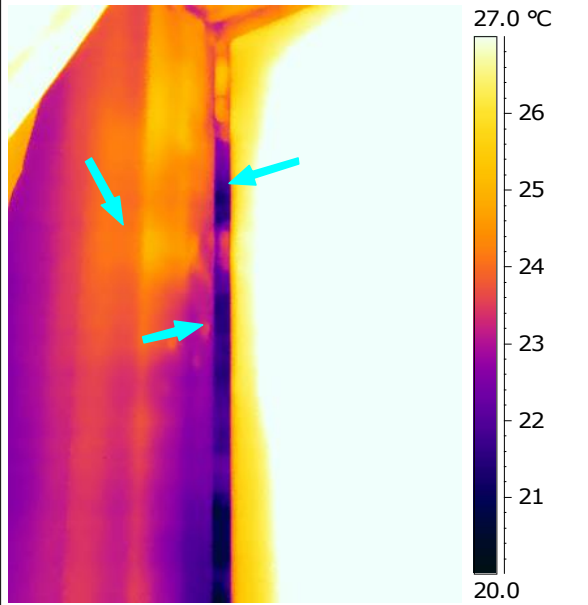
Commentaar

- a) De betonnen vloeren lopen bij het dak onder 45 graden schuin omhoog. Zie ook de onderste foto. Dit is op alle verdiepingen.
- b) Dezelfde thermografische opname twee keer anders ingesteld.
Links om de tocht van het kunststof kozijn goed te laten zien.
Rechts is de lucht van buiten in het knieschot onder de dakkapel te zien.

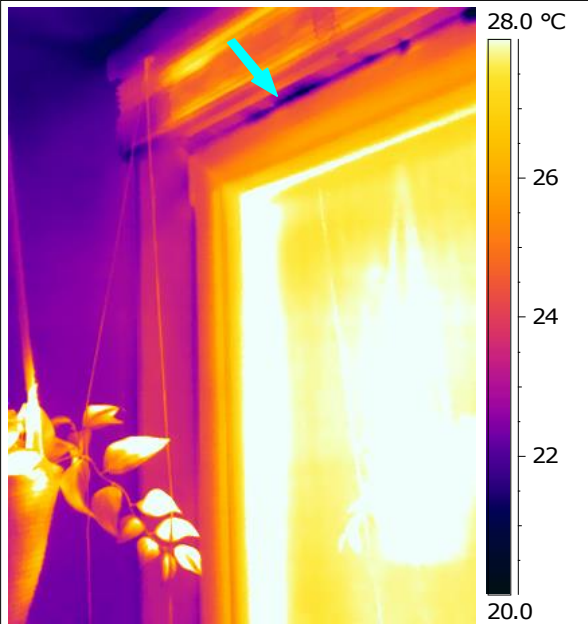
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	1^e verdieping voorzijde

a) Ouderslaapkamer



b) Badkamer



Commentaar

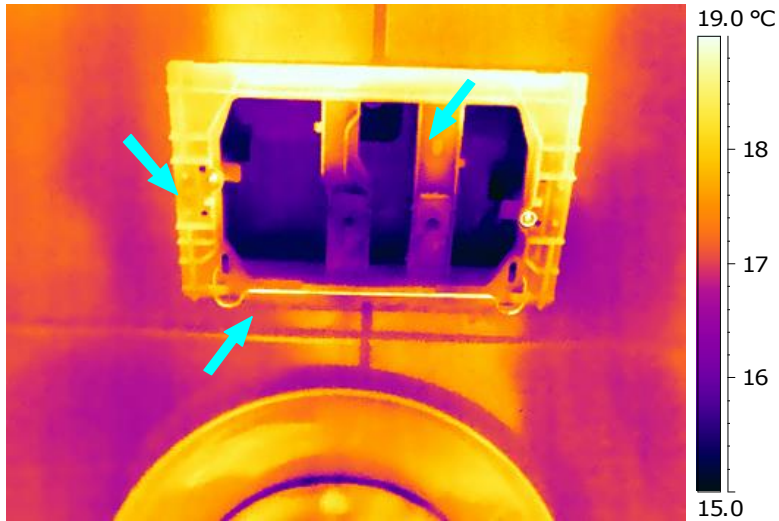
a) Tussen het kozijn en de aftimmering zit een kier waar het flink door tocht.

b) idem.

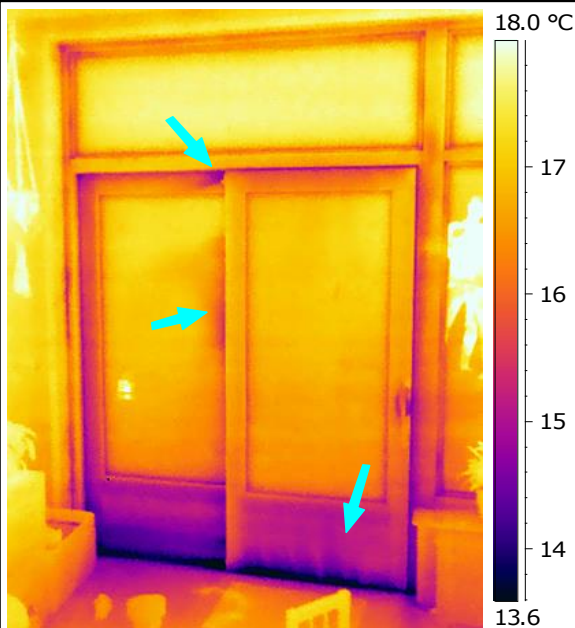
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Begane grond

a)



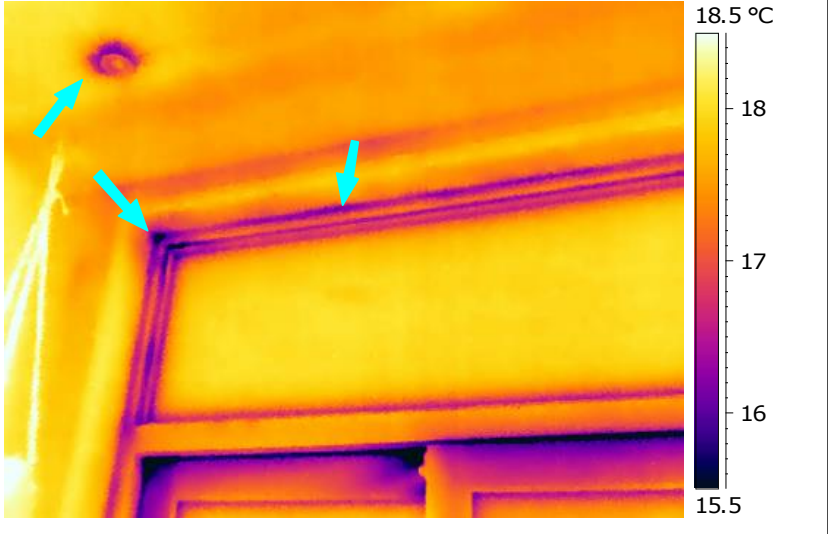



b) Schuifpui achtergevel



Commentaar

- a) Uit het inbouwreservoir kwam lucht uit de kruipruimte. Rond het riool zit in de begane grondvloer een groot gat. Ook rond het kozijntje in het toilet tocht het.
- b) De schuifpui tocht, met name onderin.

Thermische opnamen binnenzijde Woning in onderdruk

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Achtergevel begane grond
a) Bovenlicht schuifpui	
	
b)	
	

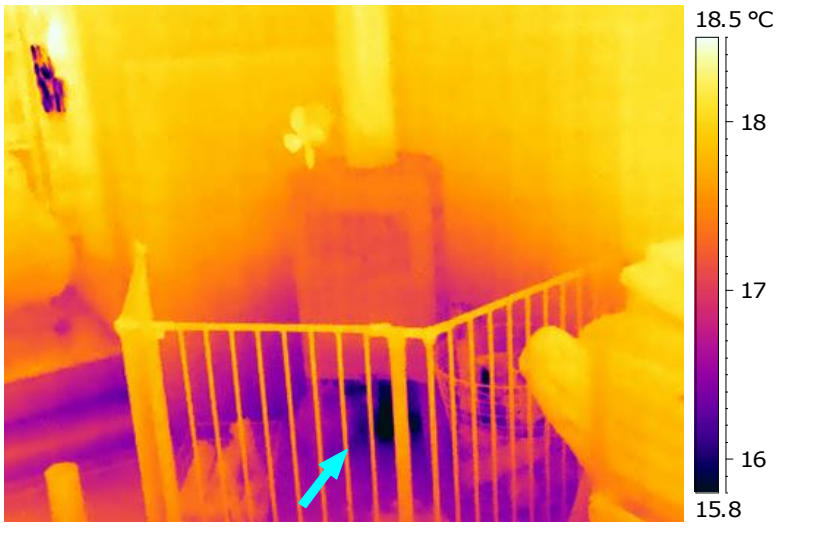

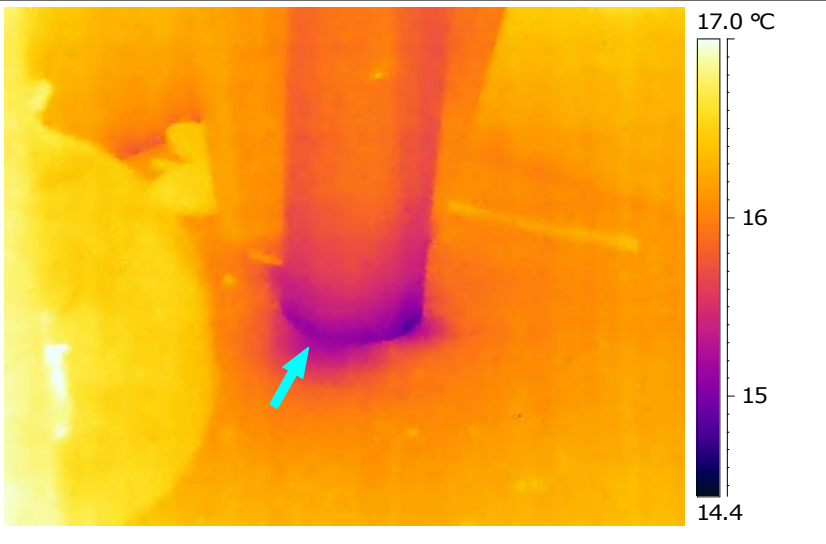

Commentaar

a) Kleine luchtlekkages rond het kozijn en langs de glaslatten. Het glas is recent vervangen door zeer goed HR++ glas met een $U = 1,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (Eclazz One) in het bestaande houten kozijn.

Lucht uit het spotje in het plafond. Hier zit een loze ruimte boven, gevormd door het schuine dak, het plafond en de schuin oplopende betonnen vloer van de 1^e verdieping.

b) Idem. Kozijn is aardig luchtdicht.

Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

Doel meting:	Onderzoek warmte- en luchtlekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Houtkachel woonkamer
a)	
	
b)	
	

Commentaar

- a) De houtkachel is gesloten, dat wil zeggen hij krijgt zijn verse lucht uit de kruipruimte via een buis.
- b) Deze buis sluit niet geheel luchtdicht aan op de vloer.

Bijlagen A: Schimmel

Oorzaken

- Teveel vocht in huis
- Te koud in huis
- Grote temperatuurverschillen in huis
- Te koude oppervlakken (koudebruggen)
- Vocht trekt naar het koudste oppervlak/de koudste ruimte

Schimmel vermijden door:

- Ventileren!! Liefst mechanisch
- Vochtproductie beperken:
- Vocht afzuigen waar het geproduceerd wordt b.v.:
 - Afzuigkap aan (min 350 m³/h)
 - Mechanische ventilatie in de badkamer, keuken, toilet en wasruimte
- Geen was binnen drogen
- Luchttoevoer in de verblijfsruimten
- Eén oud ruitje als vochtvreter
- De temperatuur ('s nachts) niet te veel laten dalen
- Geen grote temperatuurverschillen in huis
- Binnendeuren dicht
- Koude oppervlakken vermijden