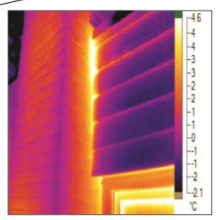
INGENIEURSBUREAU



VAN DER KLEIJ

Rapportage

Thermografisch onderzoek

[redacted]

Maarn

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

Inhoudsopgave

Beschrijving van de woning 3
Meetgegevens 4
Omschrijving van de werkzaamheden en randvoorwaarden van de metingen 4
Luchtdichtheidsmeting 5
Algemene opmerkingen t.a.v. de thermografische opnamen 5
Geconstateerde gebreken en advies op hoofdlijnen 6
Samenvatting advies 12
Thermische opnamen buitenzijde 13
Thermische opnamen binnenzijde 18

Beschrijving van de woning

De woning is gebouwd in 1972.
In 2008? is de voorzijde uitgebouwd met een entree en toilet. Waarschijnlijk met een vloer op zand.
De BG vloer is een enigszins geïsoleerde, zogenaamde 'Kwaaitaal' vloer, een prefab betonnen vloer.
Er zijn woningen in de wijk die een andere BG vloer hebben, een systeemvloer van betonnen balkjes en broodjes of een massieve betonvloer, maar deze heb ik niet onderzocht.
De verdiepingsvloeren en bouwmuren zijn van beton, in het werk gestort.
Het dak is een gordingenkap. Deze is aan de binnenzijde geïsoleerd met 20 mm polystyreen, afgewerkt met gipsplaat en zachtboard. Achter de knieschotten hangt het polystyreen los tegen het dakbeschot, zonder afwerking.
Op zolder is een werkkamer met een dakkapel, afgewerkt met houten schroten.
De gevels zijn:

- Spouwmuren met een spouw van 50-60 mm, met daarin 20 mm glaswol (origineel).
- De woning heeft geen gemetselde schoorsteen.
- De kozijnen zijn origineel.
- Het glas is deels origineel:
    - De bovenlichten zijn deels van enkel glas; U = ca. 5,0 W/m2.K.
      Deels standaard isolatieglas met smalle spouw 6 mm; U = ca. 3,3.
    - Het overige glas heeft verschillende spouwbreedten van 6, 9 , 12 en 13 mm. Dit heeft een U = ca. 3,3 – 2,9.
    - Het Velux dakraam op zolder heeft standaard isolatieglas; U = ca. 3,0.
    - Het kunststof dakraampje in de wasruimte heeft een U van ca. 5,0.

  N.B. de spouwbreedte tussen het glas bepaalt, met de coating en gasvulling, de isolatiewaarde van het glas. Hoe smaller de spouw, hoe slechter de isolatiewaarde U in W/m2.K.

De woning wordt verwarmd met een HR combiketel die in de kast op de 1e verdieping hangt, tussen trap en badkamer. De rookgasafvoer loopt samen met de ventilatiebuis van de badkamer achter het knieschot door het dak naar buiten. In de badkamer zit een opbouwventilator die is geschakeld op het licht.
Het toilet wordt geventileerd met een rooster in het glas. Ook in de keuken zit een ventilatierooster.
De afzuigkap blaast naar buiten via de zijgevel.

Het gasverbruik is niet bekend.

Meetgegevens

Bezoekdatum	19-12-2022

Bouwdetails (opgemeten)

Netto inhoud van het gebouw	**390** m^3
Verwarmd vloeroppervlak	**141,3** m^2

Weersgesteldheid:

Tijd		**8.00 u**	**09.50 u**	**11.30 u**
Buitentemperatuur	:	0,3 °C	0,5 °C	0,4 °C
Luchtvochtigheid	:	97 %	95 %	96%
Windsnelheid	:	3 m/sec	3 m/sec	3 m/sec
Windrichting	:	Z	ZO	ZO
Luchtdruk	:	1011 hPa	1012 hPa	1013 hPa
Binnentemperatuur	:	20 °C	20 °C	20 °C
Luchtvochtigheid	:	50 %	50%	50
		Lichte sneeuw	Sneeuw blijft op daken liggen	

Meetapparatuur:

Thermografische camera:	Flir E95
Blowerdoor	Retrotec 6000
Drukmeter	Retrotec DM32

Omschrijving van de werkzaamheden en randvoorwaarden van de metingen

Om 8.15 u is de woning aan de buitenzijde opgenomen met de warmtebeeldcamera. Omdat het die ochtend een paar cm gesneeuwd had, is ook aan de sneeuw op het dak goed te zien waar het dak warmte verliest. De sneeuw bleef op het dak de hele dag liggen.

De blowerdoor is tijdens de thermografische opnamen opgesteld in de voordeur. De afzuigkap en de ventilator in de badkamer zijn afgeplakt. De ventilatieroosters zijn dichtgezet.

Met de blowerdoor is de woning op 50 Pa onderdruk gebracht en vervolgens is de hele woning opgenomen met de warmtebeeldcamera.
De weersomstandigheden waren goed met een buitentemperatuur net boven nul. De wind was zwak.
De woning was gedurende de nacht zo egaal mogelijk verwarmd.
Aan het eind van het onderzoek is de luchtdichtheid bij onderdruk bepaald.

Luchtdichtheidsmeting

De luchtdichtheid van de woning is bij de meting bepaald op **q_{v10}*= 1,8 l/sec/m²** en de **n50**= 6,9** x de inhoud/uur.

De meetwaarden zijn behoorlijk hoog, ook voor een woning uit deze bouwperiode. Dat betekent dat er veel warmte naar buiten vliegt. Met name door het dak. Maar de luchtdichtheid kan aanzienlijk verbeterd worden, wat het comfort verbetert en het energieverbruik naar beneden brengt.

* 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/sec/m^2. Voor nieuwbouw mag de q_{v10} volgens het Bouwbesluit maximaal 1,0 l/sec/m^2 zijn, maar gebruikelijker is om deze te maximeren op 0,6 of 0,4 l/sec/m^2. Bij zeer energiezuinige woningen zelfs 0,15 l/sec/m^2.
** 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 $n_{50} < 0,6$.

Mijn collega heeft een kennisblog geschreven over nut & noodzaak van luchtdichtheid:
www.plushuis.nu/luchtdicht

Het meetrapport zelf zit in een apart bestand.

Algemene opmerkingen t.a.v. de thermografische opnamen

De thermografische beelden zijn als bijlage achterin dit rapport opgenomen. ‘Hoe blauwer hoe kouwer’. 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. Gelieve hierop te letten.

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 lijzijde 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.

Geconstateerde gebreken en advies op hoofdlijnen

Geconstateerde gebreken nader bekeken:
Cursief staan eventuele oplossingen aangegeven.

Luchtdichtheid
De woning is behoorlijk luchtlek – met name het dak van de woning en van de uitbouw aan de voorzijde. Daar is dan ook veel winst te halen zowel qua energieverbruik als qua comfort.
Dit zou mijn eerste prioriteit hebben. Dat moet dan wel in combinatie met het aanleggen van een goed ventilatiesysteem in de ruimten waar geleefd wordt.

In het dak zitten flinke gaten en kieren. Een woning is te zien als een schoorsteen. Uw woning heeft een open trappenhuis vanaf de voordeur tot op zolder. Warme lucht stijgt op en drukt tegen het dak. Als het daar naar buiten kan betekent dit veel warmteverlies. En 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.

De grootste luchtlekken zijn:

- Het pannendak is aan de binnenzijde geïsoleerd met 20 mm piepschuim en afgewerkt met gipsplaat en zachtboard. Het dakbeschot zelf bestaat uit houten delen. Op de opnamen van de buitenkant is goed te zien hoeveel warme lucht en warmte, en dus energie door het dak ontsnapt. Rond de rookgasafvoer en de pijp van de ventilatie zit een gat in het dak. De warmte die de ketel afgeeft verdwijnt deels door het dak.
  Achter de knieschotten is dit niet afwerkt, waardoor het daar extra tocht. Hier lopen ook c.v. leidingen die dus aardig warmte verliezen.
  Belangrijk is dat het dak aan de warme kant luchtdicht is. Dat betekent een gesloten luchtdichte laag aan de binnenkant aanbrengen. Hiervoor 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 en op de vloer. Alle naden en aansluitingen afdichten met speciale luchtdichtingstape en/of kit. Bijvoorbeeld van het merk Siga of Illbruck. De ruimte tussen de folie en het dakbeschot volledig vullen met isolatie om vochtproblemen in het dak te voorkomen.
  Dat kan met minerale wol of pir-isolatie. Maar met biobased materialen (vlas, houtvezel of cellulose) blijft de zolder koeler in de zomer, doordat deze materialen de binnenkomende warmte accumuleren en slechts langzaam doorlaten naar binnen. Isolatiefolie is ook een prettig materiaal om een dak aan de binnenzijde mee te isoleren, waardoor de zolder zowel in de winter als in de zomer veel comfortabeler wordt.
- *Bij bovengenoemde werkzaamheden het Velux dakraam luchtdicht aansluiten op de hierboven genoemde folie.*
- Verrassend genoeg kwam er lucht uit de houten tussenmuur in de wasruimte. Deze staat aan de bovenzijde blijkbaar in open verbinding met het dak.
  Om dit te verhelpen zal de wand open moeten en gekeken worden waar deze verbinding met buiten heeft.
- *Een eenvoudiger manier om de plafonds luchtdicht te krijgen is om alle naden, kieren en aansluitingen in de gipsplaat-/zachtboarafwerking en schroten af te dichten. Brede naden (> 1 cm) met flexpur, smalle naden met een goede kit. Het eindresultaat zal echter een stuk minder*

zijn dan de werkwijze hierboven beschreven. Mede omdat achter de knieschoten geen gipsplaat/zachtboard zit.

- *Een andere, maar minder effectieve optie om de trek in het huis te verminderen, is compartimenteren. De zolder afsluiten van het trappenhuis met een gesloten wand met deur, of eventueel een zwaar gordijn.*
- In de constructie van de dakkapel tocht het. Dat betekent dat het dak en de zijwangen niet luchtdicht zijn uitgevoerd. Koude lucht kan daardoor met name in het plafond komen en via de spots ook in de ruimten.
  Om dit op te lossen moet het plafond open om de ruimte boven het kozijn en de zijwangen luchtdicht te maken tegen het dakbeschot. In mindere mate geldt dit ook voor de zijwangen.
- In het plafond van de uitbouw aan de voorzijde was ook veel koude lucht zichtbaar. De entree en toilet ervaren jullie ook als een koude ruimte.

Dit is de binnenzijde van de gevel in het plafond van mijn eigen woning. Een gatenkaas waardoor veel koude lucht in het plafond kwam.

Dit kan het beste worden opgelost van binnenuit door het plafond open te maken. Metselwerk wat niet gestuct is stucen. Bij houten wanden alle gaten en kieren dichten.
De muren luchtdicht aansluiten op de onderkant van het dakbeschot (flexpur + luchtdichtingstape of -pasta). Hetzelfde rond de balken. Leidingdoorvoeren rondom luchtdicht maken. Verder is het belangrijk dat boven de kozijnen isolatie is aangebracht en rondom luchtdicht is aangesloten/afgewerkt.

- *De doorvoeren van de buizen door het plafond van de c.v. ruimte afdichten met een Ubbink luchtdicht manchet, of met flexpur.*

De (spouw)muren

- De spouw van woning is 50-60 mm. Endoscopisch heb ik gezien dat in de spouw 20 mm glaswol zit. Dit is aangebracht tijdens de bouw en in matige staat.
  Een isolatiebedrijf de staat van de spouwisolatie laten controleren en advies uitbrengen of de spouw kan worden bijgevuld.
- De lateien boven de kozijnen vormen lichte koudebruggen.
  Dit is niet eenvoudig te verbeteren. De beste manier om de woning vergaand te verduurzamen is om de buitengevel in te pakken. Dan worden alle koudebruggen ingepakt en luchtlekkages verholpen. Eventueel eerst het buitenspouwblad verwijderen. Maar ik vermoed dat dit te ver gaat.
- In tegenstelling tot andere woningen in de wijk lijkt deze woning geen spouwmuur te hebben.
- Boven de trap en in de wasruimte is de bovenzijde van de bouwmuur beschimmeld.
  Dit kan de verschillende oorzaken hebben:
    - De bovenzijde van de bouwmuur steekt uit boven de dakplaten en verliest daardoor warmte.
    - De kier tussen het dak en de bouwmuur zorgt voor afkoeling van de bouwmuur bovenin
    - Hoge vochtbelasting, bijvoorbeeld door het drogen van was boven.
    - Warme lucht die vanaf de BG naar boven trekt, naar de bovenste, koudste plek op de muur gaat en daar afkoelt waardoor het vocht daar condenseert.
      Oplossing: compartimenteren.

  De schimmel verwijderen met schimmelreiniger, waterstofperoxyde of spiritus. De muur sauzen met een alkalische, minerale muurverf.

De kozijnen:

- Waar kozijnen tochten in de aansluiting op bijvoorbeeld de vensterbank kan dit opgelost worden door d*e naden tussen kozijn en vensterbank/muur afkitten met een goede kit. Dit kan een schilder of timmerman doen.*
- De originele draaiende delen hebben tochtstrips die op het kozijn gespijkerd zitten:
    - De buitendeuren tochten.
      Om de tochtdichtheid te verbeteren de tochtstrips vervangen en het sluitwerk knevelend afstellen. 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 kozijnsponningen soms maar 15 mm breed. Zie SolidSeal Renovatie tochtprofiel (luchtdichtshop.nl)
      Om te voorkomen dat deuren krom trekken en om ze goed in de rubbers te drukken is een meerpuntssluiting een goede oplossing. Daar is een timmerman ca. 8 uur mee bezig.

De onderzijde van naar binnendraaiende deuren is lastig tochtdicht te maken omdat daar meestal geen aanslag zit waar een tochtstrip tegenaan kan sluiten. Er zijn twee mogelijkheden:

- *Een valdorpel infrezen in de onderzijde van de deur. Bij het sluiten van de deur komt deze naar beneden en dicht af op de onderdorpel.*

- *Een borstel of rubber op de onderzijde van de deur schroeven. Deze moet dan aansluiten op de onderdorpel.*

  - De ramen tochten in meer of mindere mate.
    Dit kan verbeterd worden door de tochtstrips te vervangen zoals hierboven beschreven. Let er wel op dat voldoende geventileerd wordt als de luchtdichting verbeterd wordt.

- Het dakraampje in de wasruimte is van kunststof, ongeïsoleerd en zonder kierdichting.
  Dit eventueel vervangen door een Velux dakraam, luchtdicht ingebouwd.
- Het glas in de woning heeft een matig/slechte isolatiewaarde. De huidige isolatiewaarde is U = 5,0 W/m2.K voor het enkel glas in de bovenlichten, respectievelijk 2,9-3,0 W/m2.K voor isolatieglas.
  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 glas met een dunnere spouw toegepast dan wordt de isolatiewaarde slechter.

Speciaal HR++ b.v. 'Eclaz One' spouw 15 mm	*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++ meer heten.*
Idem met spouw 9 mm	*U = 1,6*

  Tripleglas (U = 0,6-0,7) adviseer ik bij u alleen in combinatie met een goed ventilatiesysteem en het isoleren van alle bouwdelen in de woonkamer/keuken. Het risico op inwendige condensatie en schimmel is anders te groot.
- Rond de geveldoorvoer van de afzuigkap tocht het.
  De RVS schacht verwijderen en de ruimte tussen pijp en muur afdichten met flexpur of kit. Het is raadzaam om aan de buitenzijde een rooster met een grotere doorlaat en een klep te monteren. Daardoor zal de kap beter afzuigen en waarschijnlijk stiller zijn.
- Twee ruiten op de verdieping zijn lek.

Daken/plafonds/vloeren

- Het isoleren van het pannendak heb ik al besproken bij luchtdichtheid.
- Hoe goed het platte dak van de uitbouw voor is geïsoleerd weet ik niet. Dit kan onder strikte voorwaarden extra geïsoleerd worden aan de binnenzijde. Mits onder de dakbedekking al pur- of pir isolatie zit met een Rd van minimaal 2,7 m^2.K/W.
  Dan moet wel het plafond er uit. Een 'intelligente' dampremmer aan de binnenzijde over de dakbalken aanbrengen en deze luchtdicht af te tapen/aan te sluiten op de omliggende bouwdelen. Deze folie moet overal doorgetrokken worden en aangesloten op muren en andere constructiedelen. Dus ook boven/in de kast. Dikke rachels 22x60 mm h.o.h. 330 mm aanbrengen over de folie. Tussen de rachels (en de folie) de elektra aanbrengen (folie niet doorboren). De ruimte tussen de folie en het dakbeschot laten vullen met cellulose. Of voor het aanbrengen van de folie de ruimte tussen de balken volledig vullen met isolatie. Minerale wol, maar beter nog vlas of houtvezel. Zie eerder. Op deze wijze aan de binnenzijde kan, mits perfect uitgevoerd én er moet onder de dakbedekking 60 mm PIR isolatie liggen om inwendige condensatie te voorkomen. Is de een dunnere, of andere isolatie onder de dakbedekking aangebracht dan is een controleberekening noodzakelijk.
  Tot slot natuurlijk het plafond weer afwerken.
  N.B. dit dient door een deskundige partij te worden uitgevoerd!
- In het verlaagd plafond van de badkamer was koude lucht te zien en te voelen uit de inbouwspots.
  Om de oorzaak te achterhalen en dit op te lossen moet het plafond open.
- De BG vloer bestaat uit Kwaaitaal elementen. Deze zijn in uw woning met dunne polystyreen schalen geïsoleerd. Deze zijn echter deels losgekomen.
  De vloer kan vanuit de kruipruimte geïsoleerd worden met bijvoorbeeld met PIFF-isolatie, of bespoten worden met PUR of Icynene (watergeblazen PUR). Daarbij wordt ook een deel van de fundering mee geïsoleerd. Te overwegen is om ook de c.v. leidingen mee te isoleren. Dan zijn ze wel minder goed te controleren op lekkage.
  Vooraf moet gecontroleerd worden of de Kwaaitaal vloer geen betonrot vertoond en de vloer zonder risico geïsoleerd kan worden. Kwaaitaal vloeren zijn hier namelijk berucht om. Eventueel kan gekozen worden om de Kwaaitaal vloer vrij te houden van isolatie en op de bodem van de kruipruimte losgestorte EPS-parels of Drowa chips aan te brengen. Dit is wel minder effectief dan de onderzijde van de vloer isoleren.

Installaties

Als de luchtdichtheid verbeterd wordt is het raadzaam om ook goede ventilatie aan te brengen. *Dat wil zeggen naast permanente afzuiging in de keuken, badkamer en toilet i.c.m. luchttoevoer door roosters in het glas. Of beter balansventilatie met WTW (warmteterugwinning).*

- De c.v. leidingen lopen door de koude kruipruimte en achter de knieschotten waar ze onnodig warmte verliezen.
  Het is zinvol om deze zo goed mogelijk te isoleren.
- *Een moderne c.v. ketel heeft het hoogste rendement als de temperatuur op 60 ^oC of lager wordt ingesteld. Dan wordt namelijk de warmte uit de rookgassen teruggewonnen.*
- *Een goed, permanent ventilatiesysteem aanbrengen. Minimaal systeem C (centrale afzuiging van badkamer, keuken en toilet en luchttoevoer in de verblijfsruimten). Of een energiezuinig systeem D (balansventilatie met warmteterugwinning, WTW). Balansventilatie is veel comfortabeler omdat de ingeblazen lucht wordt voorverwarmd. Daarnaast kan de lucht*

eenvoudig van een goed filter worden voorzien dat fijnstof tegenhoudt (houtstook en uitlaatgassen). Deze voordelen hebben roosters in het glas niet.

- *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.*

Samenvatting advies

Ik zou de volgende maatregelen nemen:

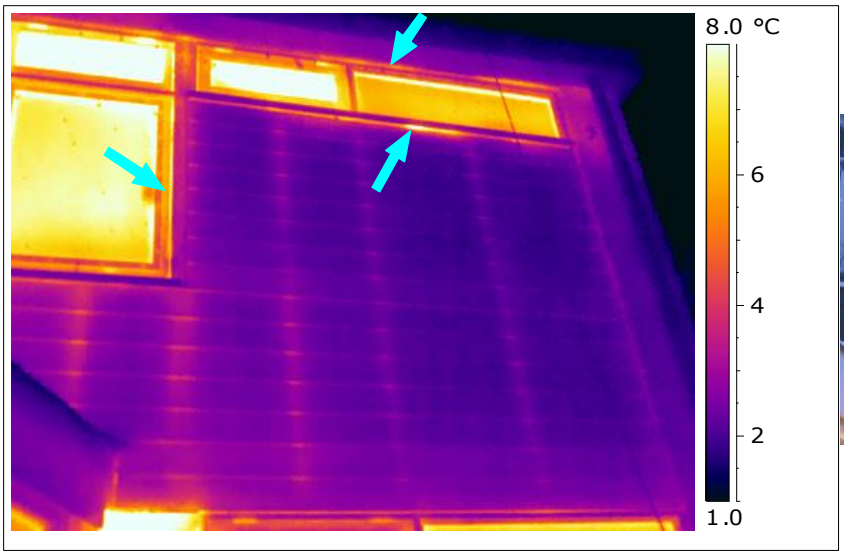
1. De spouw isoleren.
2. De BG vloer beter isoleren.
3. Het pannendak luchtdicht maken en meteen isoleren.
4. Een alternatief is de woning compartimenteren.
5. Glas vervangen door HR++.
6. Het dak van de uitbouw luchtdicht maken. Eventueel extra isoleren.
7. Een goed ventilatiesysteem aanbrengen. Zeker als de woning luchtdichter gemaakt wordt.
8. Door de temperatuur van de c.v. ketel zo laag mogelijk in te stellen kan ook gas bespaard worden. Pas bij een temperatuur onder de 60 ^{o}C werkt een ketel met een hoog rendement. Dat bij 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 warmtepomp naast de ketel. 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.*

Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang

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

a)

b)



Commentaar

a) Het thermografisch beeld komt overeen met de gesmolten sneeuw:
Fors warmteverlies rond de dakdoorvoer, onder de dakkapel, boven de muur met de buren en uit de aftimmering tussen de twee dakkapellen. Een fors deel van het warmteverlies komt door het uitstromen van warme lucht.

b) Rond de kozijnen komt vermoedelijk wat warme lucht naar buiten.
Het rechter raam van de badkamer is beter isolerend glas.

Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang

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

a) 1e verdieping

b) BG

Commentaar

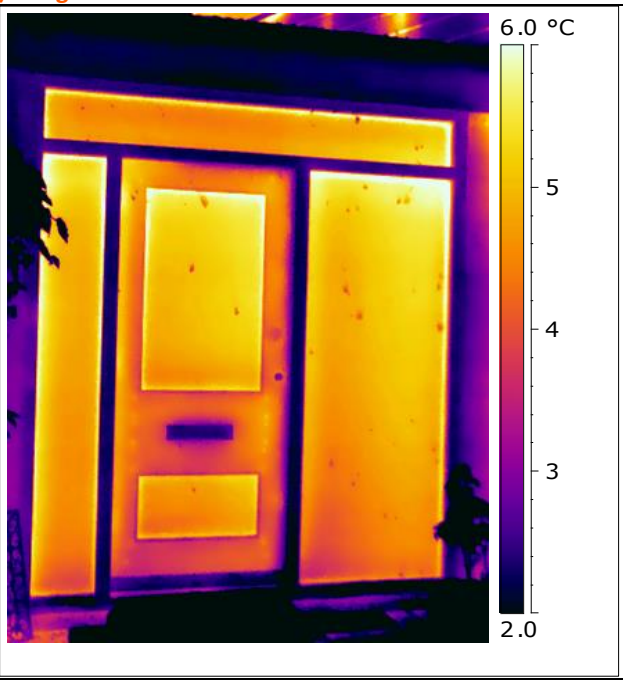
a) Warmteverlies t.p.v. de houten stijlen in de borstwering.
Het standaard isolatieglas in de draaiende delen heeft een smallere spouw (6 mm) dan het vaste glas (12 mm) en Isoleert daardoor minder goed.

b) Opvallende warme plek in de aansluiting gevel keuken (origineel) en het halletje (later aangebouwd).
Glas zie onder a).

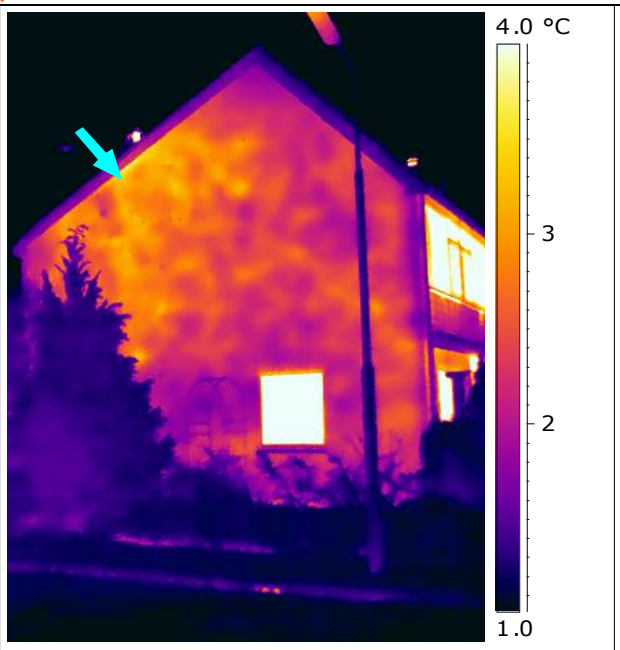
Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang

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

a) Aangebouwde entree



b)



Commentaar

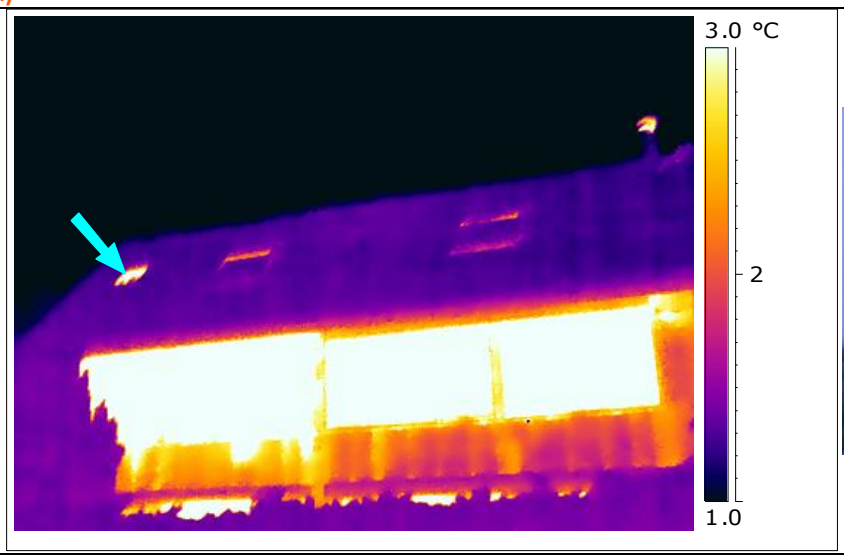
a) Thermografisch geen afwijkingen zichtbaar. Glas is standaard isolatieglas.

b) Het thermografisch beeld is vlekkerig, wat duidt op niet egaal aangebrachte isolatie. Tijdens de bouw is tegen het binnenspouwblad 20 mm minerale wol aangebracht. De resterende spouw is ca. 30 mm. Gemeten met de endoscoop in de voorgevel. De spouw is niet nageïsoleerd.

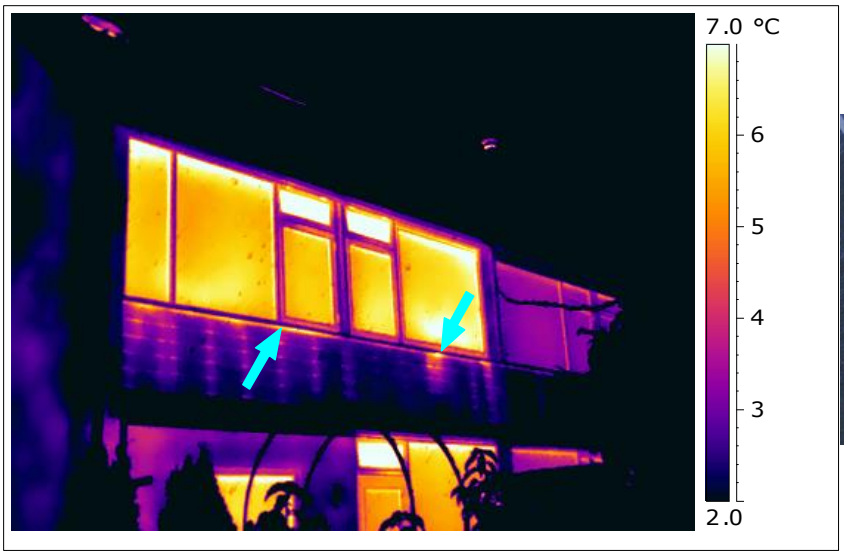
Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang

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

a)



b)



Commentaar

a) Het dak laat thermografisch weinig zien. Dit komt door de vers gevallen sneeuw.

b) Ook hier weer warmte uit de borstweringen, t.p.v. de houten stijlen.
De bovenlichten zijn enkel glas. Het overige glas standaard isolatieglas met spouw 12 mm (linker twee ruiten) en 6 mm (de andere drie).

Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang

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

a)

Commentaar

a) Het bovenlicht is enkel glas.

Thermische opnamen binnenzijde
Zonder onderdruk

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

a)

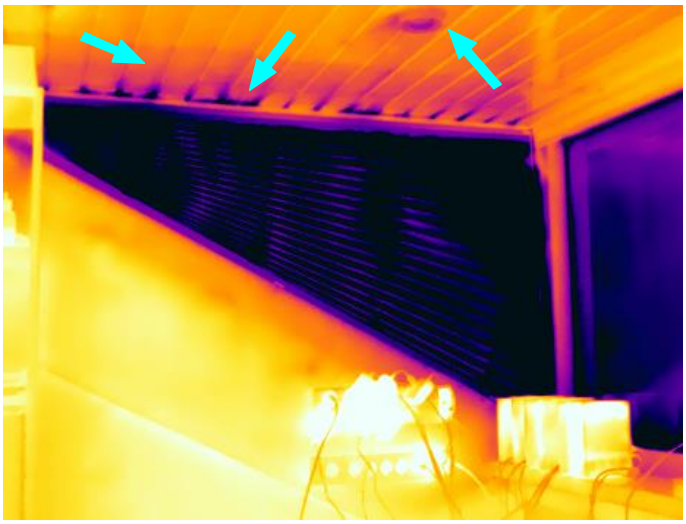
b)

Commentaar
N.B. deze opnamen zijn gemaakt voordat zonder onderdruk!
De voordeur en de brievenbus tochten.
Het glas is standaard isolatieglas, gefigureerd, met spouw 13 mm.

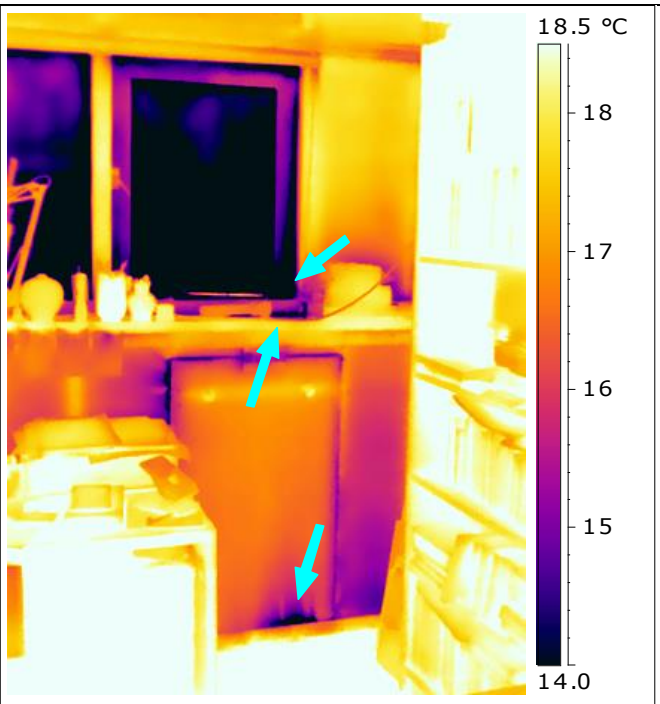
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a)



b)



Commentaar

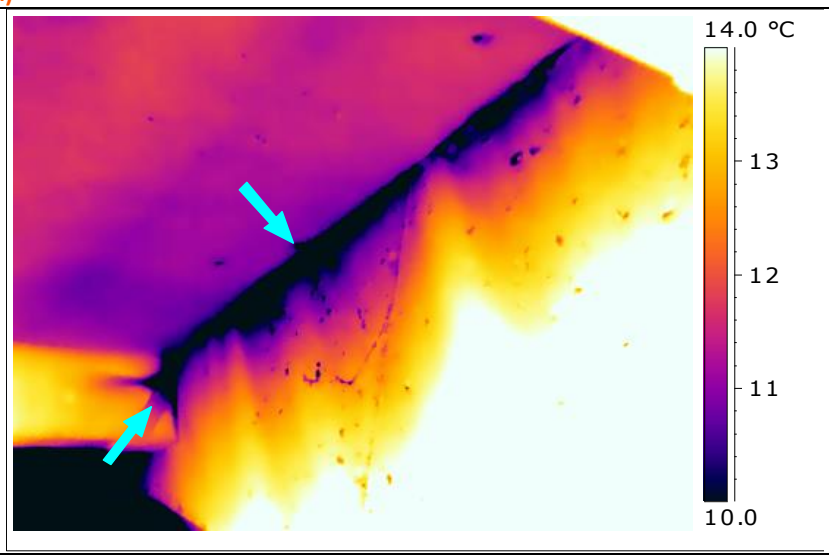
a) Koude lucht in het plafond wat via de gaten en de spots binnenkomt.

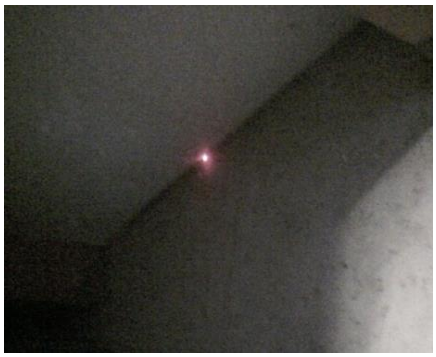
b) Koude lucht uit het knieschot en onder het kozijn langs.
Het raam tocht. Het glas is standaard isolatieglas 12 mm, het glas in het raam heeft een spouw van 6 mm.

Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

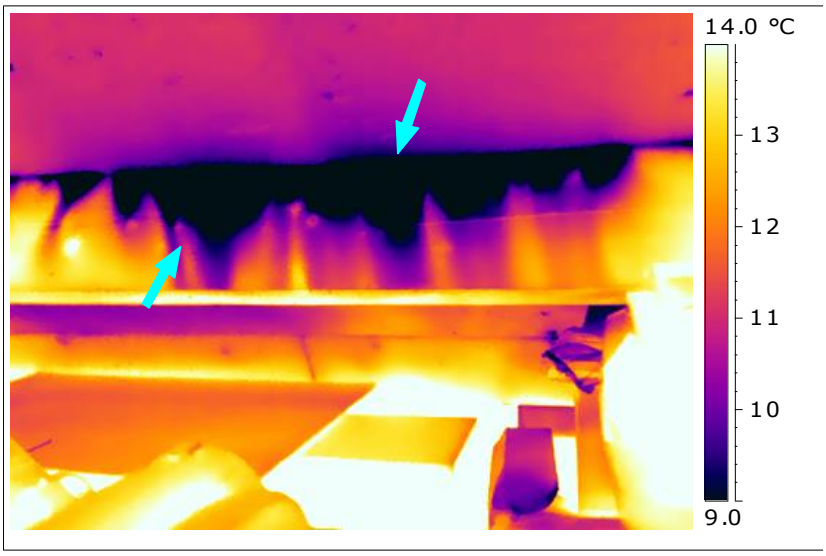
Doel meting:	**Onderzoek warmte- en luchtlekken**
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	**Achter het knieschot**

a)





b)



Commentaar

a) De vloeren en bouwmuren zijn van beton.
Het dakbeschot is van houten delen, aan de binnenzijde geïsoleerd met polystyreen platen, dik 20 mm.
Langs de isolatieplaten (naden en aansluitingen) komt flink koude lucht binnen.

b) Idem.

Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a) Achter knieschotten

b)

Commentaar

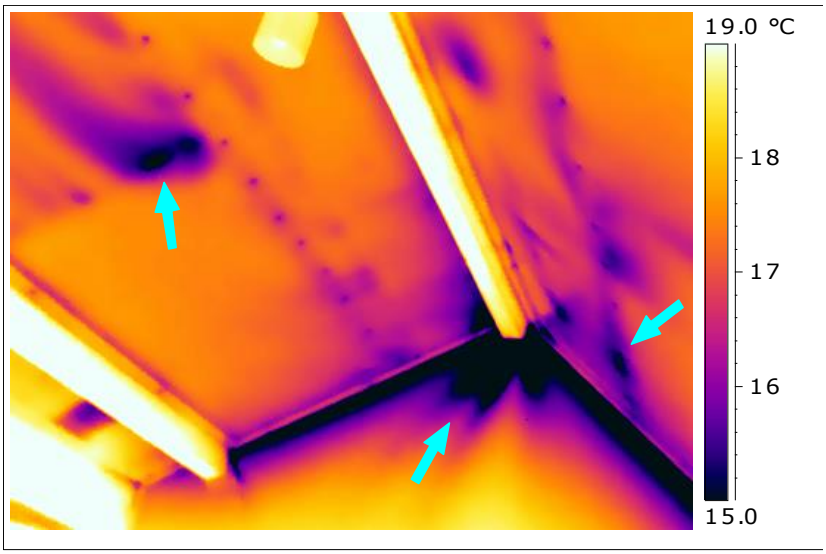
a) Aan deze kant is het een stuk warmer (zie de temperatuurschaal) doordat hieronder de ketel zit en hier de rookgasafvoer loopt.
De c.v. leidingen verliezen warmte in deze koude ruimten.

b) Rond de dakdoorvoer van de c.v. ketel en de ventilatie van de badkamer zitten forse gaten, waardoor warme lucht kan ontsnappen. Zie ook de opnamen buitenzijde (Eterniet plaat).

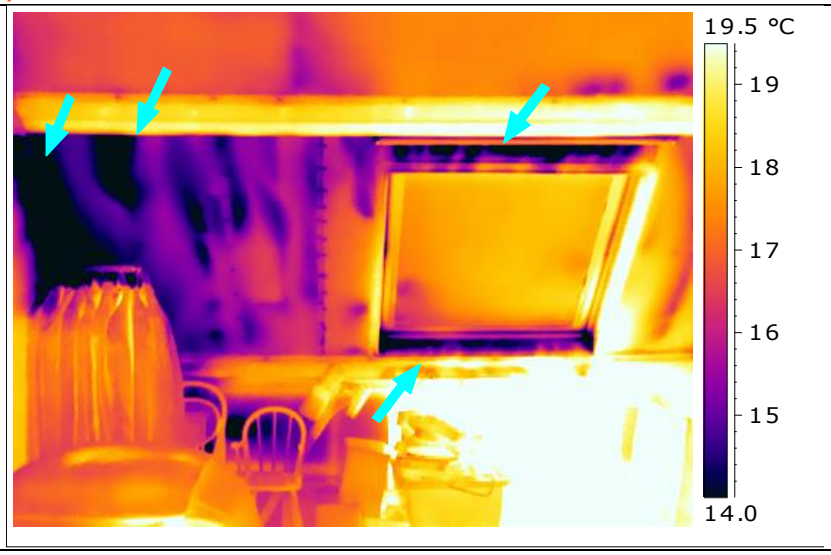
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a)



b)



Commentaar

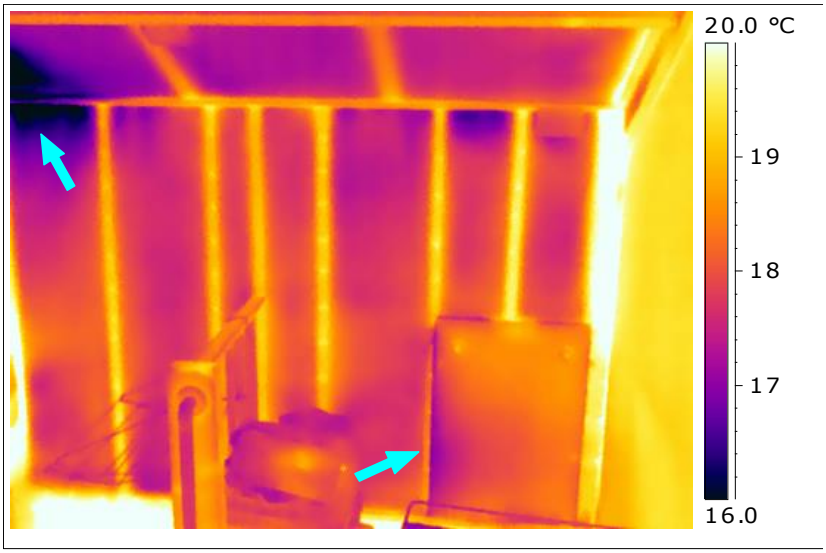
a) In het zicht is het dak afgewerkt met zachtboardplaten. Via de kieren komt koude lucht binnen.
Te zien is dat wind achter de zachtboard platen zorgt voor afkoeling.

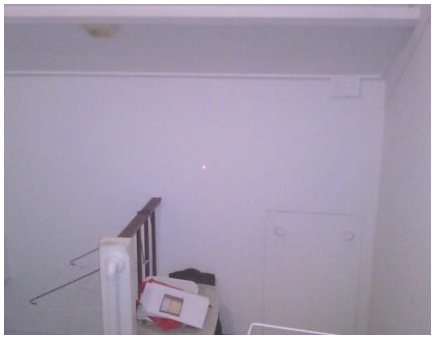
b) Idem.
Rond het Velux dakraam tocht het.

Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

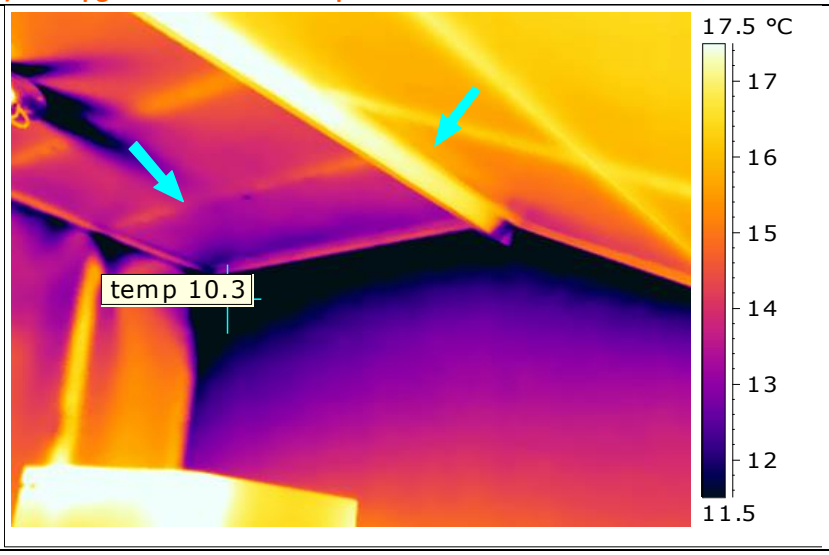
Doel meting:	**Onderzoek warmte- en luchtlekken**
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	**Overloop**

a) Knieschot voorzijde





b) De kopgevel net naast de trap



Commentaar

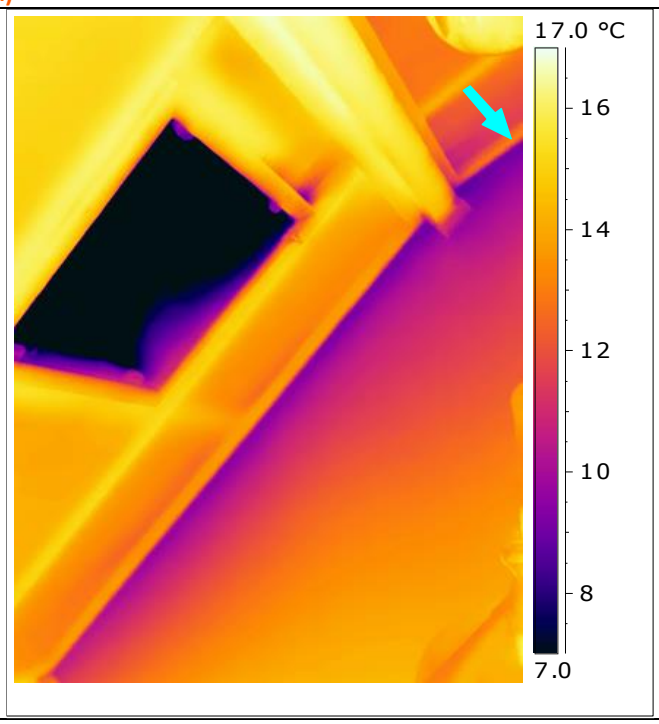
a) Van achter het knieschot kwam veel koude lucht, maar omdat hier de c.v. ketel onder zit en de rookgasafvoer loopt tonen de houten regels hier warm (zie ook de vorige bladzijden). Alleen de linker bovenhoek toont koud.

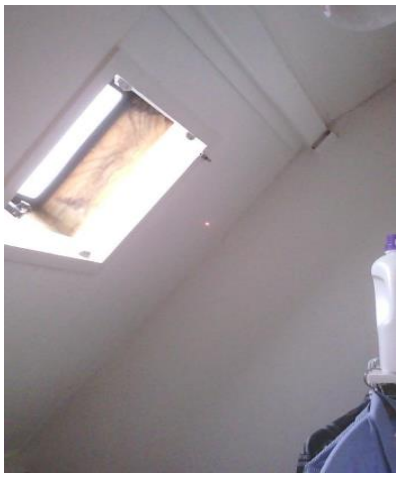
b) De bovenzijde van de muur is beschimmeld, ook in de naastgelegen wasruimte. De (enigszins) geïsoleerde dakplaten zitten tussen de muren. De bouwmuren zijn in het dak niet geïsoleerd en daardoor aan de bovenzijde koud. Dit was ook te zien aan de gesmolten sneeuw boven de bouwmuren.

Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a)





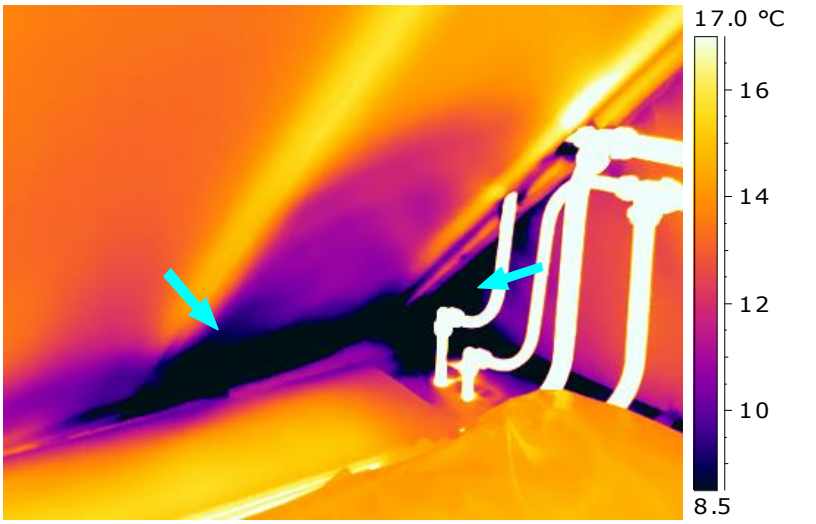
Commentaar

a) Ook hier schimmel, buiten beeld in de bovenhoek.
Het dakraampje is van enkel kunststof zonder tochtdichting.

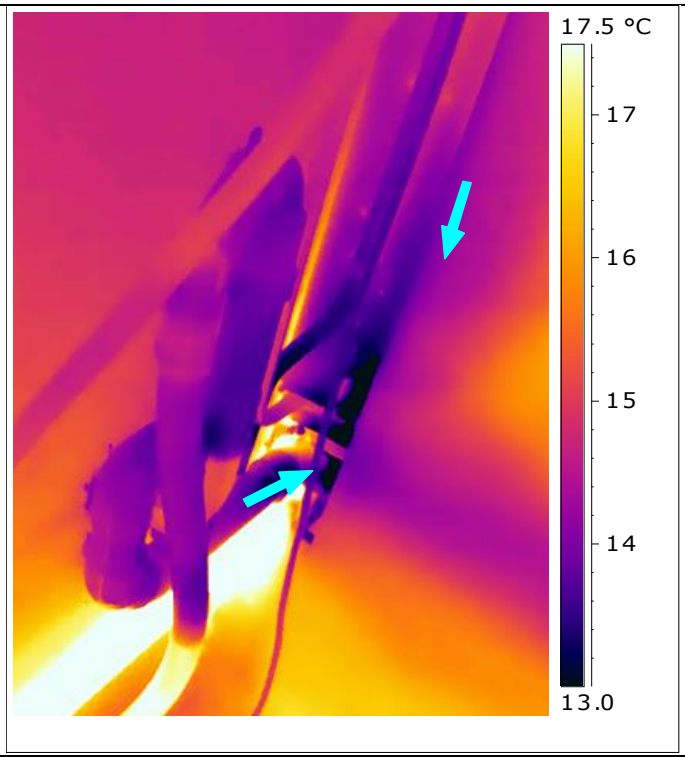
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

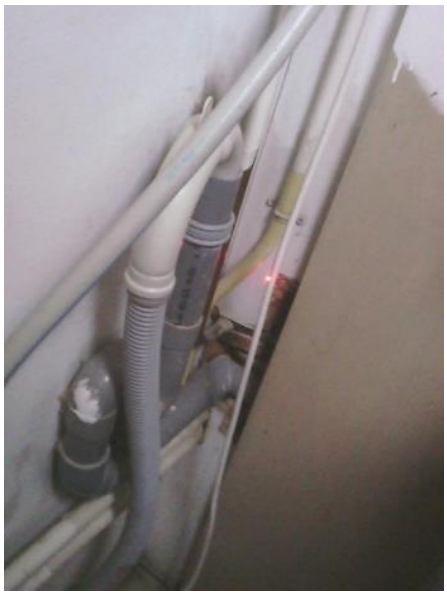
Doel meting:	**Onderzoek warmte- en luchtlekken**
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	**Wasruimte**

a)



b)





Commentaar

a) Koude lucht uit de aansluiting muurplaat-dak koelt het dak erboven af.

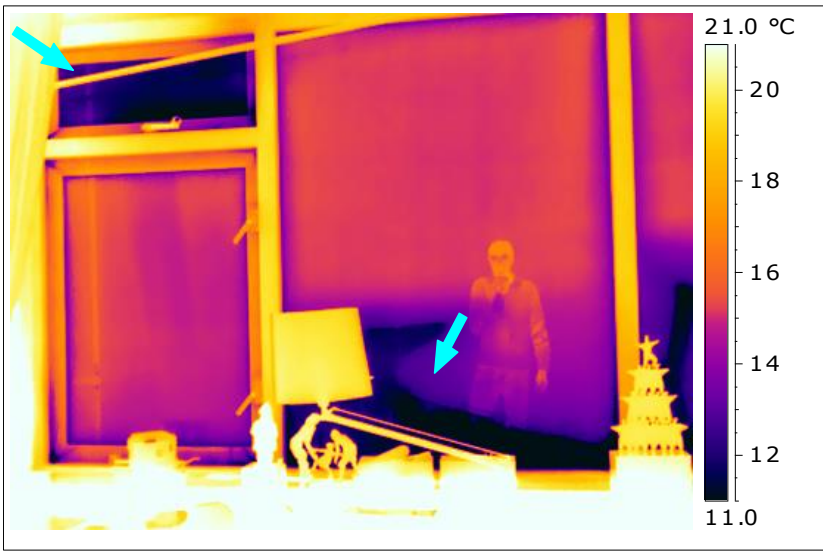
b) Uit de houten tussenwand kwam behoorlijk veel koude lucht. Dit moet uit het dak komen. De wand eindigt blijkbaar boven het plafond.

Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a) c.v. kast

b) Voorkamer



Commentaar

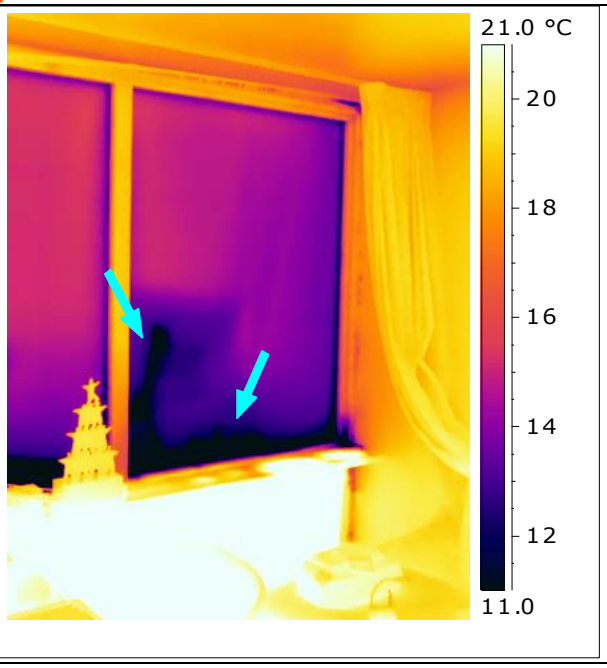
a) Rond de buizen zit behoorlijk ruimte waardoor bij de test veel koude lucht van achter de knieschotten binnenkwam.
Normaal kan de warmte die de ketel afgeeft via deze gaten ontsnappen naar de ruimte achter de knieschotten en door het dak naar buiten.

b) Het koude vlak op het glas komt doordat tegen het glas lijsten stonden (zie gewone opname vanaf buiten).
Door deze afdekking is het glas onderin kouder en lag er veel condensvocht en daardoor ook schimmel op het kozijn.
Het klepraampje is enkel glas. Hierop was geen condens te zien.

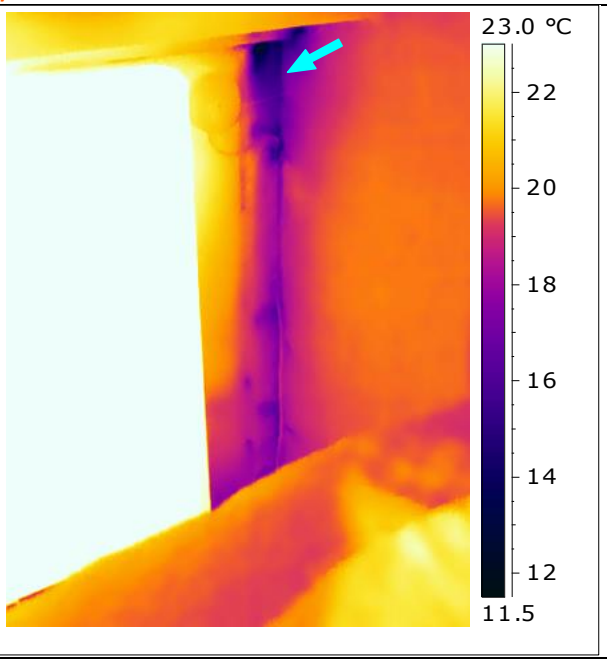
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a) Voorkamer



b)

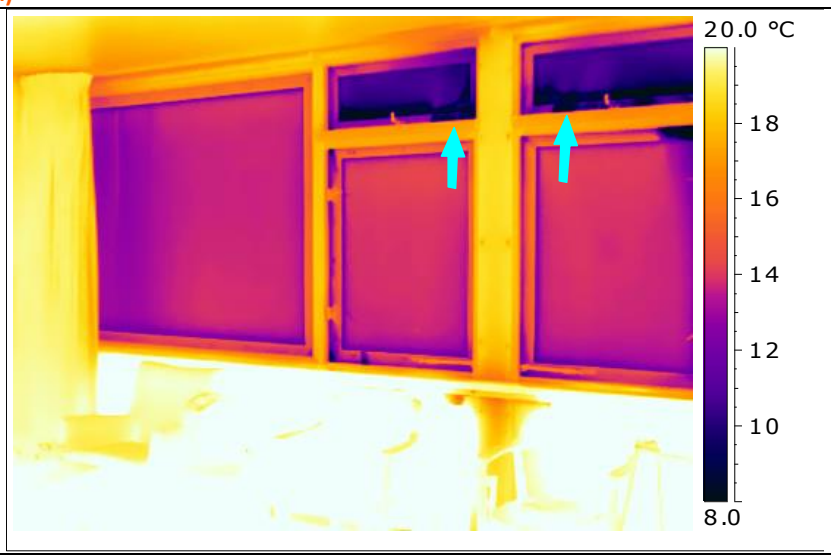


Commentaar
a) Koude plekken op het glas zie vorige opname.
b) Koude plek, maar deze opname is moeilijk te beoordelen door de warmte van de radiator.

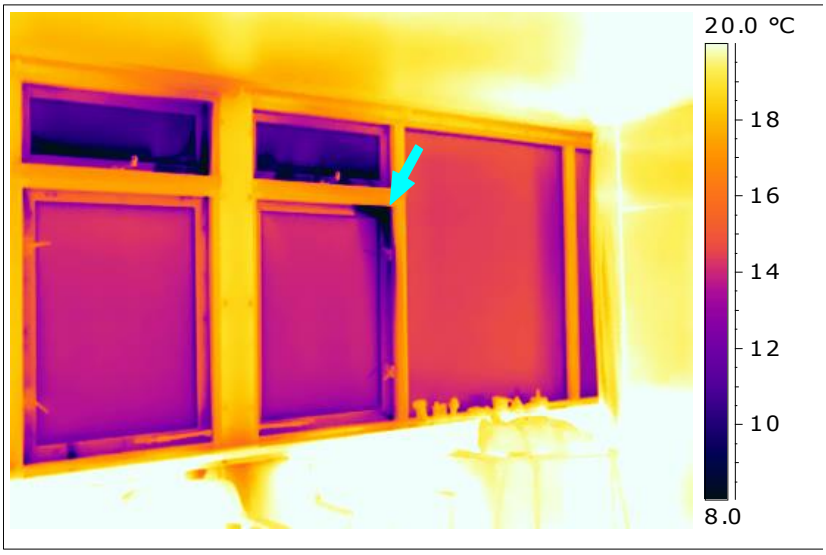
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a)



b)



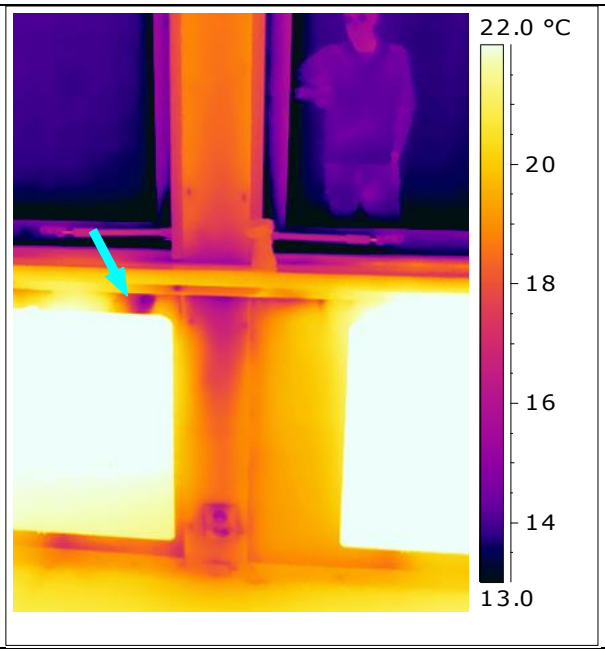
Commentaar

De bovenlichten zijn enkel glas. Ze tochten iets. De drie linker ruiten onderin hebben met een spouw van 6 mm een minder goede isolatiewaarde dan de twee rechter ruiten met een spouw van 12 mm.
De tweede en het vierde ruit van links zijn lek, waardoor er vocht in de spouw is gekomen.
Het rechter raam sluit niet goed en tocht in de bovenhoek.

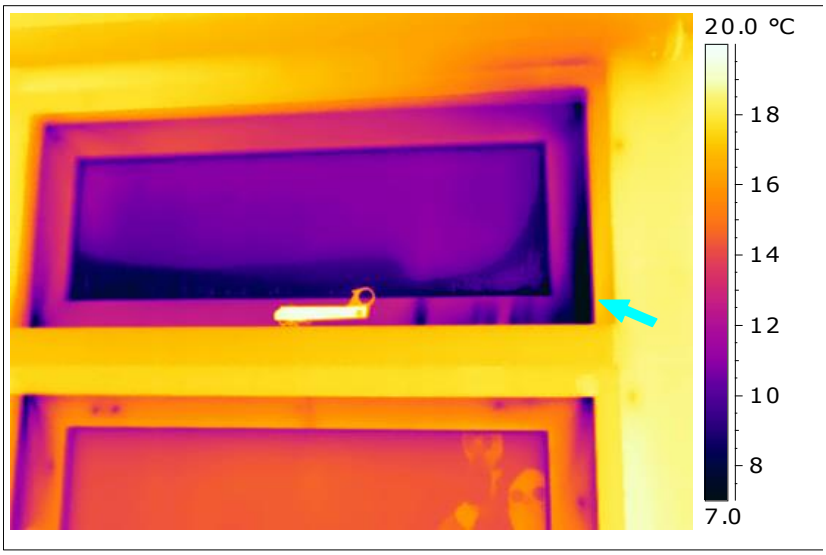
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a)



b)



Commentaar

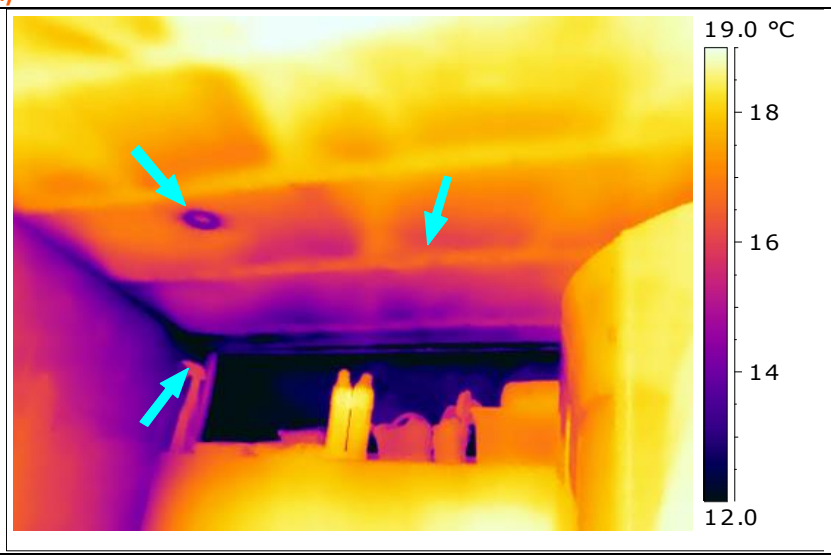
a) Door de warmte van de radiatoren (ze koelde maar langzaam af) is de kwaliteit van de borstweringen moeilijk te beoordelen. Er lijkt koude lucht binnen te komen.

b) Bovenlichten tochten iets.

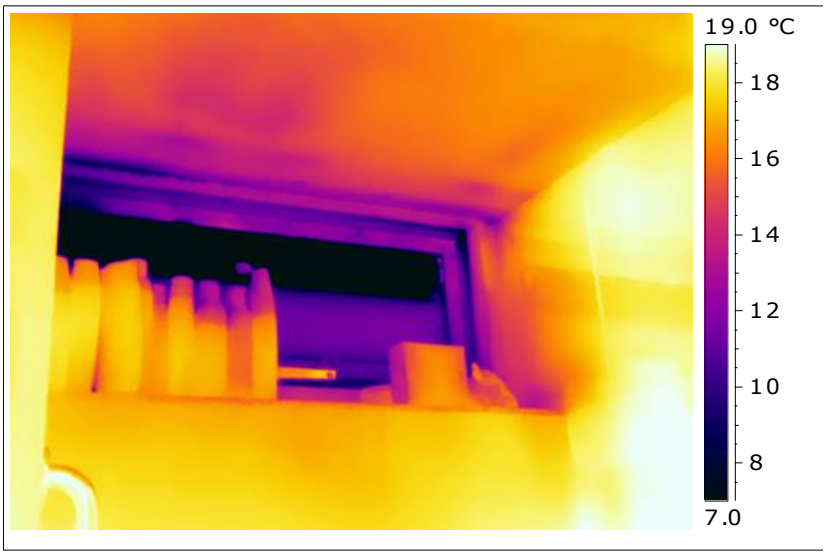
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a)



b)



Commentaar

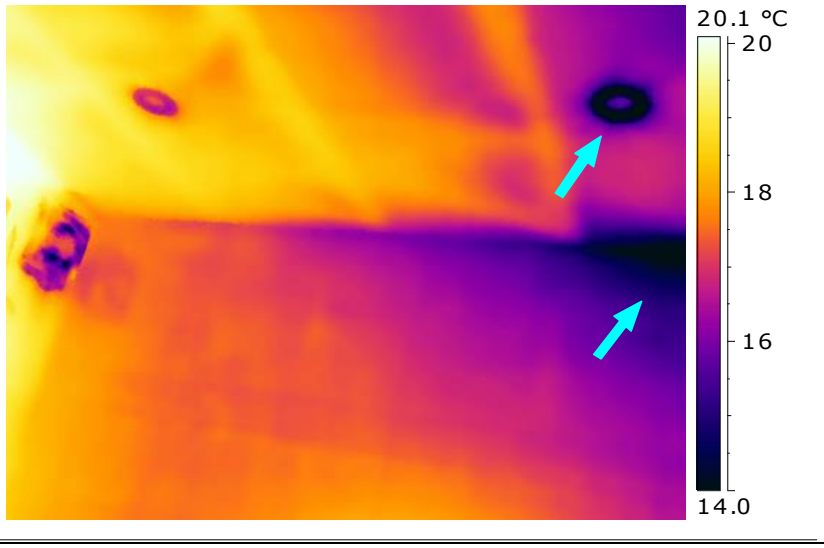
a) De badkamer heeft een verlaagd plafond, Hier zit koude lucht (uit de gevel) boven, die langs de rand en uit de spots naar binnen komt.
Het glas is oud met spouw 12 mm.

b) Het ventilatierooster tocht (mag ook). Het glas is nieuw, maar is standaard glas met spouw 9 mm.

Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a) Badkamer



b) Woonkamer achtergevel

Commentaar

a) Koude lucht in het plafond en uit de spots.
De zijgevel is bovenin kouder.

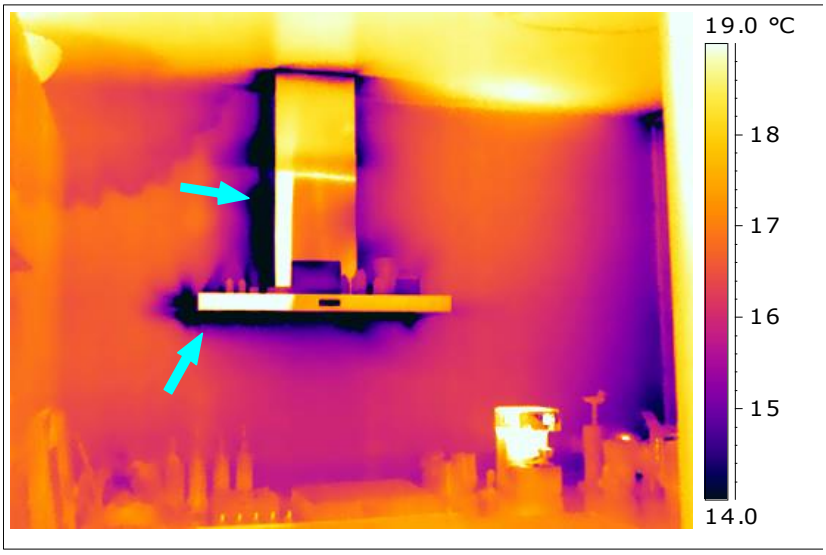
b) Bovenlicht is enkel glas, raampje tocht iets.
Deur tocht behoorlijk.

Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a)

b)



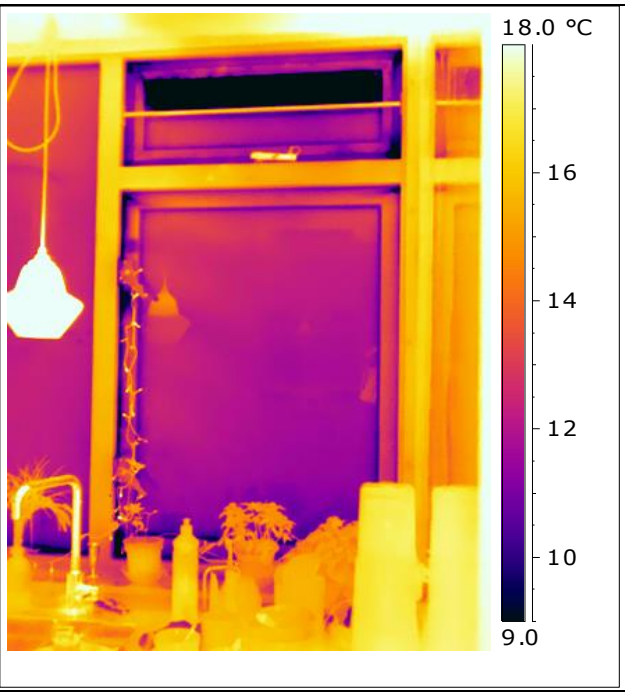
Commentaar
a) Glas is standaard isolatieglas.
b) Tocht rond de geveldoorvoer van de pijp, resulterend in koude lucht.

Bij een afzuigkap is het raadzaam om een voldoende dikke pijp (liefst 150 mm) toe te passen en een rooster met zo groot mogelijke doorlaat. Dan wordt de meeste lucht afgezogen en is de afzuigkap het stilst.
Een klep met een rooster, of een vlinderklep in de pijp voorkomt dat wind via de afzuigkap naar binnen geblazen kan worden.

Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a) Keuken



b) Entree

Commentaar

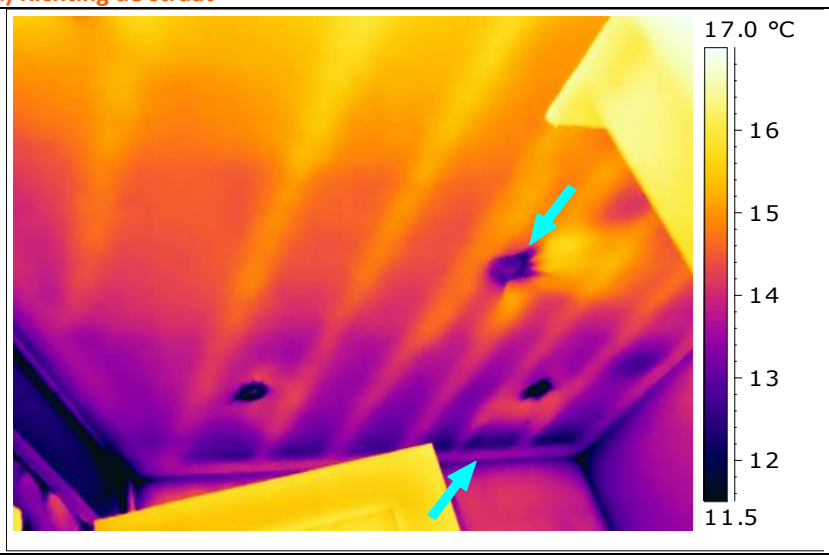
a) Het bovenlicht tocht iets, raam is behoorlijk dicht.

b) Wat lucht uit de schakelaar. Het glas heeft spouw 13, maar is wel standaard isolatieglas.

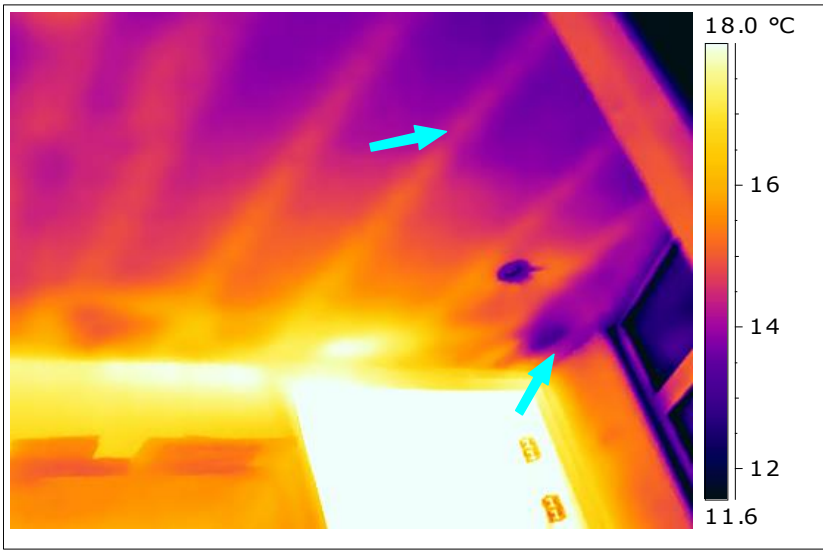
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a) Richting de straat



b) Richting de woonkamer

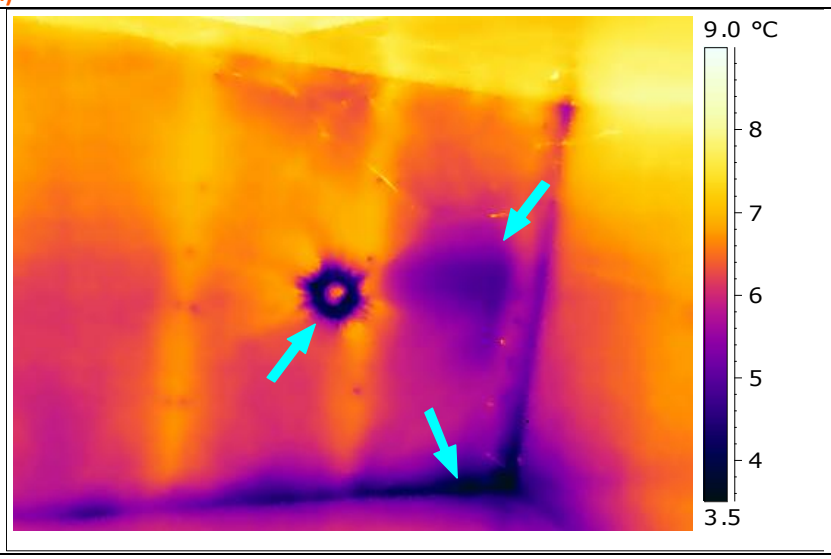


Commentaar
Koude lucht in het plafond, uit de gevels.

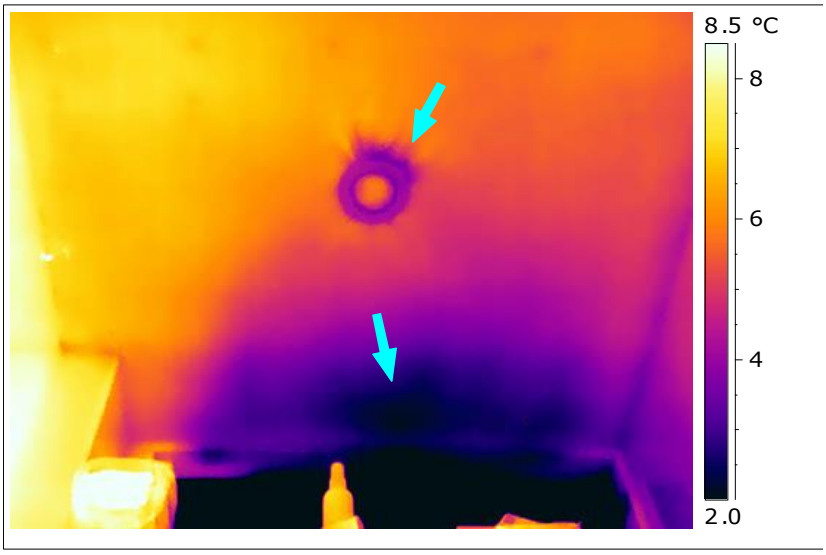
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a)



b)



Commentaar
Koude lucht in het plafond, uit de gevels. Komt uit de spots naar binnen.
Veel tocht uit het dichte, maar ook langs het ventilatierooster.