



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



Voorraanzicht



Blowerdoor (meetventilator) in de voordeur

Inhoudsopgave

| | |
|--|----|
| Beschrijving van de woning | 4 |
| Meetgegevens | 5 |
| Omschrijving van de werkzaamheden en randvoorwaarden van de metingen | 6 |
| Luchtdichtheidsmeting | 6 |
| Algemene toelichting op het onderzoek | 7 |
| Algemene opmerkingen t.a.v. de thermografische opnamen | 7 |
| Geconstateerde gebreken en advies op hoofdlijnen..... | 8 |
| Naar gasloos of hybride | 13 |
| Samenvatting advies..... | 15 |
| Thermische opnamen buitenzijde | 17 |
| Thermische opnamen binnenzijde | 22 |
| Bijlagen A: originele bouwtekeningen | 37 |
| Bijlagen B: Schimmel | 41 |

Beschrijving van de woning

De woning is gebouwd in 1967 en is de middelste van een blokje van drie woningen. Deze woning is eigenlijk nog origineel. In afwijking van de originele bouwtekeningen is het pannendak aan de binnenzijde afgewerkt met spaanplaat, hooguit geïsoleerd met een dunne laag piepschuim. De originele bouwtekeningen zijn als bijlage toegevoegd.

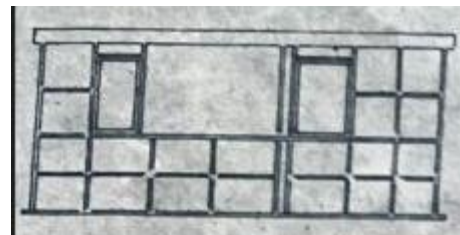
De begane grondvloer is een ongeïsoleerde, zogenaamde 'balkjes-broodjes' vloer. Dit is een prefab betonnen vloer bestaande uit betonliggers met daartussen holle betonelementen. Hier overheen ligt een dunne laag beton en een cementdekvloer.

De verdiepingvloer is een zogenaamde Nehobo holle baksteenvloer. Dit zijn dunne, holle, rode elementen waarop een laag beton is gestort. Deze laag beton is een constructief onderdeel van de vloer. De zoldervloer is van hout. De plafonds zijn deels zachtboard. In de douche en toilet schroten. Op de begane grond is een verlaagd plafond aangebracht met nepbalken.

Het dak is een gordingenkap met houten delen (een soort schroten) als dakbeschoot.

De gevels zijn:

- Spouwmuren op de begane grond met een spouw van 60 mm, niet geïsoleerd.
- Op de verdieping is de gevel geheel ingevuld met een eenvoudig houten frame met daartussen 3 cm piepschuim als isolatie. De binnenzijde is 8 mm spaanplaat. Het frame is op de thermografische opnamen ook goed te zien.
- Elke woning heeft een eigen gemetselde schoorsteen in de nok en een ventilatiekanaal voor de badkamer.
- De vurenhouten kozijnen en draaiende delen zijn origineel.
- Het glas is:
 - o Het stalen dakraampje op zolder voor heeft enkel glas.
 - o De woon- en eetkamer oud isolatieglas $U = 3,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.
 - o De rest is enkel glas; $U = \text{ca. } 5,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.



De **U-waarde** is de energie (in Watt = Joule/sec) die per m^2 naar buiten gaat per graad temperatuurverschil.

Huidige isolatiewaarden R_c van de woning:

| | |
|-------------------|----------------------------------|
| Dak | $0,8 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ |
| Spouwmuur | 0,4 |
| Houten gevel | 0,8 |
| Begane grondvloer | 0,26 |

Toelichting bovenstaande waarden:

De huidige isolatiewaarden zijn geschat op basis van wat ik heb gezien/gehoord van de bewoner.

De **Rc-waarde** is het omgekeerde (reciproke) van de U-waarde.

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

De badkamer en het toilet worden natuurlijk geventileerd via een schoorsteenkanaal.

Alleen in de keuken zit een ventilatierooster in het glas.

De kamers worden geventileerd door een raam open te zetten.

Er is geen afzuigkap.

De woning is nog niet zo heel lang in eigendom. De verbruiken over de afgelopen 6 maanden zijn:

| | |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| Gasverbruik nov t/m april | 312 m ³ |
| Houtstook | geen. Een houtkachel is wel aanwezig. |
| Elektraverbruik nov t/m april | 554 kWh |

Mede omdat de woning niet of nauwelijks verwarmd wordt is het verbruik laag. De woning wordt alleen bewoond.

Het plan is om de woning de komende tijd te moderniseren en te verduurzamen.

Meetgegevens

Bezoekdatum 25-04-2024

Gebouwdetails (opgemeten)

| | |
|----------------------------|--------------------|
| Netto inhoud van de woning | 291 m ³ |
| Vloeroppervlak | 109 m ² |

Weersgesteldheid:

| Tijd | 6.05 u | 13.10 u |
|-------------------|---------------|---------------|
| Buitemtemperatuur | 2,8 °C | 6,6 °C |
| Luchtvochtigheid | 95 % | 81 % |
| Windsnelheid | 2 m/sec | 3 m/sec |
| Windrichting | ZW | ZW |
| Luchtdruk | 1007 hPa | 1005 hPa |
| Binnentemperatuur | 13-15 °C | 13-15 °C |
| Luchtvochtigheid | 50% | 50% |
| | licht bewolkt | licht bewolkt |

Meetapparatuur:

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

Omschrijving van de werkzaamheden en randvoorwaarden van de metingen

Om 6.05 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 verwarmd, waardoor de binnentemperatuur slechts 13-15 °C was. Hierdoor hebben de thermografische opnamen, vooral aan de buitenzijde, minder contrast.

Nadat eerst een andere woning is opgenomen ben ik om 11.00 verder gegaan met het onderzoek binnen. De blowerdoor (meetventilator) is opgesteld in de voordeur. De ventilatie in de badkamer en het toilet en het ventilatierooster in de keuken is dichtgezet. Met de blowerdoor is de woning op 50 Pa onderdruk (vergelijkbaar met windkracht 5) gebracht en vervolgens is de hele woning aan de binnenzijde 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 $q_{v10}^* = 2,1 \text{ l/sec/m}^2$ en de $n50^{**} = 8,2$ 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 zeker 500 m³/h waait.

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

De gemeten waarden zijn behoorlijk hoog, ook voor een woning uit deze bouwperiode (q_{v10} gemiddeld 1,0-2,0 l/sec/m²). Dat betekent dat er veel warmte naar buiten vliegt. Met name door het dak. Maar verder kan de luchtdichtheid ook 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(iter)/sec/m². Voor nieuwbouw mag de q_{v10} volgens het Bouwbesluit maximaal 1,0 l/sec/m² zijn, maar gebruikelijker is om deze te maximeren op 0,6 of 0,4 l/sec/m². Bij zeer energiezuinige woningen zelfs 0,15 l/sec/m². (Bij deze woning blies ik dus bij 10 Pa $124 \times 2,0 = 248 \text{ l/sec}$, oftewel 893 m³/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 $n_{50} < 0,6$.*

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 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 de informatie uit de bouwtekeningen.

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.

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.

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/>

Hoe aan te pakken en waar te beginnen

Deze woning is nog geheel origineel en niet geïsoleerd. Voor de bewoner en voor ons als adviseur een uitgelezen kans omdat alles meteen goed aangepakt kan worden. Belangrijk is om het meteen goed te doen, zodat het later niet opnieuw gedaan hoeft te worden om van het gas af te gaan. We noemen dat **No-Regret**. Verderop zal ik de isolatieniveaus aangeven die daarvoor nodig zijn.

Als het budget eindig is zal de verduurzaming in stappen gaan. Een leidraad in de volgorde kan zijn:

- Begin waar het meeste verwarmd wordt.
- Waar dringend onderhoud nodig is. Bijvoorbeeld de kozijnen vervangen inclusief het glas en de houten gevels.
- Waar het meeste discomfort gevoeld wordt.

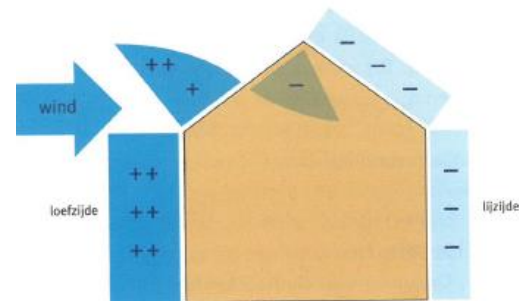
Luchtdichtheid

De grootste luchtlekkages zitten in het dak.

Dit kan aanzienlijk verbeterd worden in combinatie met het isoleren van het dak.

Het dakbeschot bestaat uit houten delen. Tussen de houten delen zitten veel kieren waardoor veel warmte in de vorm van warme lucht naar buiten gaat. Ook in de aansluitingen van het dak op de bouwmuren en gevel en rond de dakdoorvoer van de c.v. ketel en de schoorsteen kan warme lucht naar buiten ontsnappen.

In het algemeen is een woning te zien als een schoorsteen. Warme lucht stijgt op en drukt tegen het dak en ontsnapt via de openingen in het dak. Dit wordt versterkt door winddruk en -zuiging rond de woning. 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 😊. Hierbij moet ik wel opmerken dat deze trek beperkt kan worden als kamerdeuren dicht zijn, of als de woning gecompartmenteerd wordt (zie verderop).



Figuur 2-1 Drukverschil als gevolg van wind.

Verbeteringen:

- *Belangrijk is dat het dak aan de warme binnenkant volledig luchtdicht wordt afgewerkt. Dat betekent een gesloten luchtdichte laag aan de binnenkant aanbrengen. Dit gaat het eenvoudigst door een dampremmende folie aan te brengen over de gordingen. Bij voorkeur een speciale ('intelligente'-vochtvariabele) folie, waarmee vochtproblemen in de kap worden voorkomen. 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, Betra, 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. N.B. de isolatie komt tussen het dakbeschot en de folie. De dampremmende folie zit altijd aan de binnenkant ten opzichte van de isolatie!



Voorbeeld:

Gevel: isolatiefolie afgeplakt met Siga tape
Plafond: vochtvariabele folie (Siga Majrex 200) + cellulose

Als **dakisolatie** kan glas- of steenwol gebruikt worden, wat geluidsisolerend werkt en enigszins de warmte dempt in de zomer. PIR heeft een hogere isolatiewaarde bij dezelfde dikte, maar door de geringe massa dempt het minder warmte en geen geluid.

Biobased materialen (vlas, houtvezel of cellulose) dempen de warmte en geluid nog beter, zodat 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!

De ruimte tussen de folie en het dakbeschot volledig vullen met isolatie om vochtproblemen in het dak te voorkomen.

De gordingen zijn 165 mm hoog als deze dikte isolatie wordt aangebracht wordt de isolatiewaarde R_c van het dak:

| | |
|--------------------------|---------------------|
| Biobased isolatie 165 mm | 4,2 $m^2 \cdot K/W$ |
| Glas-/steenwol 160 mm | 4,4 |
| PIR 120 mm | 4,36 |

* bepaald met de rekenhulp van Rockwool respectievelijk van Kingspan, waarbij rekening is gehouden met 7% hout (gordingen/muurplaat/nokbalk) tussen de isolatie.

Dikker isoleren kan door op de gordingen een lat te slaan en hier de folie en rachsels overheen aan te brengen.

In plaats van bovengenoemde isolatiematerialen kan ook **isolatiefolie** gebruikt worden. Dit bestaat uit vele (meestal) kunststof lagen die warmte reflecteren. Ook bij deze folie naden en aansluitingen goed aftapen. Bijvoorbeeld SF60 dik 100 mm met aan beide zijden een spouw van 20 mm geeft volgens de leverancier een R_c van 4,29 $m^2 \cdot K/W$. Iso booster Professional dik 110 heeft een R_c 4,56 $m^2 \cdot K/W$ zie [ISDE-Document_240430.pdf \(isobooster.nl\)](#)

- Het is belangrijk om dakisolatie door te zetten in de berguimten en achter de knieschotten, zeker als hier c.v. leidingen lopen. Daarbij de eerder beschreven folie, die aan de binnenzijde over de isolatie komt, vastplakken aan de binnenzijde van de gevel. Zodat het dak een dichte laag vormt met de gevel.

- **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 overigens ook voor een plat dak. Zonnepanelen zullen het dak ook wat koeler houden in de zomer.*
- *Zoals eerder gezegd helpt het ook om een woning te **compartimenteren**. Door bijvoorbeeld een deur bovenaan de zoldertrap te maken en daarmee de zolder af te sluiten van het trappenhuis. Of een deur in het onderste deel van de trap. De eerste verdiepingvloer is van beton en daarmee luchtdicht. De zoldervloer is van hout en dus niet helemaal luchtdicht. Compartimenteren van een woning is zeker belangrijk als boven de ramen vaak open staan. Een zo opgedeelde woning geeft ook de mogelijkheid om elke verdieping verschillend te verwarmen en te ventileren. Zie onder 'installaties'.*
- *Bij het isoleren en luchtdicht maken van het dak ook alle doorvoeren (zoals de **rookgasafvoer**) en het **dakraam** luchtdicht aansluiten op de hierboven genoemde folie.*

De (spouw)muren

- De spouw van de woning is 60 mm en niet geïsoleerd. *Na-isoleren van de spouw is zeker interessant, zoals ook op de thermografische opnamen is te zien. Dit is in een paar jaar terugverdiend. Omdat de woning niet heel veel gemetselde gevel heeft is het interessant om dit met een paar woningen samen uit te laten voeren zodat het bedrijf een dagproductie kan maken. De hoekwoningen hebben, door de zijgevel, uiteraard veel meer spouwmuur.*
- Een gevulde spouw heeft een R_c van 1,7-1,8 m².K/W. Om van het gas af te kunnen wil je de spouwmuur eigenlijk nog beter isoleren. *Dat kan door de gevel aan de buitenzijde te isoleren en af te werken met stucwerk of steenstrips. Dit heeft bouwfysisch de voorkeur omdat daarmee koudebruggen worden voorkomen. Dit betekent wel dat het aanzicht verandert. Daarvoor is waarschijnlijk een bouwvergunning nodig. Door het buitenspouwblad eerst te verwijderen en dan te isoleren komt de gevel niet naar buiten. De gevel kan ook aan de binnenzijde met een voorzetwand extra geïsoleerd worden.*

De kozijnen:

- Het stalen dakraam op zolder heeft enkel glas en geen tochtstrip. *Deze bij het isoleren van het dak vervangen door een goed sluitend dakraam met HR++ glas, of beter nog tripleglas, want door glas in het dak gaat meer warmte verloren dan door glas in een verticaal kozijn.*
 - Het plan is om de vurenhouten kozijnen te vervangen. *Kies daarbij voor glas met een zo laag mogelijke U-waarde, bijvoorbeeld HR++ glas met $U = 1,1$ of $1,0 \text{ W/m}^2\text{.K}$. Daardoor verminderd niet alleen het energieverlies, maar ook de koudestraling van het glas. Koudestraling zorgt namelijk voor discomfort. Belangrijk is dat de spouw tussen het glas 15 mm is. Wordt namelijk glas met een dunnere spouw toegepast dan wordt de isolatiewaarde slechter!*
- | | |
|---|--|
| <i>Speciaal HR++ b.v. 'Eclaz One' spouw 15 mm heeft</i> | $U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{.K}$. |
| <i>Standaard HR++ spouw 15 mm</i> | $U = 1,1$ |
| <i>Idem met spouw 13 mm</i> | $U = 1,2$ |
| <i>Idem met spouw 12 mm</i> | $U = 1,3$, dit mag dan geen HR++ heten. |
| <i>Idem met spouw 9 mm</i> | $U = 1,6$, idem. |
- Tripleglas ($U = 0,6-0,7 \text{ W/m}^2\text{.K}$) isoleert nog beter en zorgt voor minder koudeval en dus nog meer comfort. Zeker in combinatie met vloerverwarming.*

Bij kunststof kozijnen is tripleglas nauwelijks duurder. Zeker omdat je bij tripleglas in nieuwe kozijnen veel meer subsidie krijgt dan bij HR++ glas.

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.

- *Bij het vervangen van de kozijnen ook de houten geveldelen op de verdieping vervangen. Belangrijk is om daar een zo hoog mogelijke isolatiewaarde te kiezen, $R_c > 4,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ (dit is $U = 0,22 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$) dus veel beter dan de kozijnen. Zeker omdat onder de kozijnen radiatoren hangen die anders warmte door de gevel stralen.*
- *Belangrijk is dat de nieuwe kozijnen en gesloten geveldelen rondom luchtdicht worden ingebouwd. Op de lange termijn gaat dit het beste door alle aansluitingen af te tapen met speciale luchtdichtingstape (zie eerder). Anders kunnen tochtklachten ontstaan.*
- *Voor het aanbrengen/vervangen van tochtstrips in bestaande houten kozijnen verwijs ik naar de rapporten/adviezen van de andere woningen.*

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 na-geïsoleerd met isolatiefolie (Isobooster Professional 50, Rd 3,19 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$).
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.
- *Als isolatie in de **zoldervloer** wordt aangebracht zal er minder warmteverlies van de 1^e verdieping naar zolder zijn. Ook dit is een vorm van compartimentering, die ook helpt in het beperken van geluidsoverdracht tussen de verdiepingen. In de badkamer is dat al gedaan.*
- In de houten zoldervloer komt ook lucht binnen uit de spouw en uit aansluitingen. Dit komt omdat het metselwerk in de vloer altijd slordig is uitgevoerd en niet afgedicht met stucwerk. Zie de foto op de volgende bladzijde.



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 of de zoldervloer open te maken. Kaal metselwerk stucen. De muren luchtdicht aansluiten op de onderkant van de vloer (flexpur + luchtdichtingstape of -pasta). Hetzelfde rond de balken. Leidingdoorvoeren rondom luchtdicht maken.

Bouwkundig tot Slot

Zoals aan het begin verteld is het belangrijk dat alle maatregelen **No-Regret** worden uitgevoerd. 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.

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 zoeken 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.

Bij toepassen van systeem D kan de lucht eenvoudig van een goed filter 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.

- Als de woning gecompartmenteerd is kan de ventilatie op de BG en de ventilatie op de verdiepingen apart worden uitgevoerd. Op de BG 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).
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 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.

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 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

Het mooiste is om de verduurzaming van de woning integraal aan te pakken, maar waarschijnlijk zal dit in fasen gebeuren. Daarbij kan het zinvol zijn om sommige maatregelen samen met andere bewoners te doen. Te denken aan:

1. Het isoleren van de begane grondvloer.
3. Het isoleren van de spouwmuren. Bij voorkeur nadat de kozijnen zijn vervangen, zodat de spouw tot tegen de nieuwe kozijnen aan geïsoleerd wordt.

De overige isolatiemaatregelen zijn:

2. De kozijnen vervangen, daarbij is tripleglas interessant. Daarbij meteen de houten geveldelen vervangen (goed isoleren).
4. Het pannendak isoleren en luchtdicht maken.
5. Daarbij het stalen dakraam vervangen.
6. Een goed ventilatiesysteem aanbrengen. Zeker als de woning luchtdichter gemaakt wordt en tripleglas wordt aangebracht.

Dan zijn er nog verbeteringen aan de installaties mogelijk:

- 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.
- *De c.v. installatie waterzijdig laten inregelen of ruimteregeling (b.v. Honeywell Evohome) kan zowel het comfort verbeteren als energie besparen.*
- *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.*

In de volgorde van de maatregelen kan uiteraard geschoven worden, omdat dit van de persoonlijke situatie afhangt en mede bepaald wordt door bijvoorbeeld:

- Waar wordt het meeste discomfort ervaren.
- Waar wordt het meest verwarmd. Daar kan het meeste energie bespaard worden.
- Kan het gecombineerd worden met andere wensen, zoals het aanpakken van een bepaalde ruimte of het schilderen of vervangen van kozijnen.

| Isolatiewaarden: | Huidige | nieuwbouw | minimaal gasloos |
|---|--|-------------------------|---------------------------------|
| Dak | 0,8 m ² .K/W | 6,3 m ² .K/W | 4,5 m ² .K/W |
| Gevel | 0,4-0,8 | 4,7 | 4,5 |
| Begane grond vloer | 0,26 | 3,7 | 3,5 (hoger bij vloerverwarming) |
| Streefwaarde luchtdichtheid: q_{v10} | 0,40l/sec/m ² i.c.m. goede ventilatie | | |




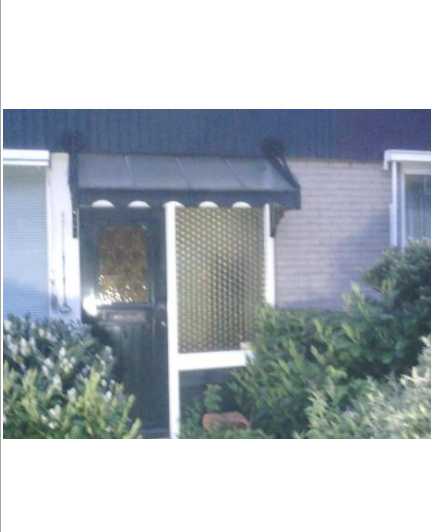
Toelichting bovenstaande waarden:

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

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

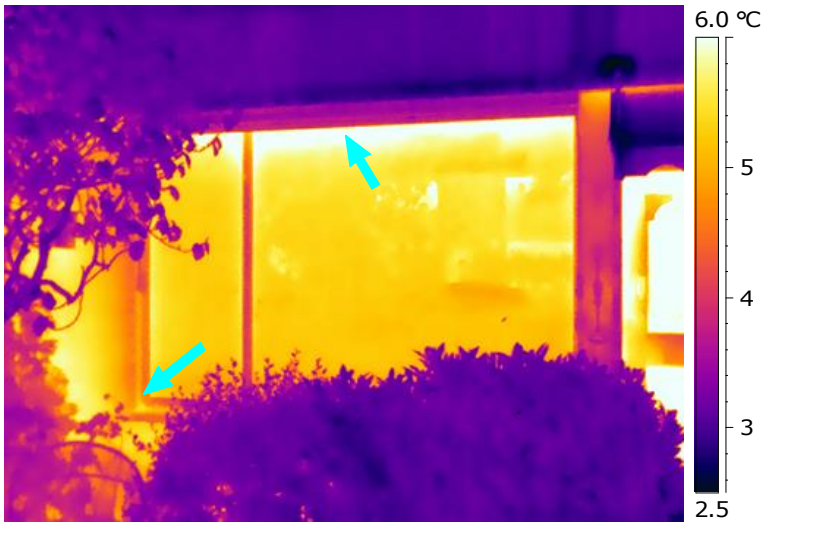

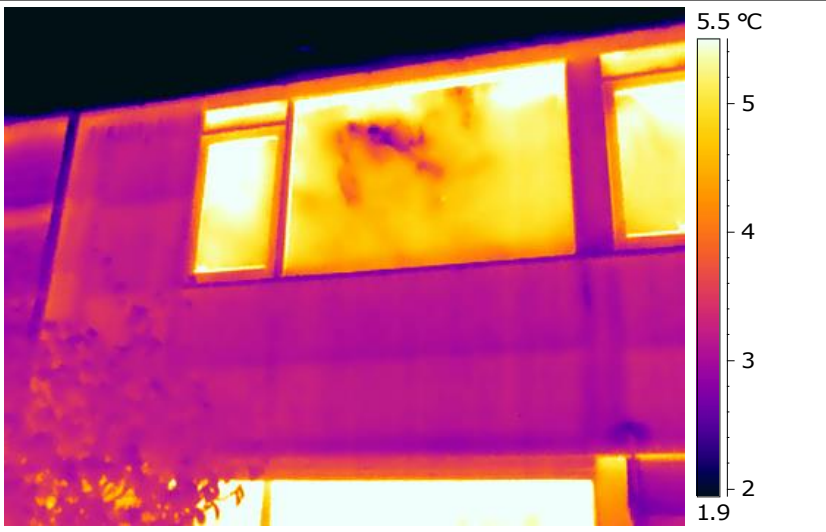

Commentaar

a) De gevel op de begane grond is verrassend warm.

b) Het glas in de deur is enkel.

De spouwmuur toont warmer dan de borstwering boven.

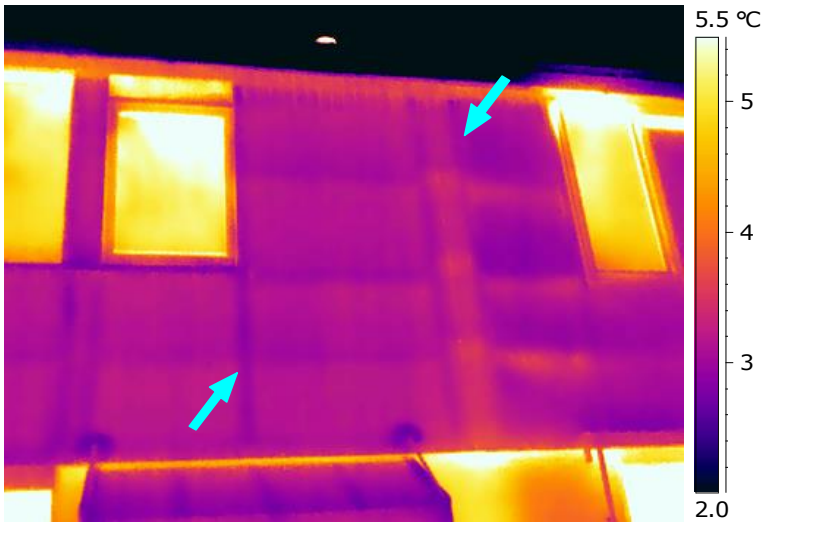

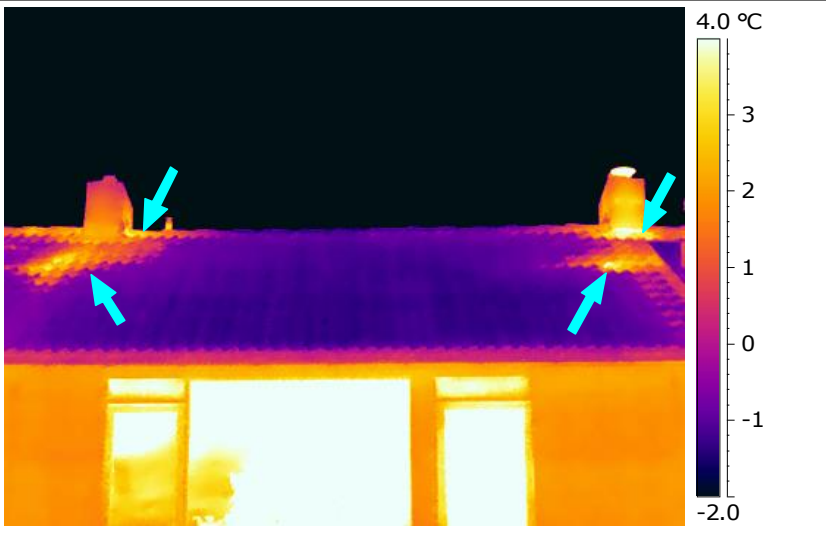

Thermische opnamen buitenzijde voor zonsopgang

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

Commentaar

Ook hier is de spouwmuur warmer dan de borstwering op de verdieping.

Thermische opnamen buitenzijde voor zonsopgang

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

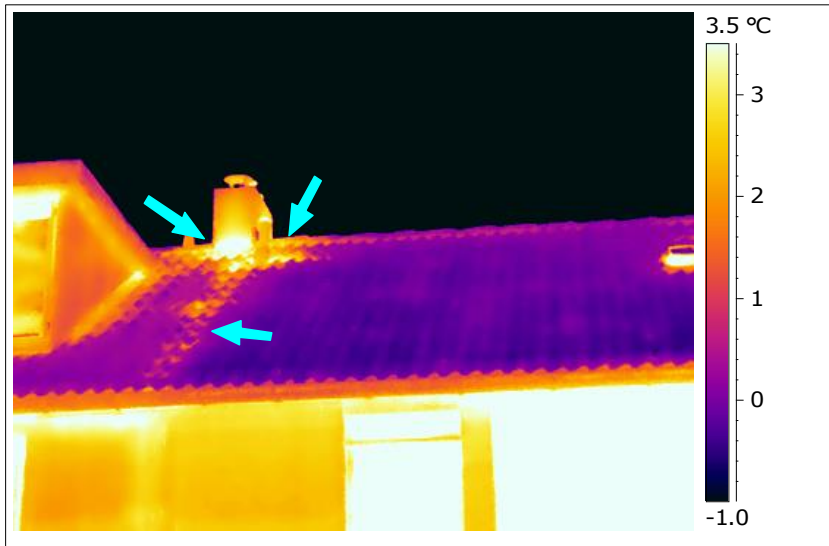
Commentaar

- a) Het houten frame en de bouwmuur zijn goed te zien op de opname.
- b) Warme lucht komt door het dak naar buiten.

Thermische opnamen buitenzijde voor zonsopgang

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

a)



b)



Commentaar

Warme lucht komt langs de schoorsteen, de rookgasafvoer en de bouwmuur naar buiten.
Het oude stalen dakraam laat warmte door.

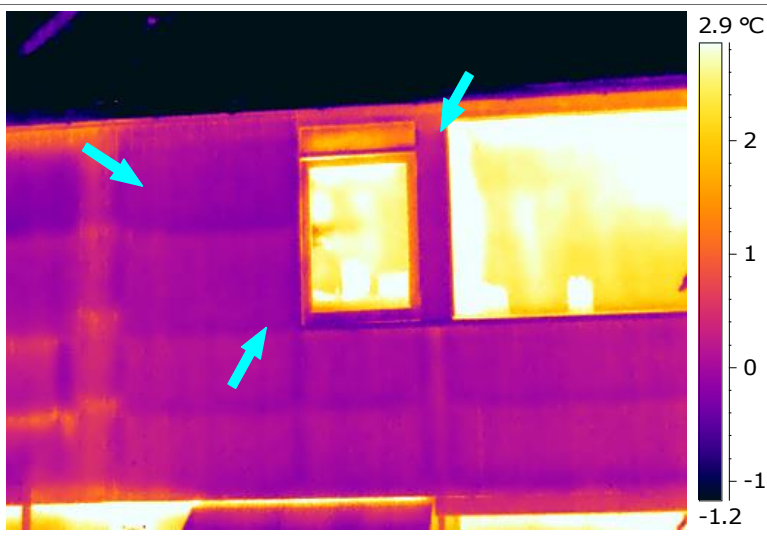
Thermische opnamen buitenzijde voor zonsopgang

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

a)



b)



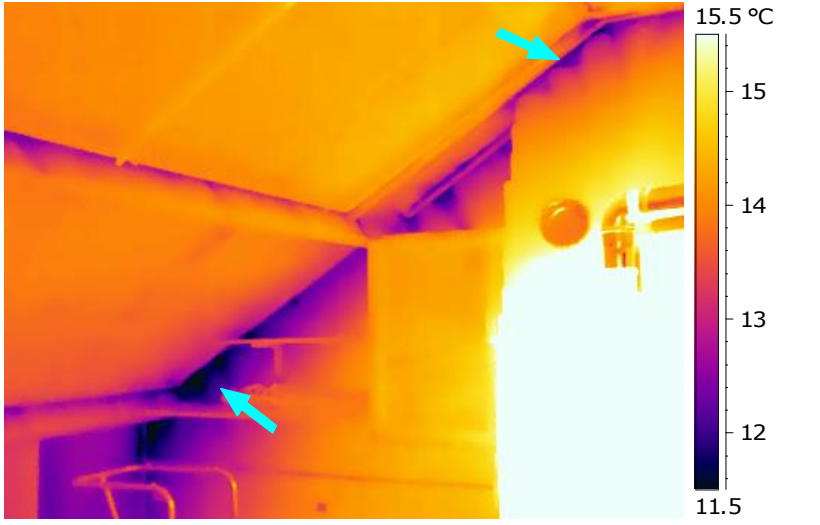
Commentaar

- a)
- b)

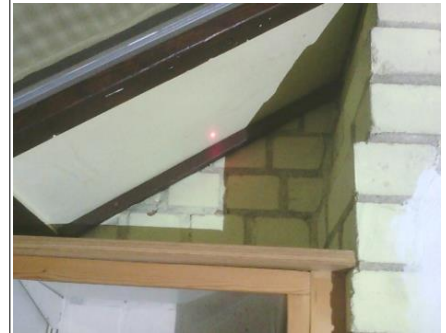
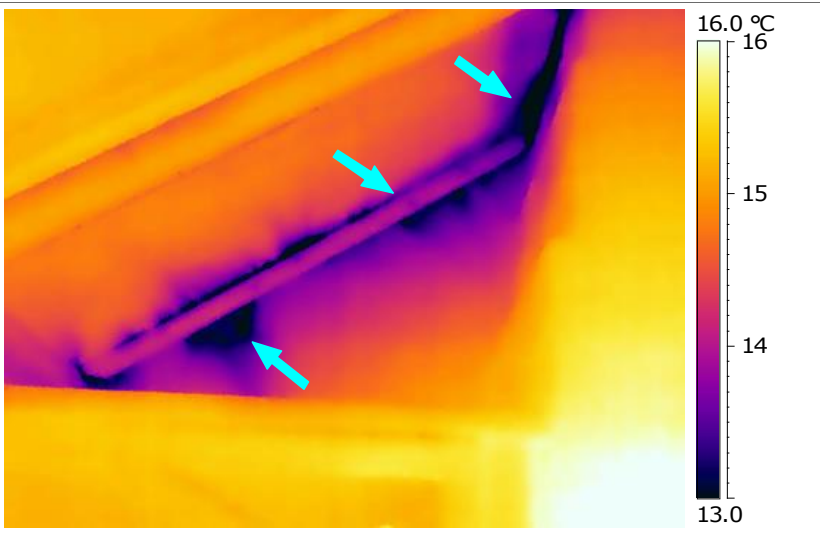
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a)



b)



Commentaar



Koude lucht komt binnen via het dak. Het dak is aan de binnenzijde afgewerkt met spaanplaat en geïsoleerd met 60 mm polystyreen (tempex, piepschuim).

De bovenzijde van de muur vormt ook een 'koudebrug' (warmtelek).

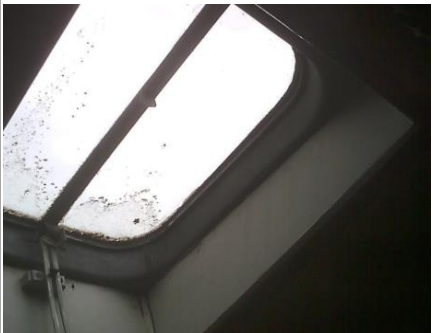
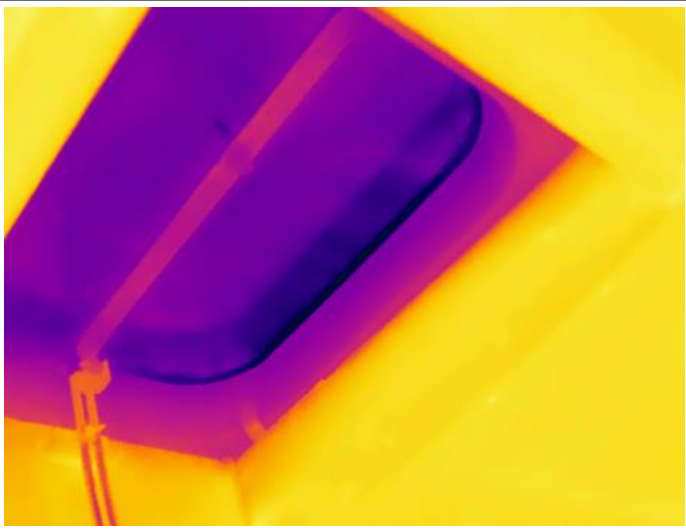
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a)



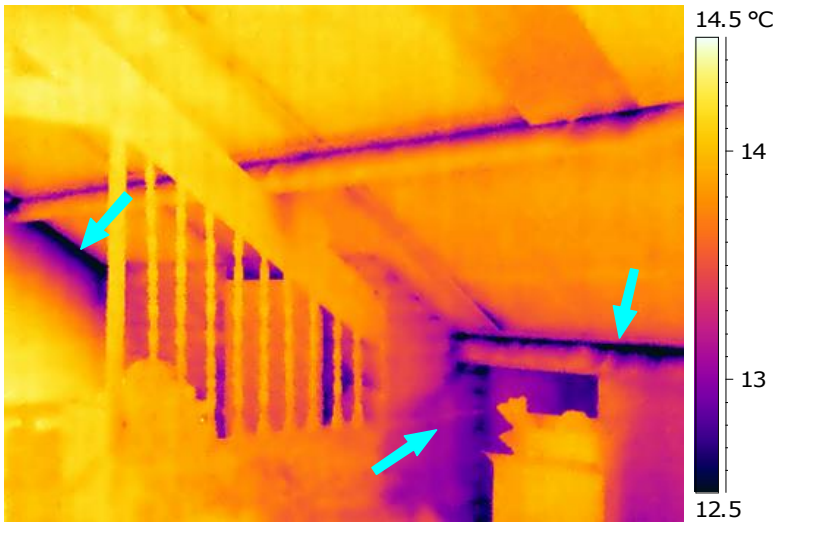

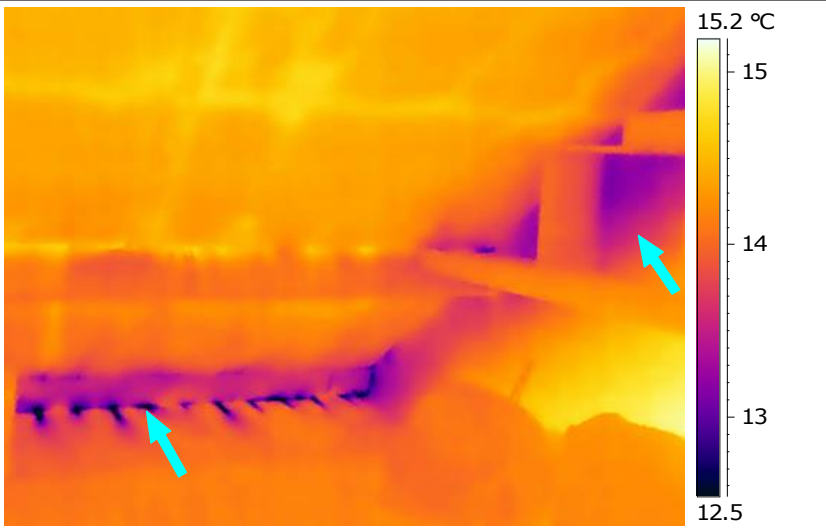

b)



Commentaar

- a) Koude lucht komt binnen via het dak
- b) Het dakraam is van staal met enkel glas.

Thermische opnamen binnenzijde Woning in onderdruk

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

Commentaar

a)


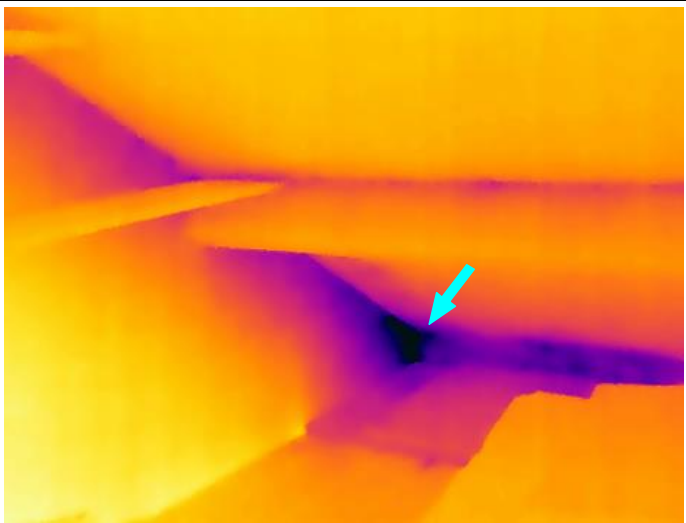
b) Koude lucht uit de naden en kieren in de vloer.

De bouwmuur loopt ver door naar buiten en vormt zo een koudebrug.


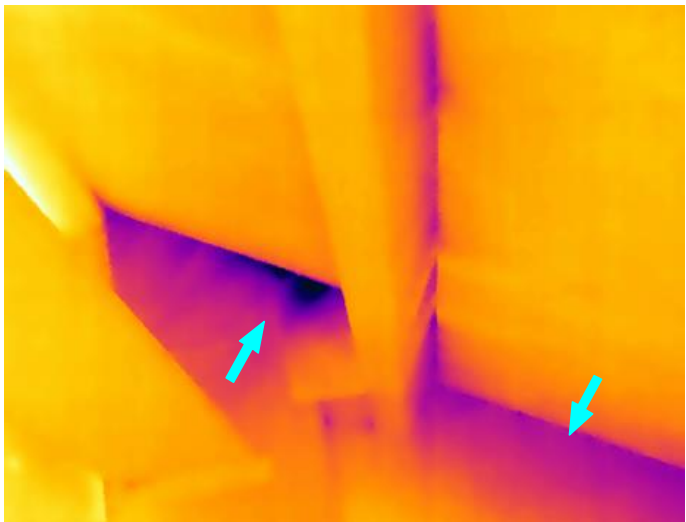
Thermische opnamen binnenzijde Woning in onderdruk

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

a)



b)



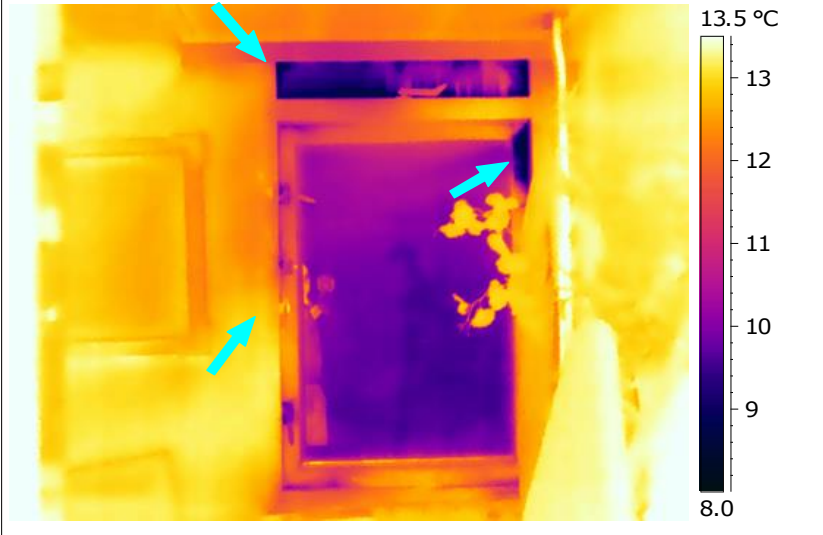
Commentaar

- a) Kou in de bovenzijde van de bouwmuur en muurplaat (dak-gevel aansluiting).
Metselwerk dat niet gestuct is kan ook tochten.
- b) Koude lucht langs en kou in de muur.

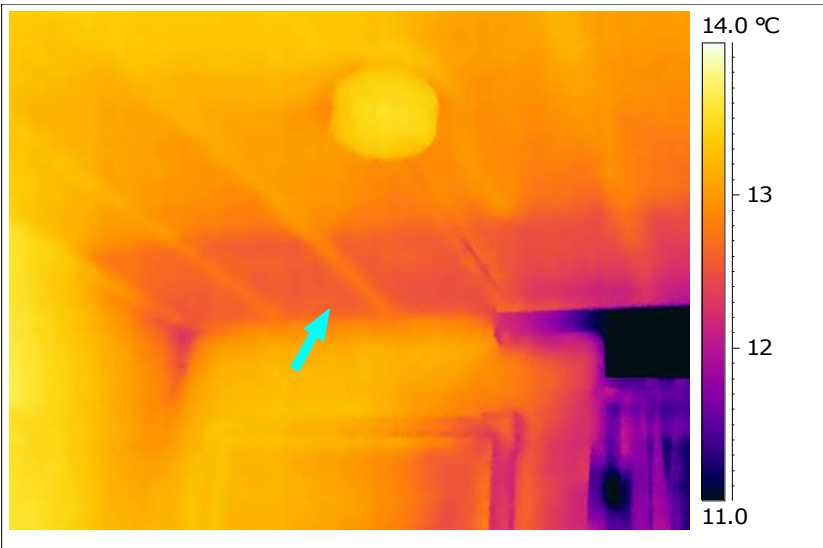
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a)



b)



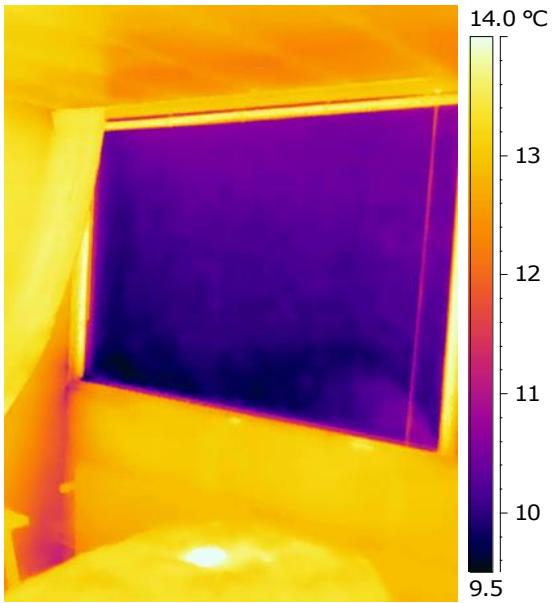
Commentaar

- a) Bovenlicht (multiplex) en het raam met enkel glas tochten.
- b) Koude lucht in het plafond, uit de berguimte op de overloop. Uit het dak daar. Zachtboard plafond.

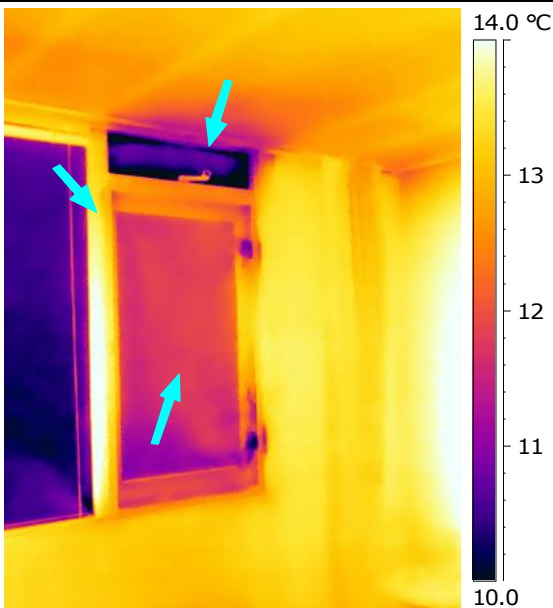
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a)



b)



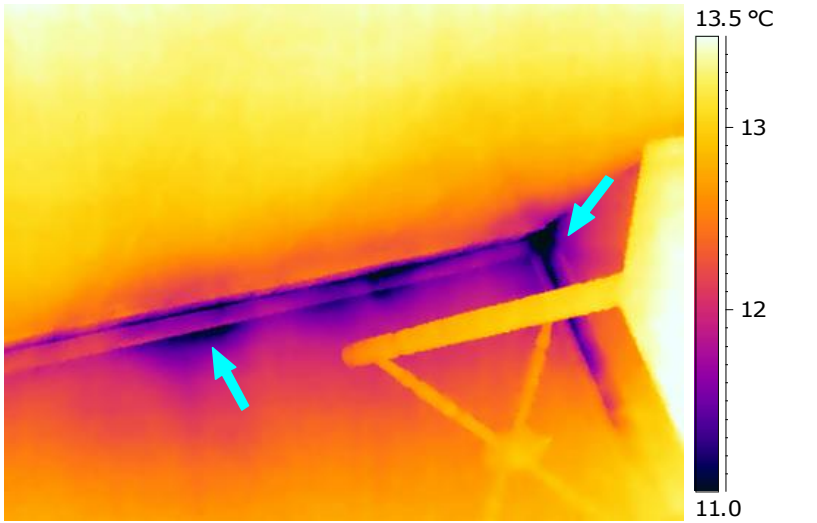
Commentaar

- a) Enkel glas in het originele vurenhouten kozijn.
- b) Het glas van het raam lijkt warmer door de hor die er voor zit.
Raam en bovenlicht tochten.

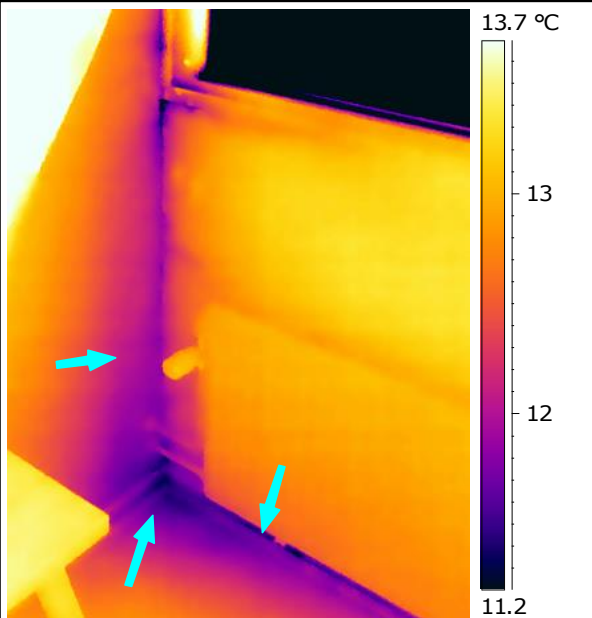
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a)



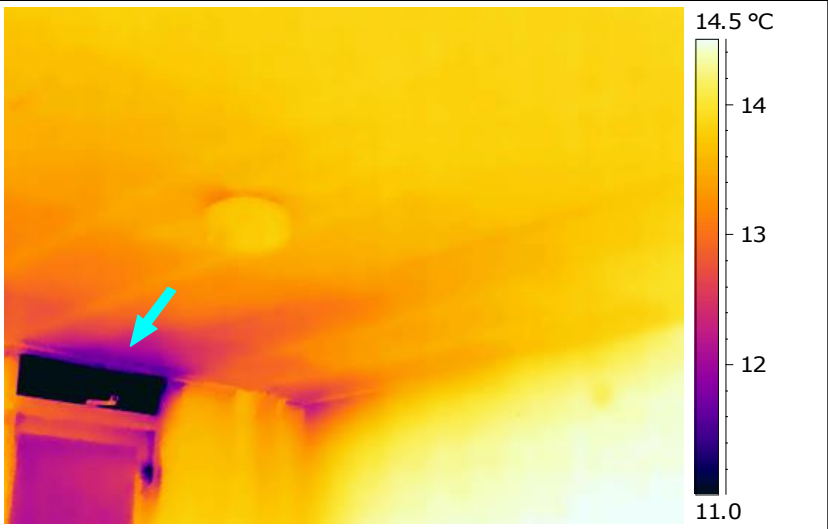

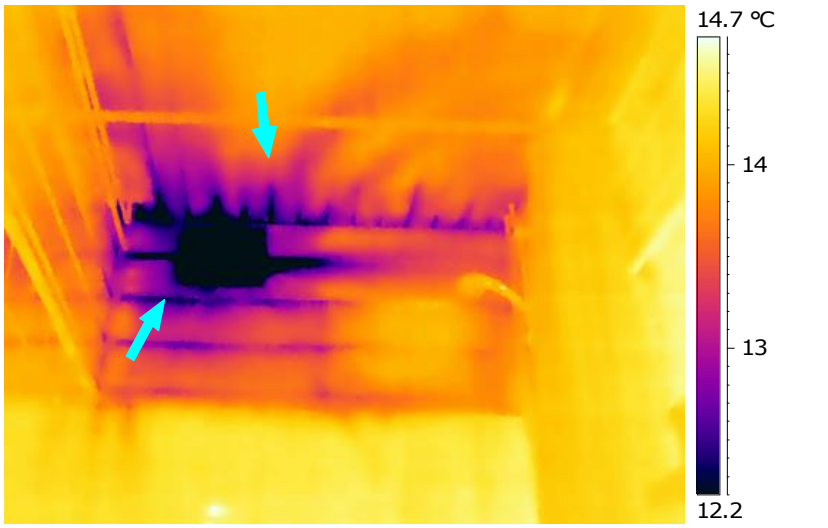

b)



Commentaar

- a) De houten borstwering is afgewerkt met plaatmateriaal. Koude lucht uit de aansluiting op de vloer.
- b) De bouwmuur vormt een kleine koudebrug (ook te zien op de opnamen buiten).
Koude lucht uit de vloer en de borstwering.

Thermische opnamen binnenzijde Woning in onderdruk

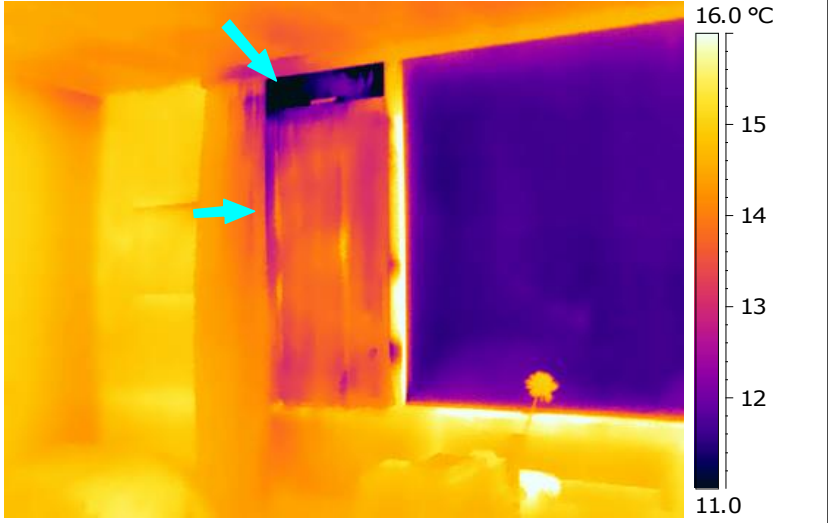

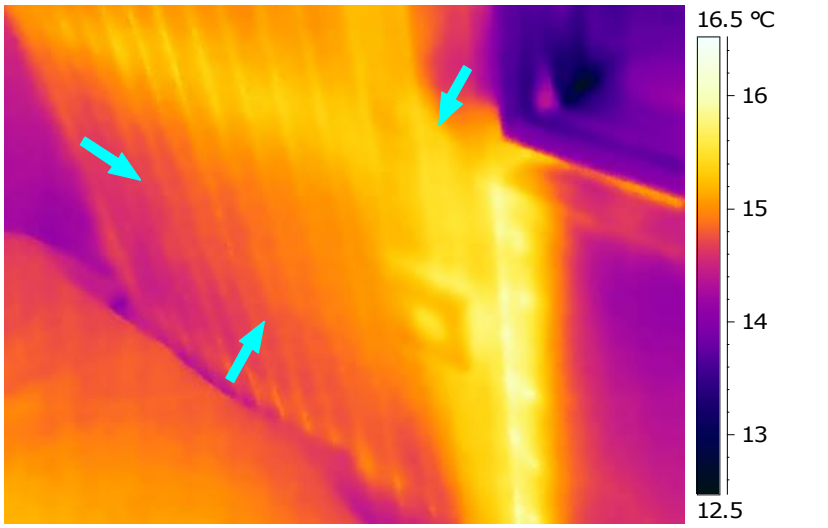

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | 1 ^e verdieping |
| a) Grote slaapkamer voor | |
|  |  |
| b) Douche | |
|  |  |

Commentaar

a) Het bovenlicht tocht.

b) De badkamer ventileert natuurlijk via een schacht.



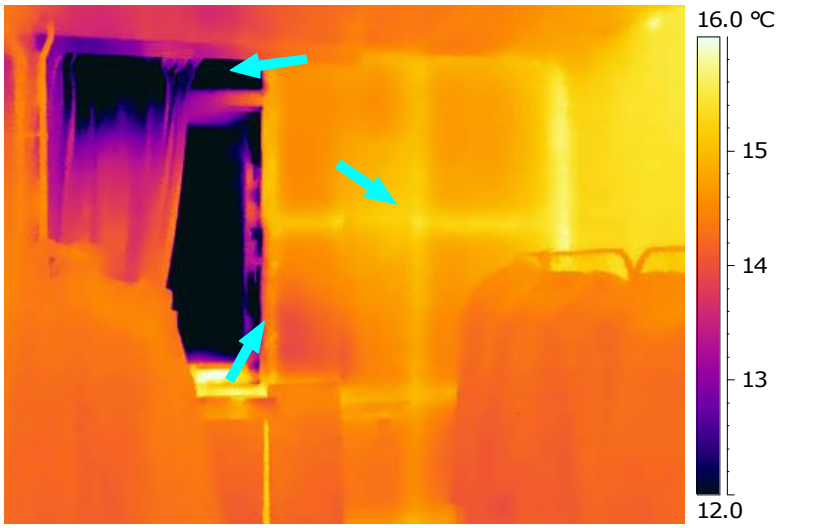

Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

Commentaar

- a) Hetzelfde beeld als aan de voorzijde.
- b) De gevel bestaat volgens de tekeningen uit een houten frame met daartussen 3 cm tempex. Aan de binnenzijde 8 mm spaanplaat, aan de buitenzijde houten delen. In deze woning is daar een dunne plaat overheen gezet. De isolatiewaarde is nagenoeg nul: de warmte van de zon komt er direct doorheen.

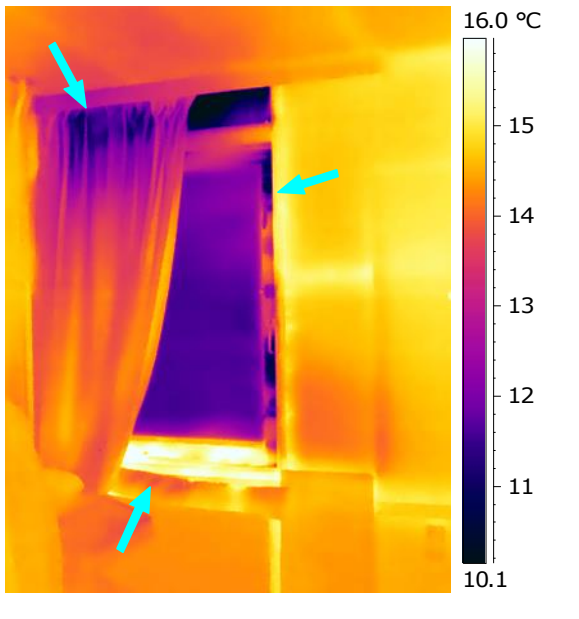

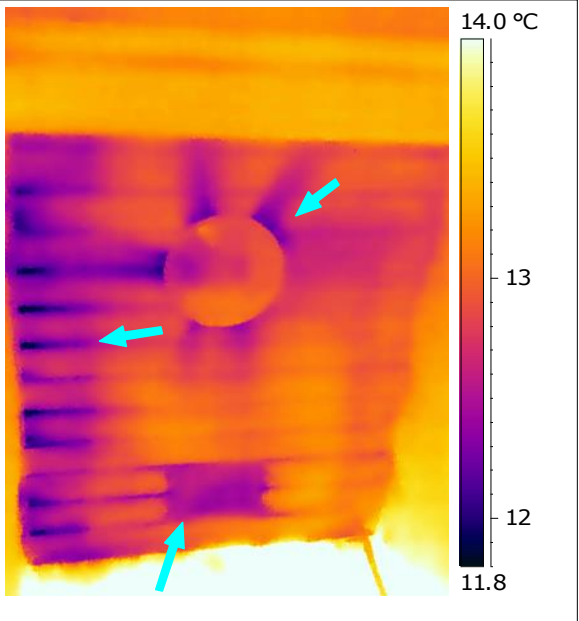

Thermische opnamen binnenzijde Woning in onderdruk

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

Commentaar

- a) Bovenin straalt de zonnewarmte door de gevel. Koude lucht binnen uit de gevel, vloer en aansluitingen.
- b) Ook hier tochtend raam en bovenlicht.
Het houten frame in de gevel is goed zichtbaar.

Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

Commentaar

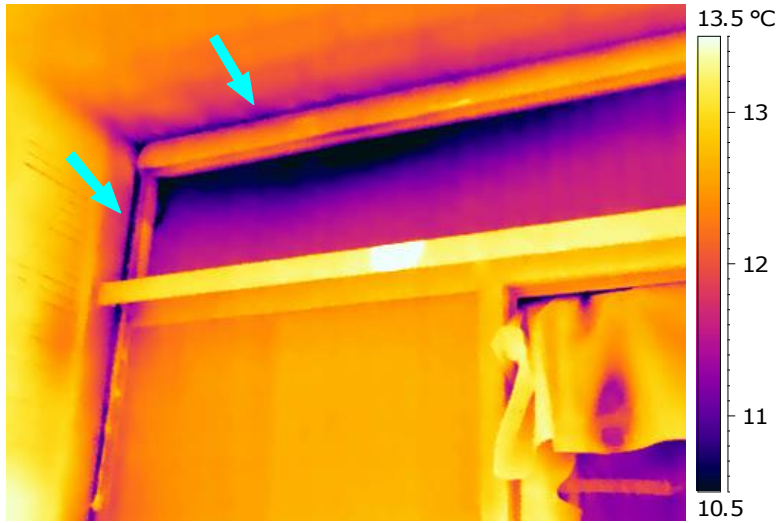
a) Tocht.

b) Koude lucht in het verlaagd plafond. Het ventilatiekanaal eindigt boven het plafond.

Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a) Voordeur



b) Trapkast



Commentaar

a) Tocht rond het kozijn.

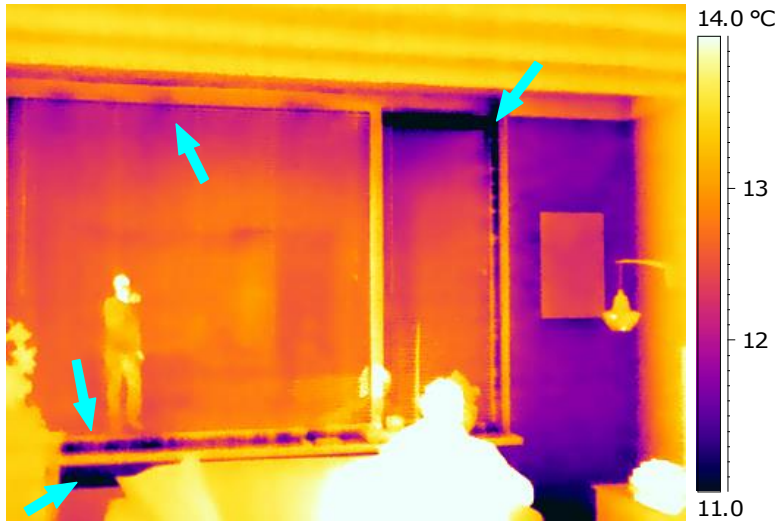
Het patroon van de holle baksteen verdiepingsvloer tekent zich licht af.

b) Gat rond de nutsleidingen = verbinding met de kruipruimte.

Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a)



b)



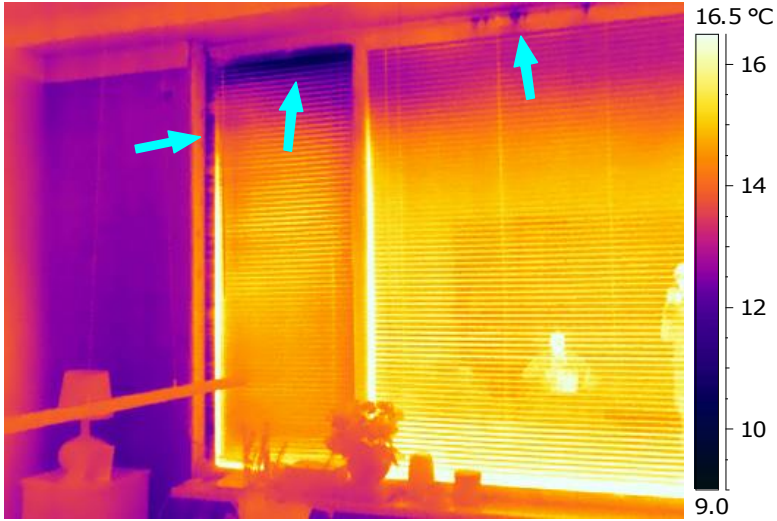
Commentaar

Koude lucht rond het kozijn (bovenzijde, vensterbank en dagstukken) en langs het glas. De gevel naast en onder het kozijn zijn verrassend koud. Zie ook de opnamen buiten.

Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Achtergevel begane grond |

a)



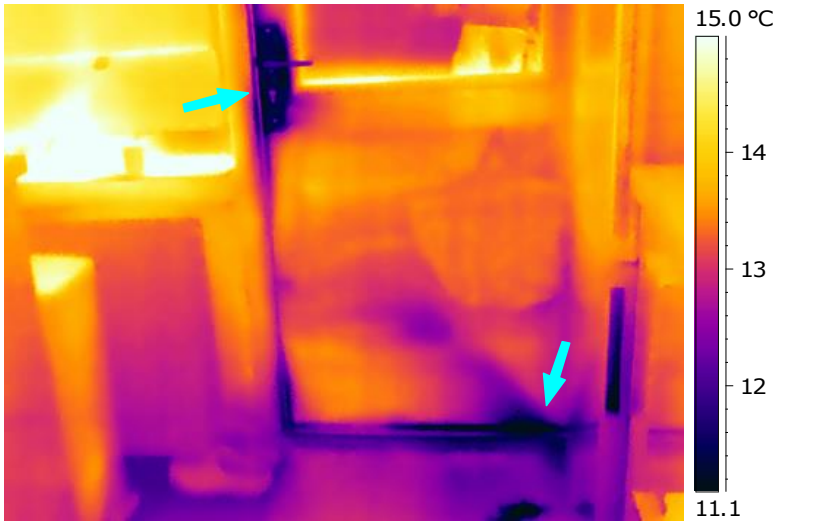

b)



Commentaar

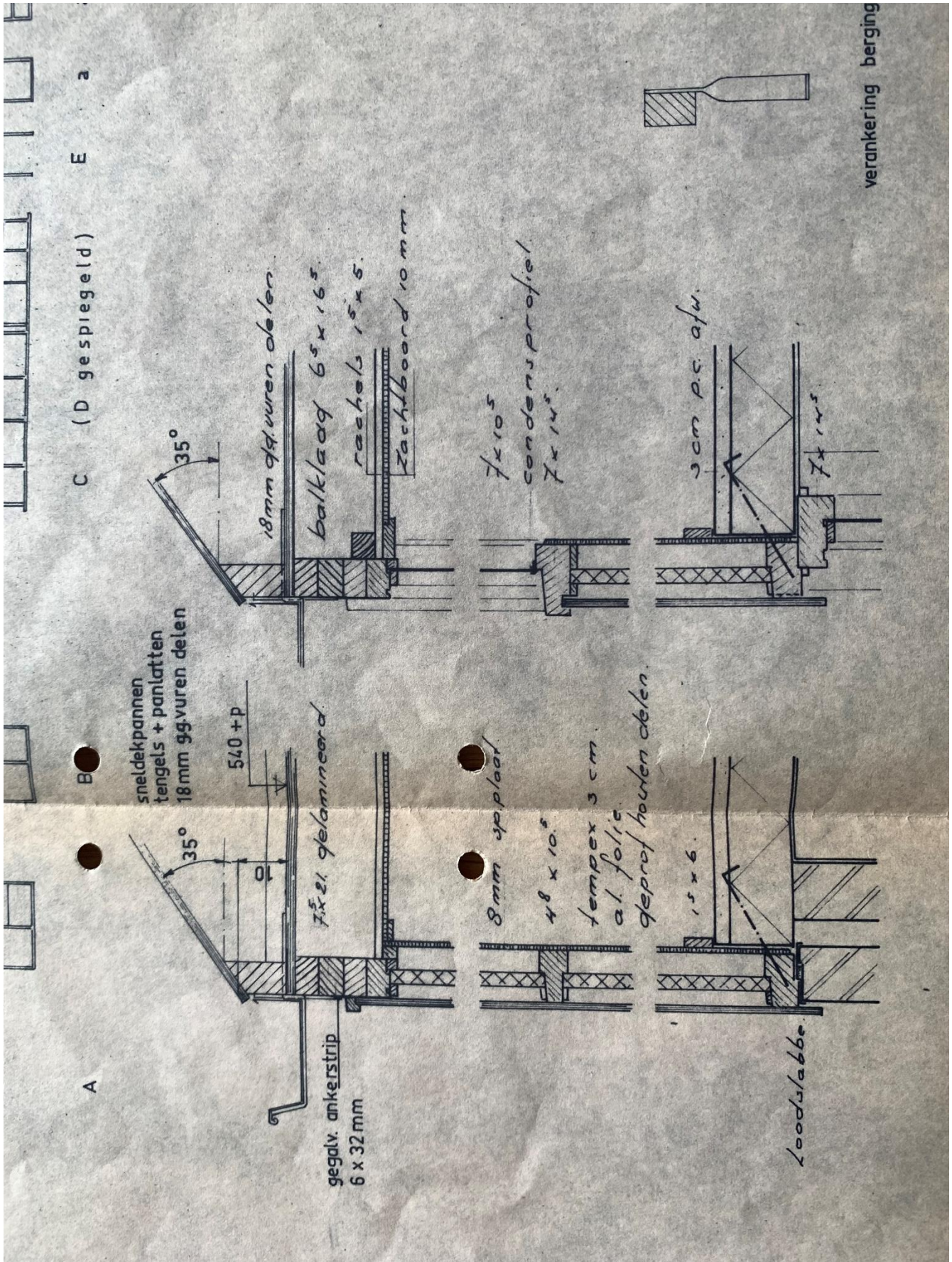
- a) Tocht langs het kozijn. In de linker ruit zit een ventilatierooster.
- b) De keukendeur tocht.

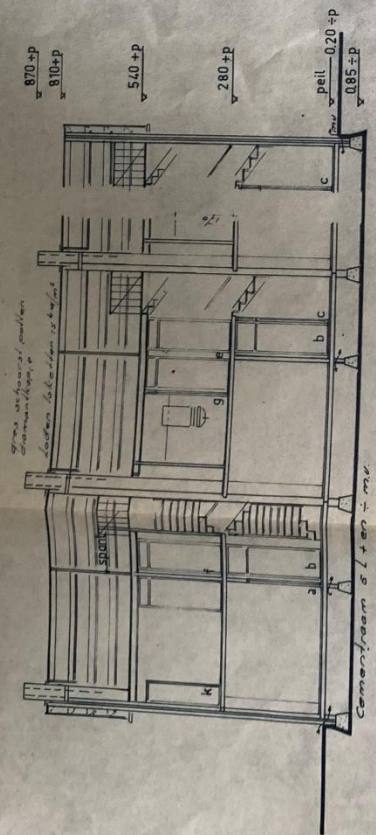
Thermische opnamen binnenzijde Woning in onderdruk

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

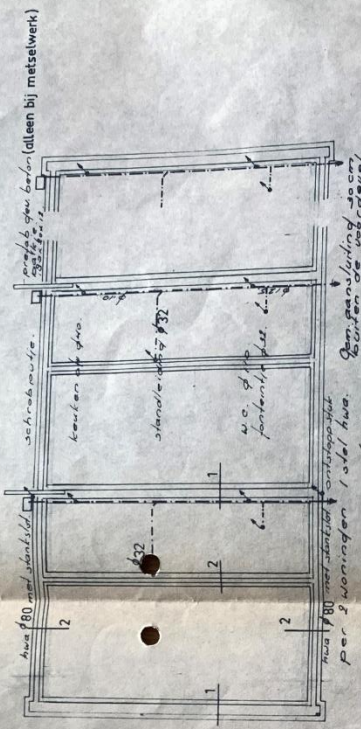
Commentaar
a) De keukendeur tocht.

Bijlagen A: originele bouwtekeningen

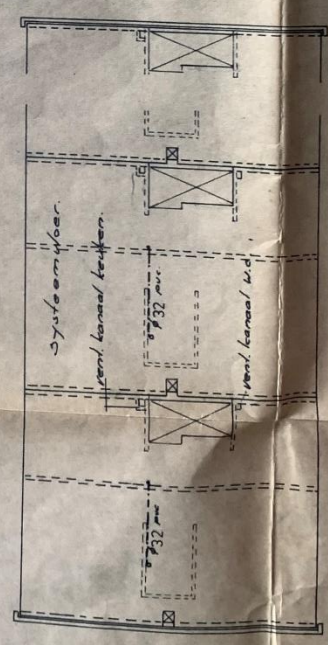




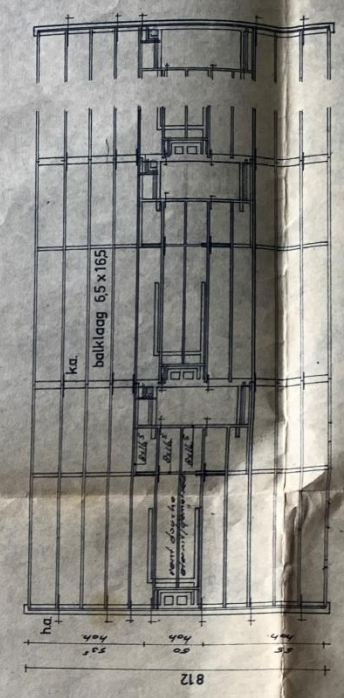
LANGSDOORSNEDE



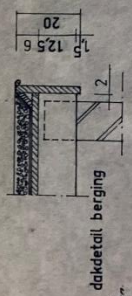
FUNDERING RIOLERING



VERDIEPINGSVLOER

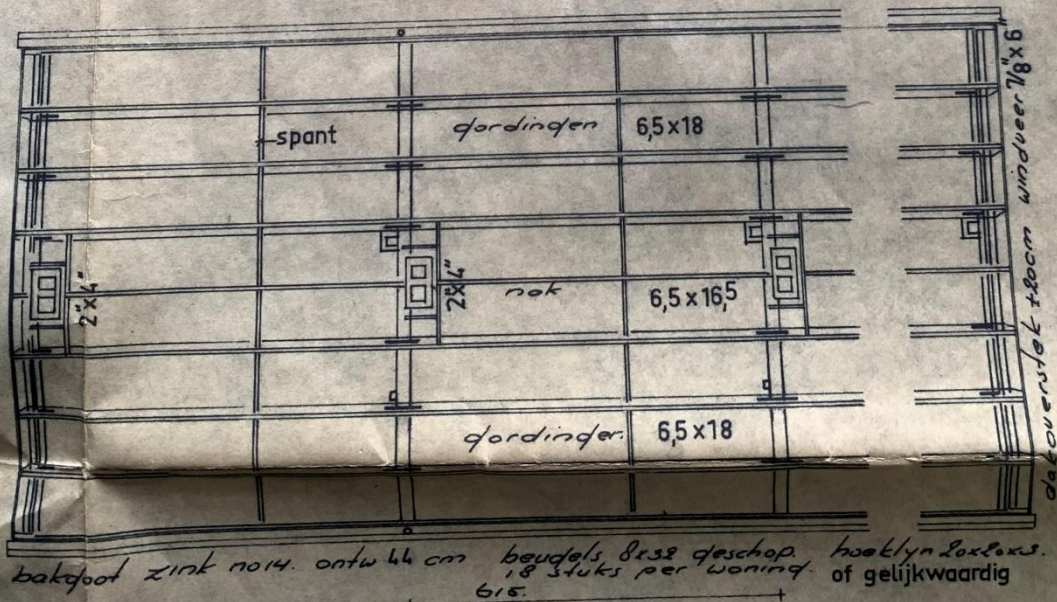
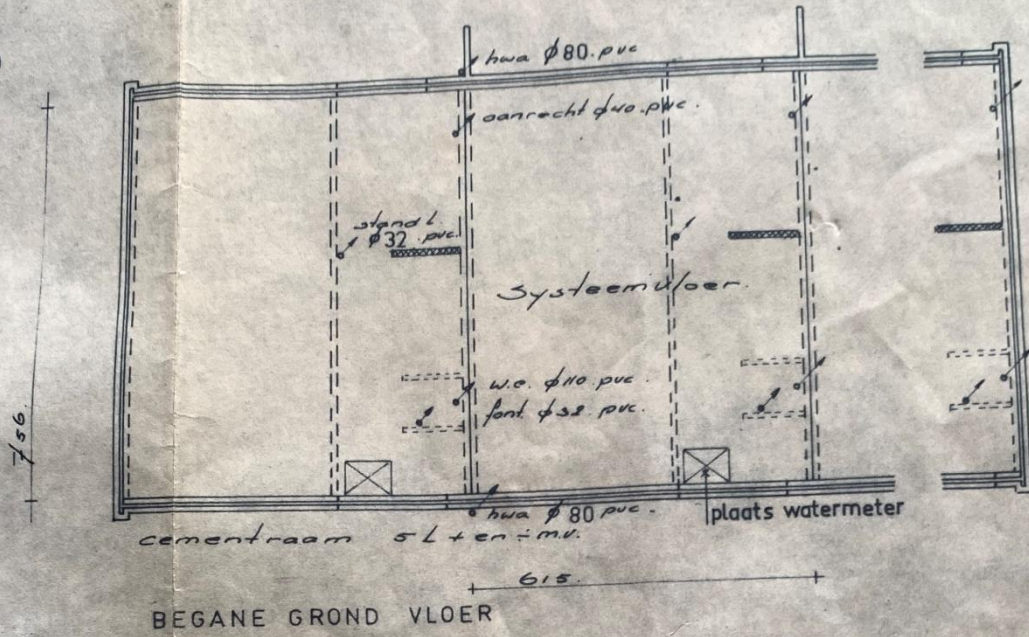


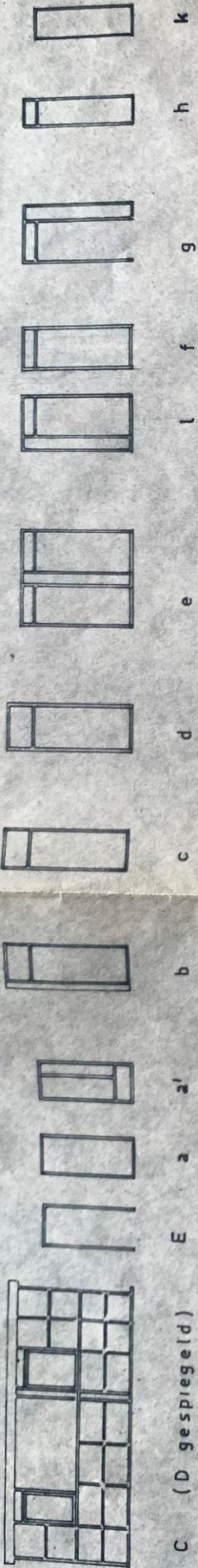
ZOLDER BALKLAAG



detaillering berging

werk)





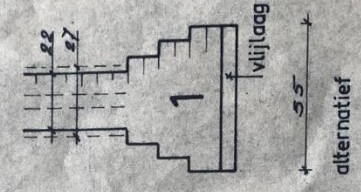
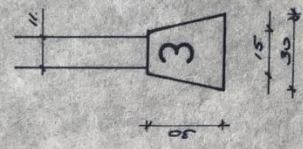
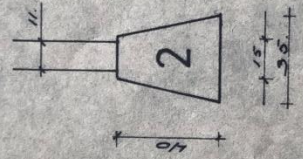
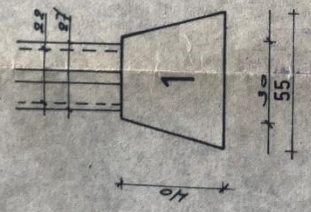
C (D gespiegeld)



in gipsuren boven
 laag 65 x 165
 rachsels 15 x 5
 Kachlboard 10 mm

7 x 105
 condensprofiel
 7 x 145

3 cm p.s. afw.

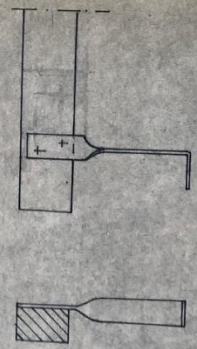


085-R

B E S T E K T E K E N I N G
 BOUWSTROOM
 ZUID-OOST UTRECHT III
 type PREMIE doorzonkamer
 deelnemende gemeente
 AMERONGEN

ARCHITEKTEN: W. HOPMANS EN W. OLTHOFF
 MARKT 73, 'S-HERTOGENBOSCH. TEL: 04100 - 30141.

GET: *gubch* D.D: 14-3-'67 SCH: 10-10-100. GEW. v.w.d.H. 9/1-3-67



verankering bergingbalklaag

werk 6619

blad 4

Bijlagen B: 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