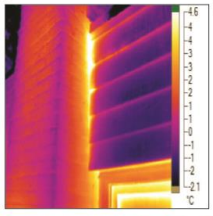
INGENIEURSBUREAU



VAN DER KLEIJ

Thermografisch onderzoek
+
Advies verduurzaming

[redacted]
[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

Vooraanzicht

Blowerdoor (meetventilator) in de voordeur (van een andere woning)

Inhoudsopgave

Disclaimer 3
Inleiding 5
Beschrijving van de woning 6
Meetgegevens 8
Omschrijving van de werkzaamheden en randvoorwaarden van de metingen 9
Luchtdichtheidsmeting 9
Algemene toelichting op het onderzoek 10
Algemene opmerkingen t.a.v. de thermografische opnamen 10
Advies op hoofdlijnen voor deze woning 12
Samenvatting advies voor deze woning 15
Isolatiewaarden: 16
Algemeen advies op hoofdlijnen voor woningen uit deze bouwperiode 17
Naar gasloos of hybride 24
Thermische opnamen buitenzijde 26
Thermische opnamen binnenzijde 32
Bijlage A: begrippenlijst 51
Bijlage B: Schimmel 52

Disclaimer

Dit rapport is opgesteld door een onafhankelijk adviseur in opdracht van de gemeente Utrechtse Heuvelrug. Het rapport is met de grootst mogelijke zorgvuldigheid samengesteld. Wij aanvaarden echter geen enkele aansprakelijkheid voor foutieve of onvolledige informatie. De genoemde producten en maatregelen zijn uitsluitend bedoeld als advies en worden niet gepromoot of onderschreven door de gemeente. Wij raden aan om bij het maken van keuzes eigen onderzoek te doen en eventueel aanvullende adviezen in te winnen.

Inleiding

In opdracht van de gemeente Utrechtse Heuvelrug heb ik een aantal verschillende woningen in Maarn onderzocht om advies te kunnen geven hoe de woningen energiezuiniger gemaakt kunnen worden. De woningen zijn verschillend gebouwd en zijn al weinig tot vergaand verduurzaamd.

Het onderzoek bestaat uit:

- Een thermografische opname van de buitenzijde van de woning, voor zonsopkomst.
- Een gesprek met de bewoners over hun woning. Hoe wordt de woning bewoond en verwarmd, hoe is het comfort van de woning, welke maatregelen zijn al uitgevoerd of staan in de planning, wat is het energieverbruik, etc.
- Het bekijken van bouwkundige tekeningen.
- Een thermografische opname van de binnenzijde van de woning, waarbij de woning op 5 bft onderdruk staat.
- Meting van de lucht-/tochtdichtheid van de woning.

Dit alles laat zien waar de woning warmte verliest en geeft inzicht in hoe de woning gebouwd is en is de basis voor het advies in dit rapport. Daarbij worden de volgende aspecten bekeken:

Isolatie
Bij warmteverlies denken we vooral aan isolatie. Behalve dat isolatie warmteverlies voorkomt houden oppervlakken ook een hogere binnentemperatuur, waardoor ze minder koude uitstralen. Wat het comfort verbetert.

Luchtdichting
De luchtlekkages in een woning beperken is een ander belangrijk aspect van energie-efficiëntie en comfort. Een luchtdichtere woning helpt het warmteverlies verminderen, de energiekosten verlagen en het binnenklimaat comfortabeler te maken. Het betekent dat er minder ongewenste luchtstromen zijn door kieren, scheuren en openingen in de bouwschil, waardoor de warmte beter behouden blijft en er geen schade ontstaat in de bouwconstructie.

Ventilatie
Ventilatie van de woning is heel belangrijk en dit wil je gecontroleerd doen om te zorgen dat je voldoende ventileert zonder teveel warmte kwijt te raken. Dit kan door natuurlijke ventilatie (ramen, deuren en roosters tijdelijk openen), maar beter met mechanische ventilatie of een ventilatie systeem met warmteterugwinning (WTW). Het is goed om de luchtkwaliteit in de gaten te houden. Met een CO2-meter of fijnstofmeter kun je dit heel eenvoudig tegen lage kosten te doen.

Beschrijving van de woning

De woning is gebouwd in 1975. Aan de woning is aardig wat veranderd sinds de bouw en de woning is in het algemeen redelijk geïsoleerd en heeft energielabel B.
De begane grondvloer is een betonnen systeemvloer. Deze is geïsoleerd door in de kruipruimte aaneengesloten zakken te leggen gevuld met zogenaamde Drowa-chips. Dit is een vorm van bodemisolatie met een netto isolatiewaarde Rc(-waarde) van 2,0-2,5 m^2.K/W. Door de bodemisolatie wordt de kruipruimte droger en mocht er grondwater in de kruipruimte komen, dan drijven de zakken op dit water. In deze woning is door het aanbrengen van de zakken met Drowa-chips de schimmel op de muren in de woonkamer verdwenen.
De serre heeft een geïsoleerde betonvloer 'op zand', zonder kruipruimte dus, Rc 1,93 m^2.K/W.
De vloer van de werkkamer/entree (voormalige carport/garage is een ongeïsoleerde betonvloer zonder kruipruimte. De verdiepings- en zoldervloer zijn van beton, in het werk gestort.
Het originele balkon/dakterras aan de voorzijde op zolder is nog aanwezig.
Het dak is een gordingenkap met hierop zogenaamde Opstalan dakplaten (20 mm vlasplaat + 30-40 mm PUR-isolatie) Rc van 1,3 m^2.K/W. De binnenzijde van het dak is in de logeerkamer en op de overloop geïsoleerd met isolatiefolie + glaswol waardoor de isolatiewaarde is verhoogd tot Rc 3,1 m^2.K/W. Het dak is in de bergruimte op zolder, waar de c.v. ketel hangt, niet extra geïsoleerd.
Het balkon op zolder is onder de dakbedekking geïsoleerd met 50 mm PIR, Rc ca. 1,3 m^2.K/W.

De begane grond is flink uitgebouwd:

- De carport en garage zijn bij de woning getrokken en verbouwd tot een ruimere entree en werkkamer. De originele halfsteens gevels zijn aan de binnenzijde voorzien van een houten voorzetwand geïsoleerd met 50 mm PIR-isolatie. Rc 2,0 m^2.K/W.
  Het platte dak is aan de buitenzijde geïsoleerd met 100 mm EPS-isolatie, wat een Rc 2,7 m^2.K/W geeft, maar volgens het labelrapport* is de Rc 2,0 m^2.K/W.
- De eetkamer is aan de achterkant uitgebouwd met een serre. Het dak is van tripleglas HR+++ met een U van 0,6-0,7 W/m^2.K. De achtergevel bestaat geheel uit kozijnen met HR++ glas met een U van 1,1 W/m^2.K voor de vaste delen en U = 1,2 W/m^2.K voor het schuivende deel.

De gevels zijn:

- Spouwmuren met een spouw van 60 mm die is na-geïsoleerd met EPS-parels wat een Rc 1,47 m^2.K/W geeft.
- De kozijnen zijn grotendeels van hout. Behalve de kunststof kozijnen op de 1e verdieping, deze zijn uit 2003 en de zijdeur op de begane grond die uit 1998 is.
- Het glas is deels standaard isolatieglas U(-waarde) = ca. 3,0 W/m2.K, deels HR++ U = 1,1 of 1,2 W/m2.K:
  - De houten kozijnen op de zolder zijn origineel en voorzien van standaard isolatieglas.
  - De kunststof kozijnen op de 1e verdieping zijn uit 2003 met HR++ isolatieglas.
  - Het houten voordeurkozijn en het kunststof kozijn in de zijgevel hebben standaard isolatieglas.
  - De openslaande deuren en het raamkozijn in de werkkamer zijn van hout en hebben HR++ isolatieglas.
  - De houten kozijnen in de woonkamer zijn van hout met HR++ isolatieglas en een ventilatierooster in het zijraam.
  - De serre aan de achterkant heeft een houten schuifpui, met HR++ glas.
  - Het glasdak van de serre is tripleglas met U = 0,6-0,7 W/m2.K

    - De houten deuren zijn 40 mm dik.
- De borstweringen in de kozijnen op zolder zijn geïsoleerd met 50 mm PIR Rd 2,25 m^2.K/W. Aan de buitenzijde is dit afgewerkt door een plaat multiplex op het kozijn aan te brengen. Hierdoor kon dikkere isolatie worden toegepast. Op zich zijn dit geen grote oppervlakken, maar deze isolatie is zeker zinvol, omdat tegen de borstwering een radiator zit.

De woning wordt verwarmd met een HR combiketel die in de berging op zolder hangt. De serre en werkkamer zijn voorzien van vloerverwarming, waarbij ik wil opmerken dat de vloer van de werkkamer niet geïsoleerd is. De overige ruimten worden verwarmd met radiatoren. In de woonkamer staat een houtkachel die veel gebruikt wordt.

Kort nadat ik het onderzoek heb gedaan is een hybride warmtepomp geplaatst, een Nefit Bosch 7400i van 7 kW.

De badkamer, keuken en het toilet worden afgezogen met een centrale woonhuisventilator.
Alleen in de woonkamer zit, in het zijraam, een ventilatierooster.
De afzuigkap blaast naar buiten via de zijgevel boven de werkruimte.

Het gasverbruik is de afgelopen jaren teruggebracht van ca. 2000 m^3/jaar in 2021 naar een kleine 1200 m^3/jaar in 2023. Hoeveel hout verstookt wordt is niet bekend.
Op het platte dak van de werkruimte liggen 12 zonnepanelen met een micro-omvormer per 2 panelen.

N.B. de isolatiewaarden zijn grotendeels uit het labelrapport gehaald dat de bewoners in maart 2021 hebben laten maken. De woning heeft label B gekregen.

Meetgegevens

Bezoekdatum	03-10-2024

Bouwdetails (opgemeten)

Netto inhoud van het gebouw	**525** m^3
Gebruiksoppervlak	**195** m^2

Weersgesteldheid:

Tijd	**7.13 u**	**17.30 u**
Buitentemperatuur	5,3 °C	14,4 °C
Luchtvochtigheid	96 %	58 %
Windsnelheid	2 m/sec	4 m/sec
Windrichting	NO	NO
Luchtdruk	1019 hPa	1020 hPa
Binnentemperatuur	20 °C	20 °C
Luchtvochtigheid	50%	50%
	onbewolkt	onbewolkt

Meetapparatuur:

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

Omschrijving van de werkzaamheden en randvoorwaarden van de metingen

Om 7.15 uur is de woning aan de buitenzijde opgenomen met de warmtebeeldcamera.
Het weer was ideaal: lage temperatuur, droog en weinig wind.
De hele woning was gedurende de nacht op 18-20 °C verwarmd, zodat er tussen binnen en buiten een mooi temperatuurverschil was.

Om 13.30 u is de blowerdoor (meetventilator) opgesteld in de voordeur. De ventilatie-unit naar buiten is afgedicht met een ballon. De afzuigkap is buiten afgeplakt. Het ventilatierooster in de woonkamer is dichtgezet.
Met de blowerdoor is de woning op 50 Pa onderdruk (ca. 5 bft) gebracht en vervolgens is de hele woning opgenomen met de warmtebeeldcamera.
Aan het eind van het onderzoek is de luchtdichtheid gemeten. Dit geeft een indruk hoe de woning is gebouwd t.o.v. andere woningen.

Luchtdichtheidsmeting

De luchtdichtheid van de woning is bij de meting bepaald op **q_{v10}*=0,97 l/sec/m²** en de **n50**=** **= 4,0** 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 onbehaaglijkheid. 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 m^3/uur frisse lucht nodig. Dus met 4 personen volstaat 100 m^3/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 open zetten, maar gebeurt er niets. Terwijl bij windkracht 5 door deze woning met alle ramen dicht misschien wel 500 m^3/h waait.
N.B. het verbeteren van de luchtdichtheid moet altijd in combinatie met het aanbrengen van goede ventilatie. In deze woning is daar goed voor gezorgd, door balansventilatie i.c.m. heteluchtverwarming.

De gemeten waarden zijn redelijk gezien de leeftijd van de woning. Maar door de luchtlekken vliegt toch aardig warmte naar buiten
Met name in de uitbouw aan de zijkant (werkkamer en entree), maar ook in de serre en het dak op zolder. Door de luchtdichtheid te verbeteren wordt het comfort verbetert en het energieverbruik nog verder verlaagd.

** 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/m^2. Voor nieuwbouw mag de q_{v10} volgens het Bouwbesluit maximaal 1,0 l/sec/m^2 zijn, maar het is gebruikelijk om maximaal 0,6 of 0,4 l/sec/m^2 toe te passen. Bij zeer energiezuinige woningen houden we zelfs 0,15 l/sec/m^2aan. (Bij deze woning blies ik dus bij 10 Pa 124 x 2,0 = 248 l/sec, oftewel 893 m^3/h door de woning).*

** *In andere landen wordt de n_{50} gebruikt. Dit is de luchtlekkage ten opzichte van de inhoud van de woning bij 50 Pa drukverschil (zeg maar 5 bft). Bij zeer energiezuinige woningen is de $n_{50} < 0,6$.*
(Bij deze woning blies ik dus bij 50 Pa drukverschil 500 m^3 x 4 = 2.000 m^3/h door de woning).

Het meetrapport zelf zit in een apart bestand.

Algemene toelichting op het onderzoek

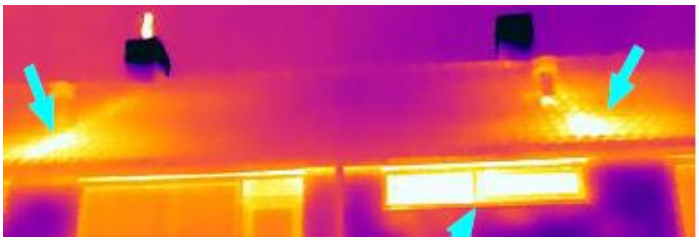
Met de thermografische binnen- en buitenopnamen - waarbij de woning op windkracht 5 onderdruk is gezet - word mij duidelijk hoe de woning is gebouwd, hoe de woning is geïsoleerd en waar warmte weglekt. Dit wordt uiteraard aangevuld met wat de bewoners over de woning vertellen en informatie uit bouwtekeningen. Ook maak ik zo nodig gebruik van een endoscoop om in de constructie te kijken.
Als bouwprofessional wist de heer des huizes mij veel te vertellen over deze woning en hoe die is geïsoleerd.

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 blauw 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 andere, windstille kant 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.

Een dak aan de windzijde.
Koude lucht wordt naar binnen geblazen, waardoor er geen warme lucht kan ontsnappen).



Hetzelfde dak aan de andere kant. Hier wordt warme lucht door de wind uit de woning gezogen.

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.

Omdat deze woning grotendeels al zeer goed is geïsoleerd zal het advies grotendeels over luchtlekken gaan, maar ik zal zoveel mogelijk ook aangeven hoe soortgelijke woningen geïsoleerd kunnen worden.

Maar soms is een warmtebeeldcamera niet nodig om warmteverlies te zien. (N.B. dit is een andere woning in de wijk).

Advies op hoofdlijnen voor deze woning

Geconstateerde verbeterpunten nader bekeken:

Luchtdichtheid

Naast isoleren is een tochtdichte woning belangrijk, zowel qua comfort als qua energiezuinigheid.
N.B. dit moet wel altijd in combinatie met een goed ventilatiesysteem.
Omdat deze woning al redelijk goed is geïsoleerd, is het verbeteren van de luchtdichting de eerste maatregel waaraan ik denk om energie te besparen. Hiermee wordt meteen ook het comfort verbeterd.

De grootste luchtlekkages zitten in het **dak** van de **uitbouw** (werkkamer, entree). Daar is dan ook veel winst te halen zowel qua energieverbruik als qua comfort. Zeker omdat de werkkamer veel gebruikt wordt en naast de vloerverwarming een elektrische kachel wordt gebruikt als bijverwarming.

Bovenstaande foto is gemaakt in een andere woning in de wijk. Maar hier is goed te zien waardoor er koude lucht in het plafond komt en van daaruit de woning binnen. De originele gevel (buitenmuur van de garage) is halfsteens metselwerk. Dit is per definitie niet tochtdicht. Metselwerk is alleen tochtdicht als het gestuct is. Daarnaast is op de thermografische opnamen goed te zien dat er rond de balken en uit de aansluiting plafond-voorzetwand veel lucht naar binnen komt.

Er zijn in dit geval twee oplossingen:

1. *Alle naden rond de balken en de aansluiting wand-plafond afkitten voorkomt dat er aan de windzijde koude lucht binnenkomt en er aan de andere kant warme lucht uit de ruimte ontsnapt. Gebruik hiervoor een sterke kit bijvoorbeeld Den Braven Hybriseal 2PS. Deze heeft meer rek dan standaard acrylaatkit.*
2. *Een betere, maar rigoureuze oplossing is het plafond openmaken, de wand doortrekken tot tegen het dakbeschot en luchtdicht aansluiten op de dakplaat en de dakbalken. Net boven de OSB-plaat (chipwood) is een PE-folie te zien. Het beste is om deze folie als luchtdichte laag omhoog door te trekken en af te tapen op het dakbeschot en de dakbalken. Belangrijk is om speciale luchtdichtingstape te gebruiken, b.v. van Siga, Illbruck, o.g. die geschikt is voor PE-folie. PE-folie is soms vettig en er zitten weekmakers in, waardoor de meeste tape op termijn loslaat. Door van de PE folie in combinatie met de dakplaat één gesloten luchtdichte laag te maken wordt voorkomen dat er koude lucht boven het plafond en in de kamer komt.*

In de werkkamer zit een **hemelwaterafvoer** (bij de wastafel). In de aansluiting op het platte dak tocht het. *Deze aansluiting aftapen met speciale luchtdichtingstape, of eventueel afkitten met een goede kit.*
Door een hemelwaterafvoer stroomt per definitie koud regenwater. Hierdoor kan condens en schimmel op de regenpijp ontstaan. *Om dit te voorkomen kan de pijp geïsoleerd worden met speciale dampdichte isolatie zoals Armaflex. Dit is dunne, zelfklevende isolatie.*

*Onder het **pannendak** zitten een aantal luchtlekken:*

- Er zit een gat in het plafond boven de trap. Hieruit kwam behoorlijk veel koude lucht van buiten. Te zien is dat dit via de zijgevel naar binnenkomt. Een gebruikelijke bouwwijze is altijd geweest om een gevel niet tochtdicht aan te laten sluiten op een dak. Daardoor komt er koude lucht in het plafond. *De beste manier om dit op te lossen is door het plafond open te maken, zoals hierboven onder 2. beschreven. Maar dit is redelijk ingrijpend.*
- Rond de dakdoorvoeren gaat warme lucht via de kieren verloren. Dit is goed te zien op de thermografische opnamen van het dak, zowel binnen als buiten. *Dit is op te lossen door de kier tussen de pijp en het dakbeschot met flexpur af te dichten en er vervolgens een speciale manchet overheen te zetten (zie de foto hiernaast).*

Dakdoorvoer afgewerkt met Ubbink luchtdichte manchet.

- In de berging op zolder tochten de aansluitingen gevel-dak. *Dit is op te lossen door de naad af te kitten met een polymeerkit of Den Braven Hybriseal 2PS. Een acrylaatkit is minder sterk en gaat te snel kapot.*
- Tussen het balkonkozijn op zolder en de schoorsteen tocht het. En ook tussen het balkonkozijn en het plafond. *Het beste is om achter de aftimmerlat de naad tussen kozijn en muur af te dichten met luchtdichtingstape of flexpur als de naad groter is dan 10 mm, of met een goede kit als de naad smaller is. Vervolgens de aftimmerlat weer terugplaatsen.*

Luchtdichting <u>kozijnen</u>:

- Rond de meeste kozijnen **tocht** het. *Deze naden afkitten. Het beste is om de aftimmering te verwijderen en daarachter af te dichten met luchtdichtingstape of flexpur als de naad groter is dan 10 mm, of met een goede kit als de naad smaller is. Vervolgens de aftimmering weer terugplaatsen.*
- *De **brievenbus** in de entree tochtdicht maken met een binnenklep of borstel. Nog beter zijn de echt luchtdichte brievenbussen, bijvoorbeeld van Homebox of Celdex.*
- Sommige **ramen en deuren** sluiten niet helemaal. *Probeer ze beter af te stellen. Kunststof draaiende delen zijn voorzien van excentrische sluitnokken. Door deze te draaien wordt het raam meer tegen het rubber aangedrukt. Dit vraagt wat proberen tot de juiste balans gevonden is tussen goed sluiten en makkelijk te openen.*

Als dit niet helpt kunnen de rubbers vervangen worden. Het is dan wel zoeken naar de juiste rubbers (met dezelfde afmetingen en doorsnede).

- De deur in de zijgevel van de entree tocht. Met name onderaan. *Omdat het een naar binnendraaiende, kunststof deur is kan het lastig zijn om dit te verbeteren. Te proberen is om de deur beter af te stellen en/of de rubbers te vervangen. Of het complete kozijn te vervangen.*
- In het glasdak van de **serre** zitten luchtlekkages waardoor warme lucht naar buiten ontsnapt. *De naden afkitten met bv Den Braven Hybriseal 2PS. De luchtlekkages in de twee zijstroken zijn wat moeilijker aan te pakken. Hiervoor moet de constructie open.*
- De **schuifpui** in de serre tocht aan de sluitzijde. *De kozijnstijl lijkt iets scheef te staan ten opzicht van de schuifdeur. Het tochten is misschien op te lossen met een dikker rubber.*
- Het trappenhuis is open vanaf de entree tot aan de balkonkozijnen op zolder. Een huis werkt als een schoorsteen: warme lucht stijgt op, drukt op zolder tegen het dak en de gevels en ontsnapt via naden en kieren naar buiten. Deze ontsnapte lucht wordt op de begane grond aangevuld door kieren en naden. Dit zorgt voor een **trek door het huis**. Deze wordt versterkt als er boven (ook overdag) ramen en kamerdeuren open staan.
- De schuifdeur tussen keuken en entree sluit niet echt af. *Door dit te verbeteren zal minder warmte verloren gaan vanuit het woongedeelte naar de entree.*

Het glas:

- Een belangrijk deel van de kozijnen is al voorzien van **HR++ glas**. Alleen de ruiten op zolder, en in de entree zijn nog standaard isolatieglas. *Deze kunnen vervangen worden door HR++ glas.*
- Het glasdak van de serre is van relatief goed isolerend tripleglas met een U van 0,6-0,7 $W/m^2.K$. Wat heel goed is want door liggend glas gaat veel meer warmte verloren dan door

staand glas. Maar bedenk dat daken in de nieuwbouw met een U van 6,0 W/m^2.K een factor tien beter isoleren dan tripleglas. Hierbij moet ik wel vermelden dat de bewoners aangaven dat ze door het laten bouwen van de serre niet veel meer energie zijn gaan gebruiken dan daarvoor. Terwijl het wel veel woonplezier geeft.

Het balkon:
Het balkon is geïsoleerd met 50 mm PIR, Rc ca. 1,3 m^2.K/W onder de dakbedekking. Veel meer wordt lastig omdat je anders te hoog komt ten opzichte van de onderzijde van de kozijnen. Het lood in de muren en borstweringen is bij het isoleren wel verhoogd.
Het dichtbouwen van het balkon kan voor energiebesparing zorgen. Immers het verliesoppervlak (de m2 woning die aan de buitenlucht grenzen) blijft redelijk gelijk, terwijl het vloeroppervlak aanzienlijk vergroot wordt. Als de dakopbouw goed wordt geïsoleerd en luchtdicht uitgevoerd zal het energieverbruik van de woning lager worden.

Samenvatting advies voor deze woning

Ik adviseer om de volgende maatregelen te nemen (in de voor mij meest logische volgorde benoemd):

1. Hou binnendeuren gesloten als de ramen in de slaapkamers open staan.
2. Alle kieren in de werkkamer luchtdicht maken.
3. Idem in de entree, daarbij ook de brievenbus en het deurkozijn in de zijgevel meenemen.
4. De kieren in de serre dichtmaken. Een timmerman laten kijken of de schuifdeur tochtdichter kan.
5. De aansluiting van de kozijnen op de muren rondom luchtdicht maken.
6. De kieren op zolder dicht maken. Het plafond dicht maken. De dakdoorvoeren luchtdicht maken, een manchet er omheen plaatsen.

   N.B. let er bij bovenstaande maatregelen wel op de ventilatie gewaarborgd is.

7. Breng een goed ventilatiesysteem aan. Zeker als de woning luchtdichter gemaakt wordt.
8. De c.v. installatie waterzijdig laten inregelen.
9. De schuifdeur keuken-entree tochtdichter maken.
10. Compartimenteer het trappenhuis.
11. Isoleer het plafond onder het pannendak goed en zorg daarbij dat er geen lucht meer van buiten in het plafond kan komen.

Isolatiewaarden:

	deze woning	nieuwbouw	minimaal gasloos
Dak	3,5 m^2.K/W	6,3 m^2.K/W	4,5 m^2.K/W
Gevel	1,6	4,7	4,5
Begane grond vloer	0,5	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.

Algemeen advies op hoofdlijnen voor woningen uit deze bouwperiode

Cursief staan eventuele oplossingen aangegeven.
Zie ook de doe het zelf filmpjes "CLUS TUTORIALS'op YouTube
https://www.clusterwoningen.nl/woningen/kleinemaatregelen/

Luchtdichtheid
De grootste luchtlekkages zitten in vaak het dak. Daar is dan ook veel winst te halen zowel qua energieverbruik als qua comfort.
Het verbeteren van de luchtdichting moet wel in combinatie met het aanleggen van een goed ventilatiesysteem in de ruimten waar geleefd wordt.

Het dakbeschot bestaat uit dakplaten met daarop en dunne laag isolatie, of uit houten delen met daartussen 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 dakdoorvoer zoals van de c.v. ketel gaat flink warme lucht naar buiten. Een woning is te zien als een schoorsteen. Deze woning heeft een open trappenhuis vanaf de entree tot de zolder(kamer). Warme lucht stijgt op en drukt tegen het dak en ontsnapt via de openingen in het dak. De lucht die boven ontsnapt moet op de lager gelegen verdiepingen aangevuld worden van buiten. Dit gebeurt door kieren en naden en openstaande ramen. Behalve warmteverlies betekent dit ook een trek door het huis, die zorgt voor onbehaaglijkheid. Overigens zorgt deze trek ervoor dat was zo goed droogt in een trappenhuis 😉.

Isoleren van een pannendak kan met verschillende materialen.
*Aan de binnenzijde een folie aanbrengen met isolatie tussen dakbeschot en folie. Bijvoorbeeld minerale wol of PIR-platen. Of nog beter Isoleren met **biobased** materialen (vlas, houtvezel of cellulose). De zolder blijft in de zomer koeler. Doordat deze materialen de binnenkomende warmte opnemen en slechts langzaam doorlaten naar binnen. Daarnaast zit er op dit moment (2024) op biobased materialen extra subsidie!*
Over bovengenoemde isolatie bij voorkeur een speciale ('intelligente'-vochtvariabele) folie gebruiken. Deze wordt over de gordingen (draagbalken van het dak) heen aangebracht en luchtdicht aangesloten op het stucwerk van de muren (bouwmuur, kopgevel en gevel op de verdieping. Alle naden en aansluitingen afdichten met speciale luchtdichtingstape en/of kit. Bijvoorbeeld van het merk Siga of Illbruck. De ruimte tussen de folie en het dakbeschot volledig vullen met isolatie om vochtproblemen in het dak te voorkomen.

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

Belangrijk is dat het dak aan de warme kant volledig luchtdicht is. Dat betekent een gesloten luchtdichte laag aan de binnenkant aanbrengen.

In plaats van isolatie + folie kan ook zogenaamde ***isolatiefolie*** *gebruikt worden, b.v. www.isolatiefolie.nl. Dit bestaat uit vele dichte folie- en dunne isolatielagen en is damp- en luchtdicht. Bij een dikte van 65 mm + twee keer een luchtspouw van 20 mm krijg je een Rc van 3,5-4,0* m^2.K/W. *Voor een optimale werking en om condensatie van vocht in de constructie te voorkomen, moet ook deze folie luchtdicht worden aangebracht zoals hierboven omschreven.*

Platte daken aan de buitenzijde, óp het dakbeschot isoleren. *Bij isoleren aan de binnenzijde zal vocht tegen het dakbeschot condenseren waardoor houtrot ontstaat. Dakbedekking op een plat dak is namelijk dampdicht In tegenstelling tot een pannendak dat vocht van binnenuit makkelijk doorlaat.*

Oververhitting. Een (pannen)dak kan in de zomer wel 75 ^oC worden. *Door het dak goed te isoleren zal het in de zomer onder het dak minder warm worden.*
Zonnepanelen zullen het dak ook wat koeler houden in de zomer.

Achter **knieschotten** kan het behoorlijk tochten door de naden tussen de dakplaten en aansluitingen. Hierdoor koelen ook de onderliggende ruimten af. *Het is dus belangrijk om de isolatie onder het schuine dak door te trekken 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 luchtdichte laag vormt met de gevel.*

Een andere optie om de trek in huis te verminderen, is ***compartimenteren****. Dat wil zeggen de woning opdelen in afgesloten verdiepingen en die verschillend verwarmen en ventileren. De eerste verdiepingsvloer is vaak van beton en daarmee luchtdicht. Dat maakt compartimenteren eenvoudiger. Door de trap op de begane grond af te sluiten of bovenaan de trap een deur te plaatsen blijft de warmte op de begane grond. Dat is zeker belangrijk als boven de ramen vaak open staan.*

Bij het isoleren en luchtdicht maken van het dak de ***dakramen*** *luchtdicht afplakken op de hierboven genoemde folie.*

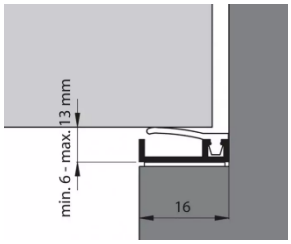
Dakdoorvoeren*, zoals de rookgasafvoer, luchtdicht afwerken met flexpur of tape en afwerken met een manchet (zie afbeelding hiernaast).*

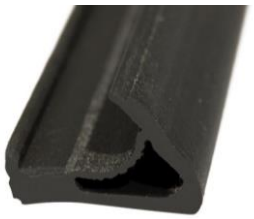
Controleren of er rond de rioolbuis en de begane grondvloer ruimte is. Dit zo nodig afdichten met flexpur.

In de meterkast zit rond de nutsleidingen soms een behoorlijk gat. Dit geeft ongewenste luchtuitwisseling met de kruipruimte (vocht, radon, luchtjes) en dus ook warmteverlies. G*aten afdichten met flexpur.*

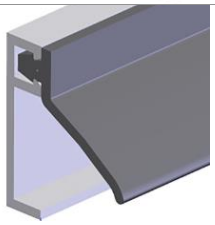
(spouw)muren
De spouw van dit soort woningen is 60 mm en tijdens de bouw meestal niet geïsoleerd, maar de spouw kan worden na-geïsoleerd met EPS-parels of minerale wol. Met het na-isoleren van de spouw is veel ervaring opgedaan. Het is een maatregel die zich snel terugverdiend. Ga bij voorkeur wel voor een bedrijf met veel ervaring en dat al lang bestaat. Er zijn veel nieuwe bedrijfjes op de markt gekomen, waarbij garantie onzeker is.
Er zijn twee aandachtspunten. Als de gevels geschilderd zijn moet eerst onderzocht worden of de toepaste verf voldoende dampopen is. Daarnaast is het belangrijk dat het isolatiebedrijf controleert of de spouw niet vervuild is met specie of steenresten. Vooral boven de kozijnen en op maaiveldhoogte. Bij teveel spouwvervuiling kan het isoleren van de spouw schimmel op de muren geven.

Kozijnen:
- Nieuwe kozijnen luchtdicht laten plaatsen.
- Rond bestaande kozijnen kan het tochten. *De naden tussen kozijn en vensterbank/muur afkitten met een goede, elastische kit. Dit kan een schilder of timmerman doen. Alleen kit kan maar weinig beweging opvangen en kan (snel) kapot gaan. Beter is het daarom om deze aansluitingen met luchtdichtingstape af te dichten en hier overheen een aftimmerlat te plaatsen.*
- Draaiende delen (buitendeuren en ramen) voorzien van tochtstrips of vervangen als deze te hard zijn geworden.
    - Dat zorgt voor tocht en onbehaaglijkheid.
      *Om de tochtdichtheid te verbeteren de **tochtstrips** vervangen en het sluitwerk zo afstellen dat de tochtstrips licht ingedrukt worden. Bij voorkeur tochtstrips in de sponning plaatsen, tussen het kozijn en de deur/raam. Daarvoor moet wel minimaal 6 mm ruimte gecreëerd worden door de deur/raam naar buiten te plaatsen.*





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



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

*De **buitendeuren** zijn soms massief, maar bestaan soms ook uit een vurenhouten frame met een hardboard afwerking. Vervangen door een betere, zo mogelijk geïsoleerde deur, van 54 mm dikte is een verbetering. In deze 54 mm dikke deuren kan, net als in nieuwe ramen, een tochtwerend kader worden gefreest. Dit zorgt voor een nog betere afdichting dan tochtstrips in de sponning van het kozijn.*

Om te voorkomen dat deuren krom trekken en om ze goed in de rubbers te drukken is een meerpuntssluiting aan te bevelen. Daar is een timmerman ca. 8 uur mee bezig. Een meerpuntssluiting maakt de deur ook beter inbraakwerend.
De onderzijde van naar binnendraaiende deuren (zoals de voordeur) is lastig tochtdicht te maken omdat daar 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.*

- Multiplex panelen in **bovenlichten** laten warmte goed door. *Als de kozijnen vervangen worden zou ik elk onderraam + bovenlicht samen vervangen door een draaikiep-raam.*
  Een andere optie is om de bovenlichten aan de binnen- en buitenzijde dicht te zetten met plaatmateriaal. Hiertussen isolatie aanbrengen. Deze tussenruimte licht ventileren naar buiten.

(isolatie)glas is in de afgelopen decennia sterk verbeterd, zoals hieronder staat.
Vervang het glas het liefst door glas met <u>een zo laag mogelijke U-waarde</u>, bijvoorbeeld HR++ glas met U = 1,1 of 1,0 W/m2.K. Daarvan is de spouw tussen het glas 15 mm. Als glas met een dunnere spouw wordt toegepast, dan wordt de isolatiewaarde namelijk slechter.

Enkel glas	*U = 5,0 W/m2.K*
Oud of standaard isolatieglas	*U = 3,0*
Standaard HR++ spouw 15 mm	*U = 1,1*
Idem met spouw 13 mm	*U = 1,2*

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

Idem met spouw 12 mm	*U = 1,3, dit mag dan geen HR++ heten.*
Idem met spouw 9 mm	*U = 1,6, idem.*

N.B. bij een lagere U-waarde gaat er minder warmte naar buiten.

Tripleglas (U = 0,6-0,7 W/m2.K) isoleert nog beter en zorgt voor minder koudeval waardoor het comfort kan verbeteren. Wat zeker in combinatie met vloerverwarming zorgt voor beter comfort. Bij tripleglas is het belangrijk om het vochtgehalte in de woning voldoende laag te houden door een goed ventilatiesysteem en om koudebruggen te voorkomen zodat schimmel niet kan ontstaan. Het glas is dan namelijk niet meer het koudste oppervlak in huis, waardoor de kans bestaat dat er schimmel ontstaat.

Glas met **kunststof afstandhouders** (in plaats van metalen) isoleert nog beter, omdat kunststof afstandhouders minder warmteverlies langs de randen geven. Daardoor zal langs de randen ook minder condens en schimmel optreden dan bij de standaard metalen afstandhouders. Zie de bijlage achterin voor een toelichting op het ontstaan van schimmel.

- **Borstweringen** in de kozijnen (onder het glas) kunnen beter geïsoleerd worden. Dit is belangrijk omdat hier radiatoren achter zitten. *Aan de binnenzijde een multiplex paneel op het kozijn aanbrengen waar de radiator aan kan hangen. Het paneel aan de buitenzijde liefst zo ver mogelijk naar buiten om ruimte te maken voor zo dik mogelijke isolatie. Pir-isolatie heeft bij gelijke dikte de hoogste isolatiewaarde. Het buitenpaneel licht ventilerend aanbrengen om opsluiting van vocht te voorkomen. Of Rockpanel toepassen, dat is dampdoorlatend.*

Daken/plafonds/vloeren

- Het isoleren van het pannendak heb ik al besproken bij luchtdichtheid.
- De **begane grondvloer** bestaat uit betonnen balken en broodjes. Meestal ongeïsoleerd.
  De begane grondvloer 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 bij voorkeur 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. Wel zal hierdoor de kruipruimte droger worden, wat bij een van de onderzochte woningen de oplossing was voor schimmel op de muur.
  Voor het aanbrengen van vloerisolatie is minimaal 50 cm werkhoogte nodig.
- Een deel van de **zoldervloeren** was van hout. *Als gekozen wordt voor compartimentering kan een houten zoldervloer geïsoleerd worden met minerale wol tussen vloer en plafond.*
- In de zoldervloer treedt warmteverlies op doordat het dakbeschot achter de knieschotten tocht. *Dit is op te lossen door het dak ook achter de knieschotten te isoleren en luchtdicht te maken. Zie bladzijde 15.*

- In een houten zoldervloer en tussen een dak en het onderliggende plafond komt ook lucht binnen uit de spouw en uit aansluitingen. Dit komt omdat het metselwerk in de vloer altijd slordig is uitgevoerd en niet is 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). Ook rond de balken luchtdichtingspasta aanbrengen. Leidingdoorvoeren rondom luchtdicht maken.

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 dan zinvol 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 55-60 ^{o}C 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. Te laag instellen van de keteltemperatuur kan leiden tot pendelen (aan-uit-aan-uit) van de ketel.

- *Waterzijdig inregelen van de c.v. installatie kan een besparing opleveren van 10-20% en ook 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. De regeling van een moderne ketel kan daardoor niet goed werken.*
- *Met een temperatuurregeling per ruimte kan het energieverbruik omlaag gaan en gaat het gebruikscomfort omhoog. Gewoonlijk wordt de ketel aangestuurd door een kamerthermostaat in de woonkamer. Als het daar warm genoeg is gaat de ketel uit. Als bijvoorbeeld 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.*
- Een goed, permanent **ventilatiesysteem** aanbrengen is belangrijk als de woning luchtdichter gemaakt wordt. Zeker als de woning een open keuken heeft.
  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 verder 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 ^{o}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 het toepassen van systeem D kan de binnenkomende 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.
- Als de woning gecompartimenteerd wordt kan de ventilatie op de begane grond en de ventilatie op de verdiepingen apart worden uitgevoerd. *Op de begane grond kan dit door een **decentrale ventilatie**-unit aan te brengen. Bijvoorbeeld van Climarad. Deze levert stille, energiezuinige units met warmteterugwinning die automatisch geregeld zijn (vocht en CO2). 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 syseem 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. Bedenk daarbij dat via permanent open ramen ook warme lucht van de begane grond naar buiten verdwijnt.*

Naar gasloos of hybride

De ambitie van de overheid 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 manier waarop de woningen in Duurzame Wijk Maarn -Driesprong/De Hofjes in de toekomst worden verwarmd is op dit moment nog niet duidelijk. Er wordt nog onderzocht welke alternatieve bronnen er in de wijk beschikbaar zijn. Het is ook mogelijk dat het alternatief een individuele warmtepomp zal zijn.

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

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

- Kan de keteltemperatuur naar 50 ^{o}C, maar liever nog naar 40 ^{o}C? Blijft het dan behaaglijk?
- Kan het huidige afgiftesysteem (leidingen + radiatoren en/of vloerverwarming) bij die lage temperatuur voldoende warmte afgeven?
- Is het energieverbruik voor verwarming minder dan 50 kWh/m^2 (5 m^3 gas/m^2) 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 buitendelen geluid maken. Hou daar bij het bepalen van de plaats rekening mee om overlast te voorkomen. Lucht-water warmtepompen 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 bij een hoger ingestelde temperatuur de efficiëntie van een warmtepomp sterk daalt en deze dus meer elektriciteit zal gebruiken. Dit wordt uitgedrukt in de COP (coëfficiënt of performance). Het rendement over een heel jaar heet de SCOP (seasonal coëfficiënt of performance).

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

Op zowel volledig elektrische warmtepompen als op hybridewarmtepompen wordt subsidie gegeven (2024). 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 volledig elektrische 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 kan direct worden overgestapt op een volledig elektrische warmtepomp.

De meest **logische plaats** voor een hybride **warmtepomp** is naast de c.v. ketel. Een geheel elektrische warmtepomp komt in plaats van de c.v. ketel. Dan hoeven de leidingen niet aangepast te worden. Voor de plaats van het buitendeel zijn de volgende aspecten van belang:

- Beperking van de geluidsoverlast naar de buren. Hiervoor zijn wettelijke normen.
- Beperking van de geluidsoverlast via openstaande ramen en ventilatieroosters.
- Beperking van overlast door trillingen. Geplaatst tegen het huis of op een dak kan alleen als dit voldoende massa heeft om de trillingen van de warmtepomp – ook na jaren draaien – te dempen.
- De afstand tussen het binnen- en buitendeel, oftewel de leidinglengte, beperken om warmteverlies door de leidingen zo klein mogelijk te houden.

Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang

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

a)

b)

Commentaar

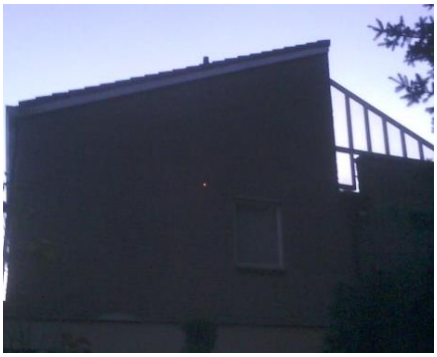
a) De lateien boven de kozijnen zijn kleine warmtebruggen. De onregelmatige vorm duidt op wat spouwvervuiling, waarschijnlijk door valspecie in de spouw. Daar is weinig aan te doen.
De gevel onder de kozijnen is een klein beetje warmer. Waarschijnlijk is de spouwisolatie iets ingezakt. Dit geeft een verwaarloosbaar energieverlies en daar is niets aan te doen.

b) Opvallende warme band in de gevel naast het kozijn. Dit is de balkonvloer.
Uit de nok komt warme lucht. Naast de schoorsteen en boven de muur met de buren.
De schoorsteen vormt een warmtebrug.

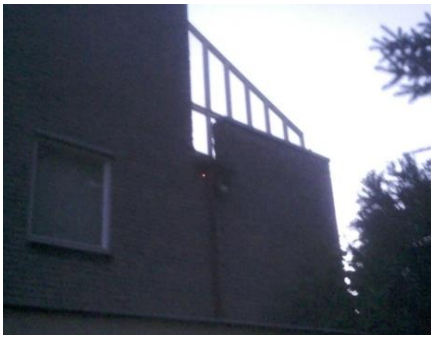
Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang

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

a)



b)



Commentaar

a) Ook hier is het warmtebeeld van de gevel iets vlekkerig. Vermoedelijk door onvolledige vulling van de spouwmuur-isolatie of vervuiling van de spouw.
Langs de dakrand komt waarschijnlijk warme lucht naar buiten.

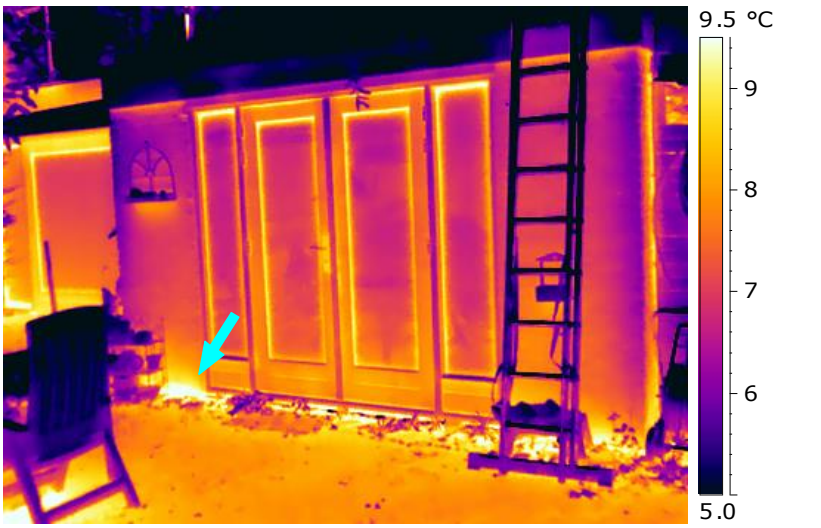
b) Bij de hemelwaterafvoer zit een warmtebrug.
Ook de balkonvloer vormt een warmtebrug. Vermoedelijk is de spouw hier smaller. Of de isolatie is niet tot bovenin de spouw ingeblazen.
Boven de uitbouw is de gevel iets warmer.

Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang

Doel meting:	**Onderzoek warmte- en luchtlekken**
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	**Zij- en achtergevel, voormalige garage**

a) Entree zijgevel

b) Achtergevel



Commentaar

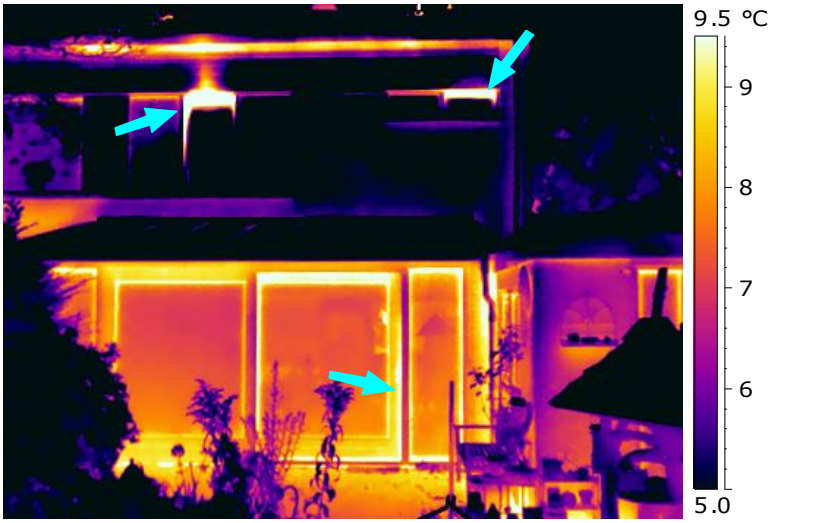
a) De zijdeur tocht bovenin. Het glas is minder goed dan de rest.
In vergelijking tot de andere gevels laat de uitbouw meer warmte door.

b) Opvallende warme plek links onderin.

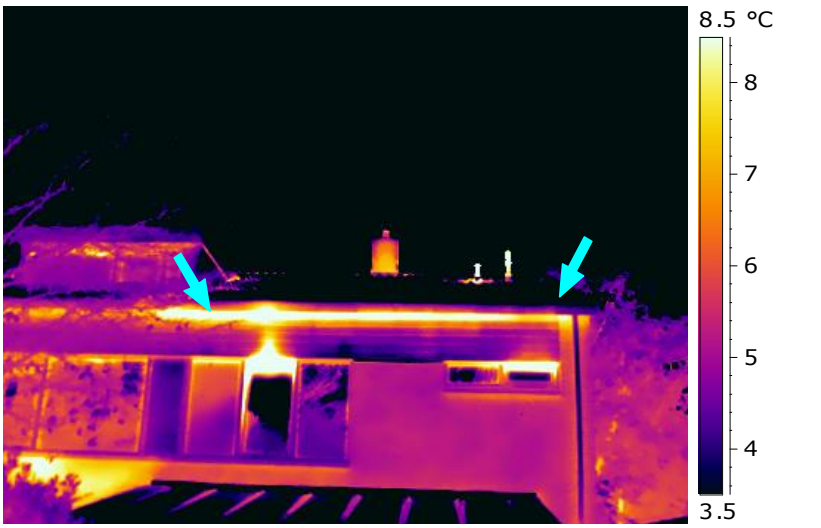
Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang

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

a)



b)



Commentaar

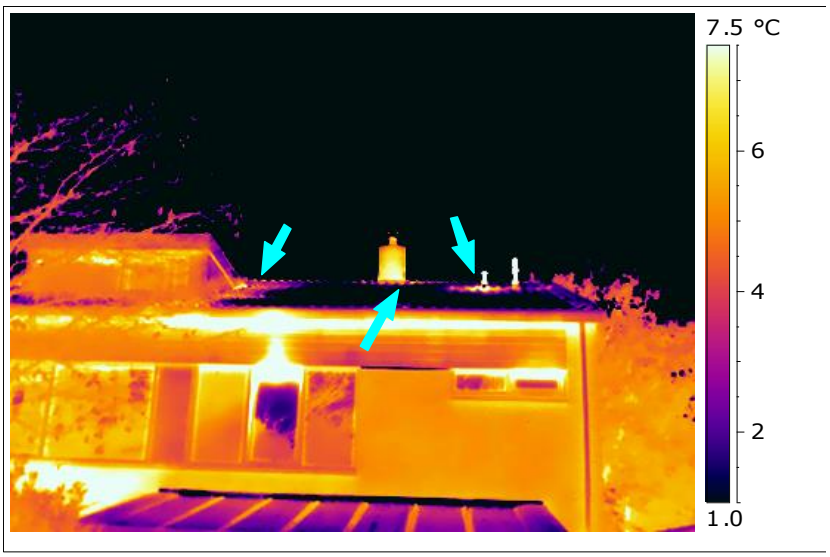
a) Schuifpui tocht aan de sluitzijde.
Links staat een slaapkamerraam open. Het raampje in de badkamer tocht.

b) De warmte onder het overstek zal deels warmte uit het raam zijn dat blijft hangen onder het overstek. Maar deels ook warme lucht die uit de zolder komt.

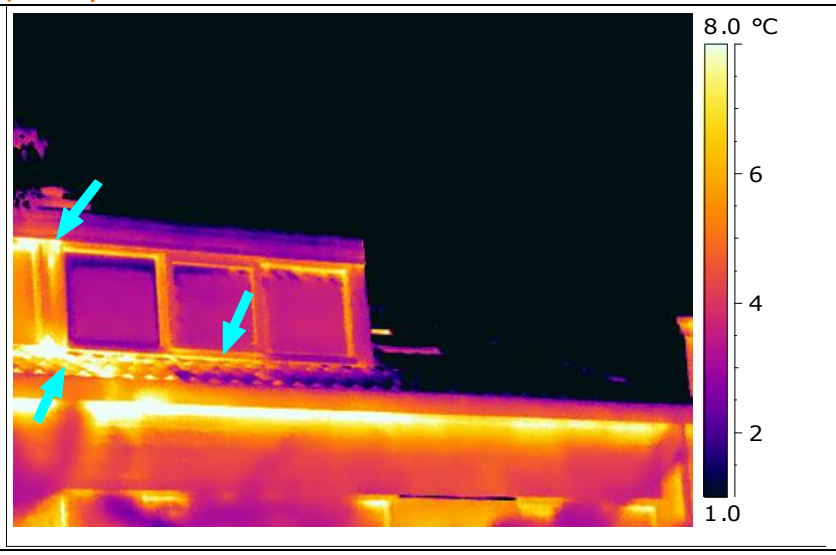
Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang

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

a)



b) Dakkapel buren



Commentaar

a) Warme lucht komt door het dak rond de dakdoorvoeren en schoorsteen en naast de dakkapel.

b) Warmte/warme lucht komt naar buiten t.p.v. de woning scheidende muur en de aansluiting dakkapel-dak.

Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang

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

a)

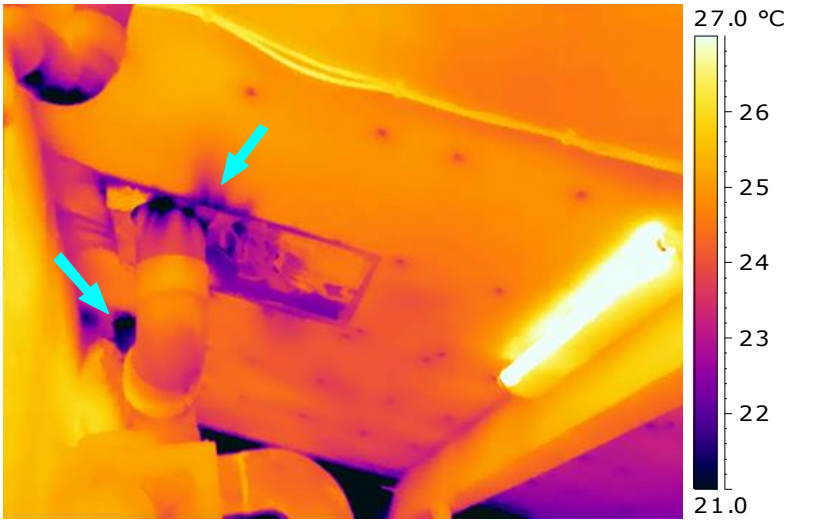
b)

Commentaar
Ook hier is te zien dat de schoorsteen voor warmteverlies zorgt.

Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

Doel meting:	**Onderzoek warmte- en luchtlekken**
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	**Technische ruimte op zolder**

a)



b)

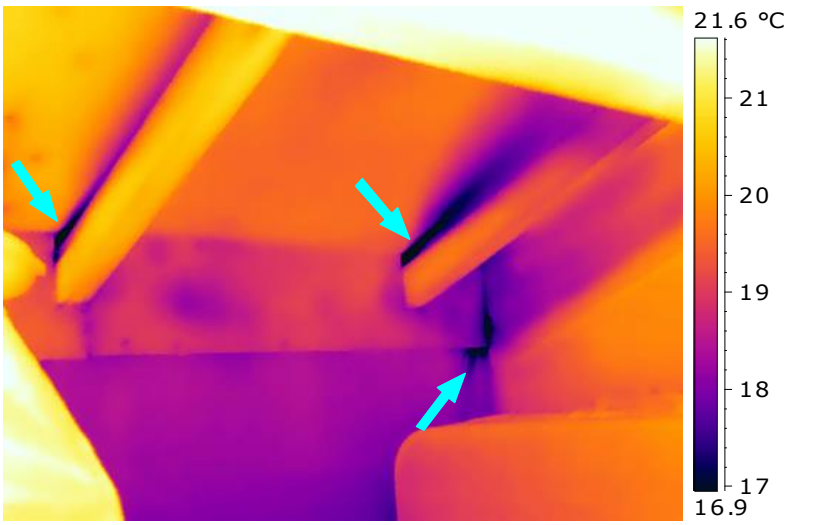
Commentaar
a) Tocht langs de dakdoorvoeren. Zie ook de opnamen buiten.
b) Tocht uit de aansluitingen op de gevel.

Thermische opnamen binnenzijde

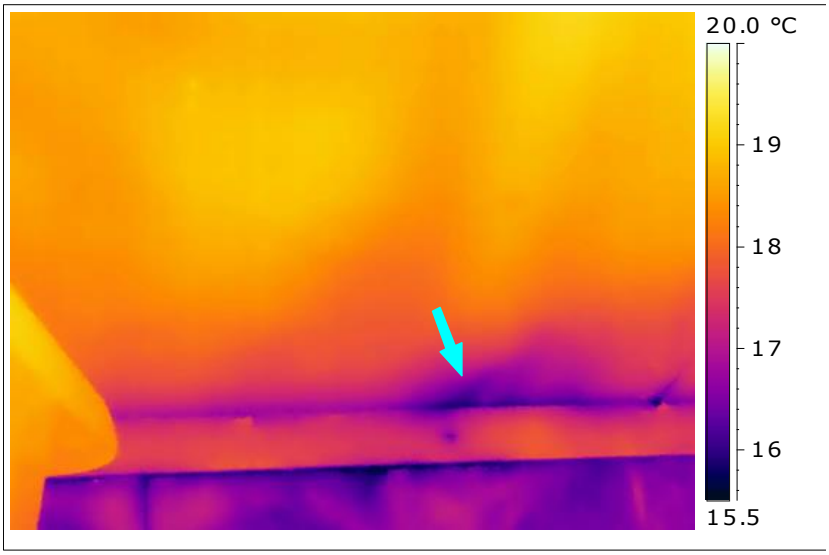
Woning in onderdruk

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

a) Technische ruimte op zolder



b) Kastruimte in de logeerkamer



Commentaar

a) Koude lucht uit de gevel-dakaansluiting.

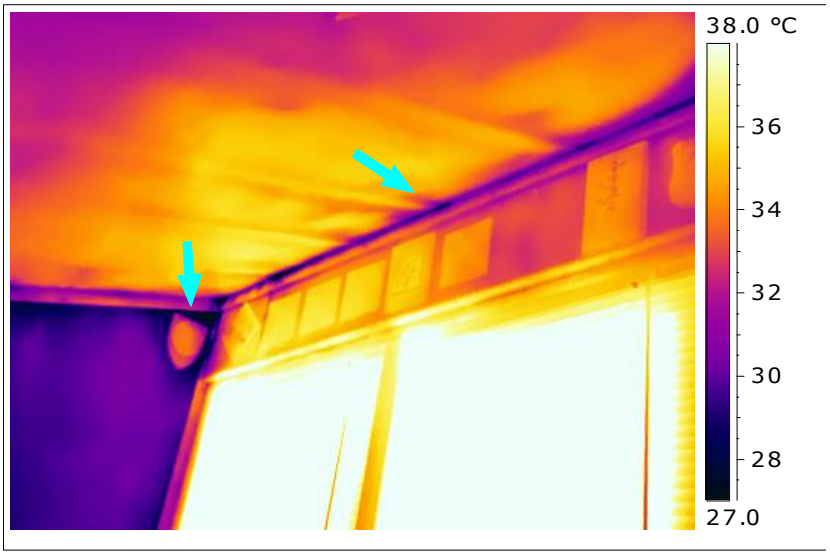
b) Idem. Schimmel tegen het dakbeschot. Dit stuk dak zou wel geïsoleerd zijn.

Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a)

b)



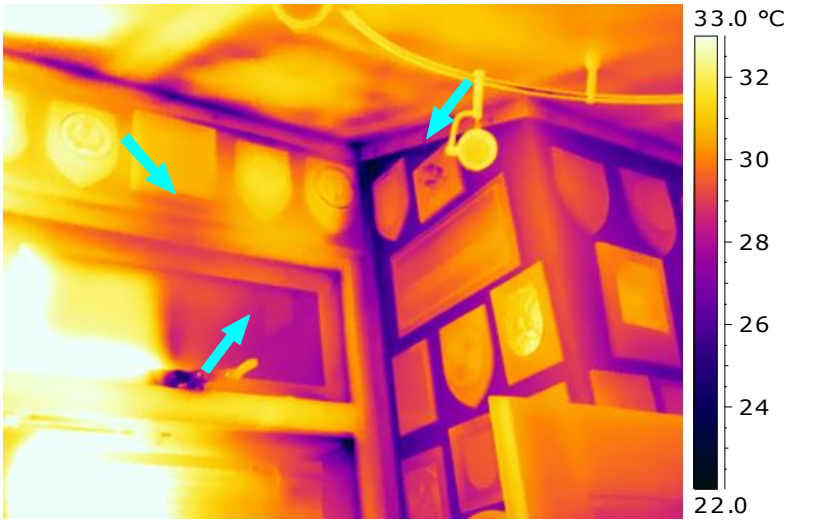
Commentaar
Ruimte werd goed opgewarmd door de zon.
a) Wat koude lucht in de aansluiting dak-muur met de buren.
b) Koude lucht uit de aansluitingen pui en dak-muuraansluiting.
Door de zon die op de voorgevel staat komt er warmte binnen door de panelen boven de kozijnen.

Thermische opnamen binnenzijde

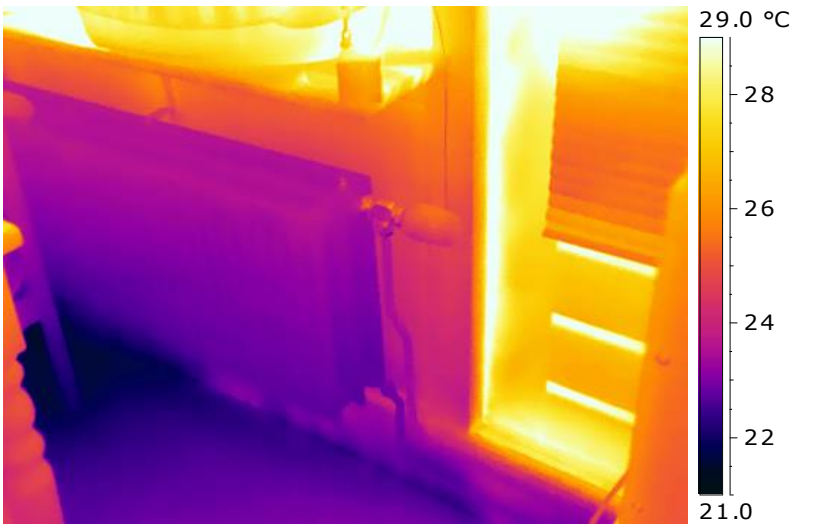
Woning in onderdruk

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

a)



b)



Commentaar

De warmte van de zon maakt het interpreteren van deze beelden moeilijk. De schoorsteen warmt door de massa langzamer op dan de overige onderdelen. Hierdoor is aan de binnenzijde het warmteverlies via de schoorsteen niet te zien.

a) De tochtstrips rond de deur en het raam doen goed hun werk, weinig tocht erlangs.

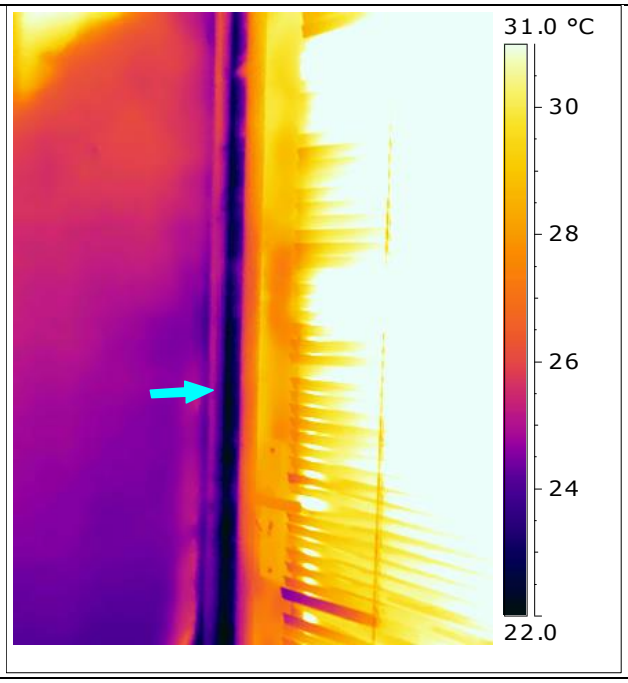
b) De borstweringen zijn zo goed mogelijk geïsoleerd i.c.m. het naar buiten brengen van het paneel aan de buitenzijde. (N.B. de borstwering blijft koel i.t.t. bijvoorbeeld de deur die door de zon snel is opgewarmd).

Thermische opnamen binnenzijde

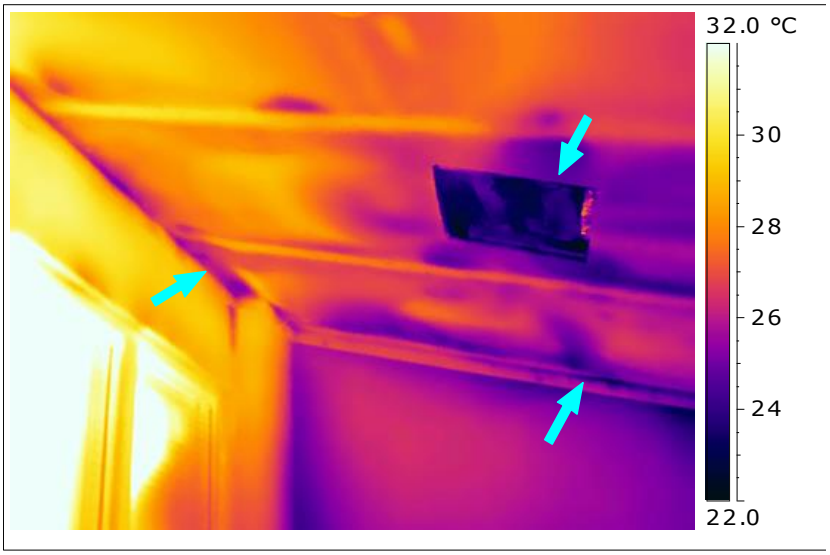
Woning in onderdruk

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

a)



b)



Commentaar

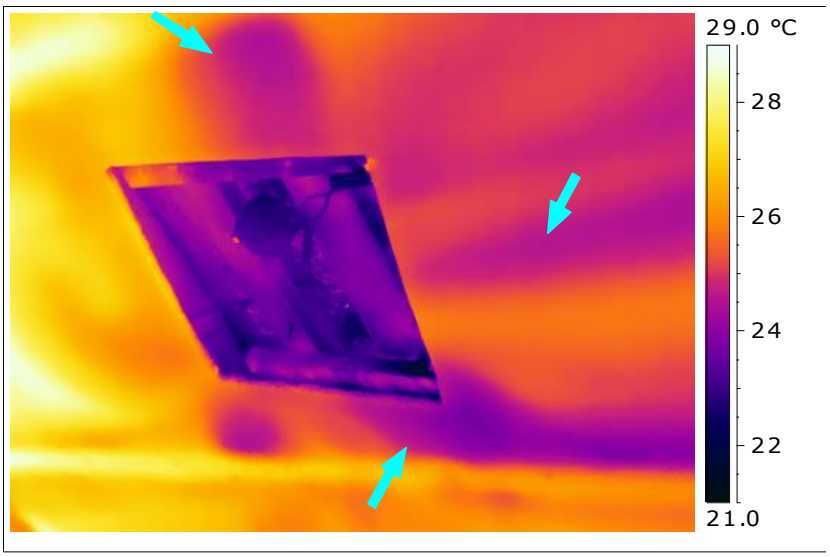
a) De aansluiting pui-schoorsteen tocht behoorlijk.

b) Uit het gat in het plafond kwam veel koude lucht. Dit kwam binnen via de luchtlekken in de aansluitingen van het dak.

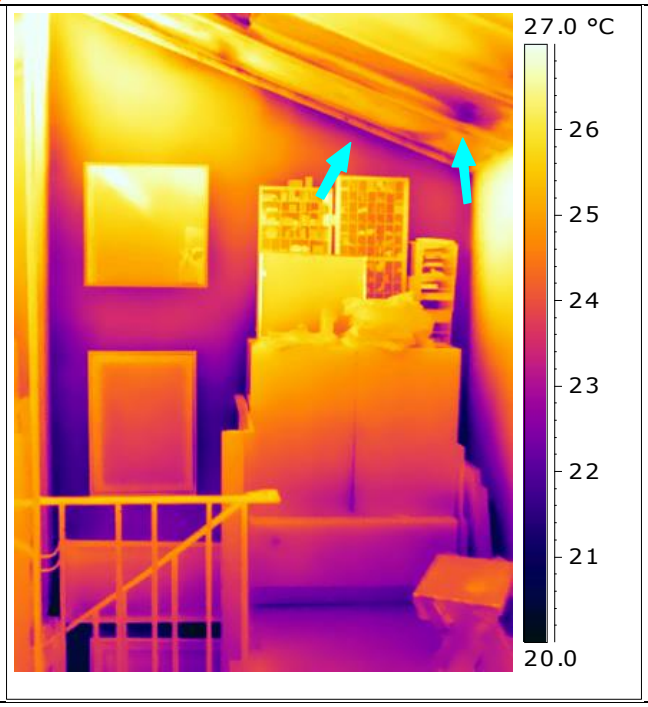
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

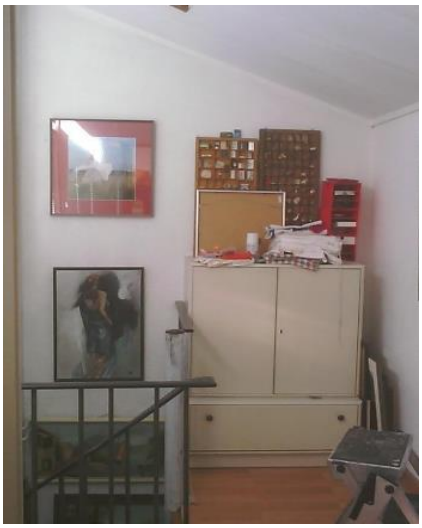
Doel meting:	**Onderzoek warmte- en luchtlekken**
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	**Overloop zolder**

a)



b)





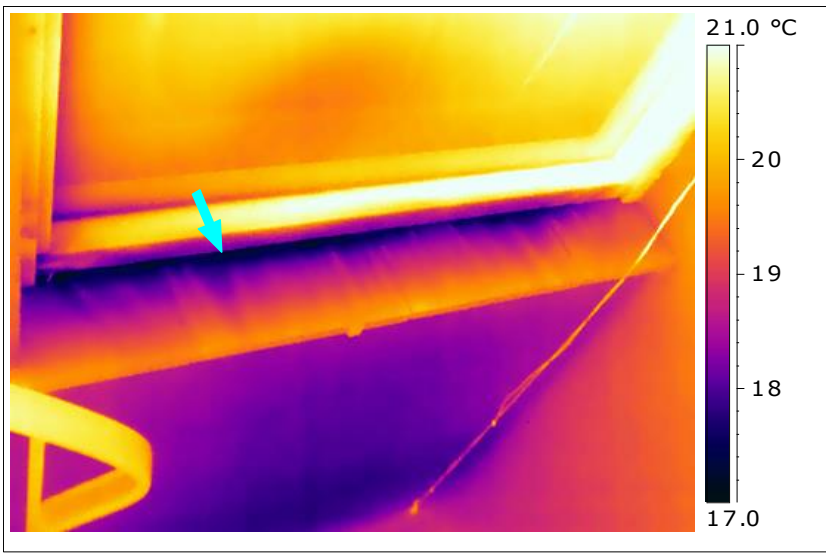
Commentaar

Te zien is hoe de koude lucht in het plafond naar het gat stroomt.

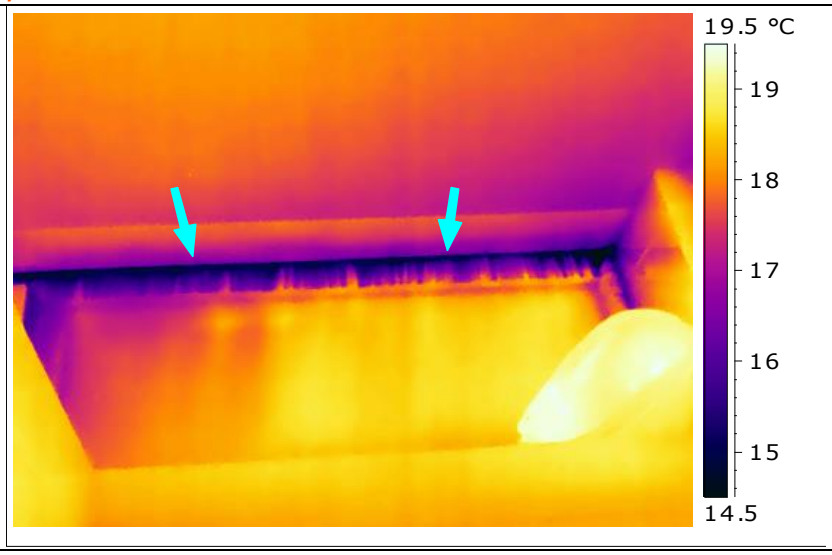
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

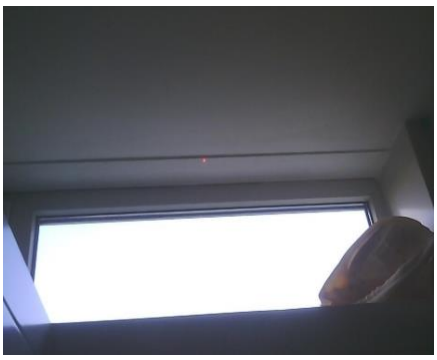
Doel meting:	**Onderzoek warmte- en luchtlekken**
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	**1e verdieping**

a) Raam zijgevel overloop



b) Bovenlicht badkamer





Commentaar

a) Flinke tocht onder het kozijn langs.

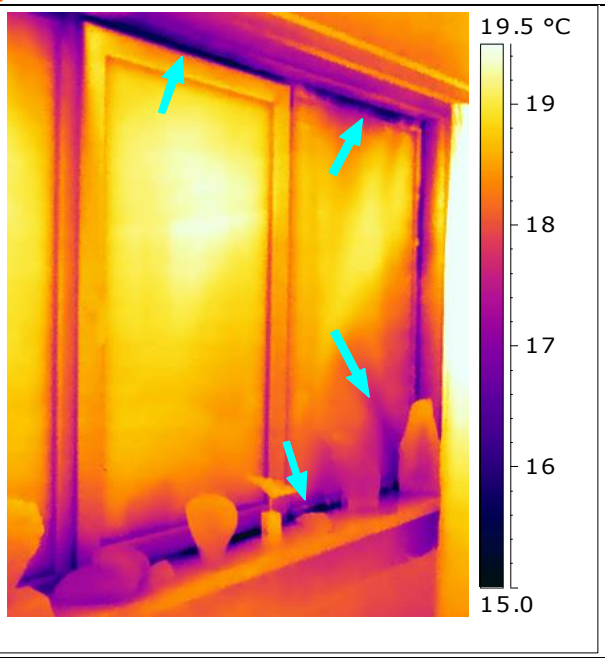
b) Tocht plafond-kozijn aansluiting. Zie ook de opname buiten.

Thermische opnamen binnenzijde

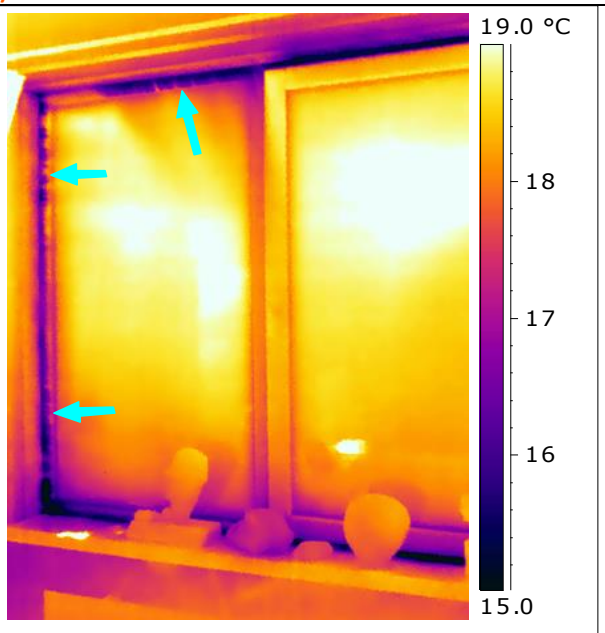
Woning in onderdruk

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

a)



b)



Commentaar

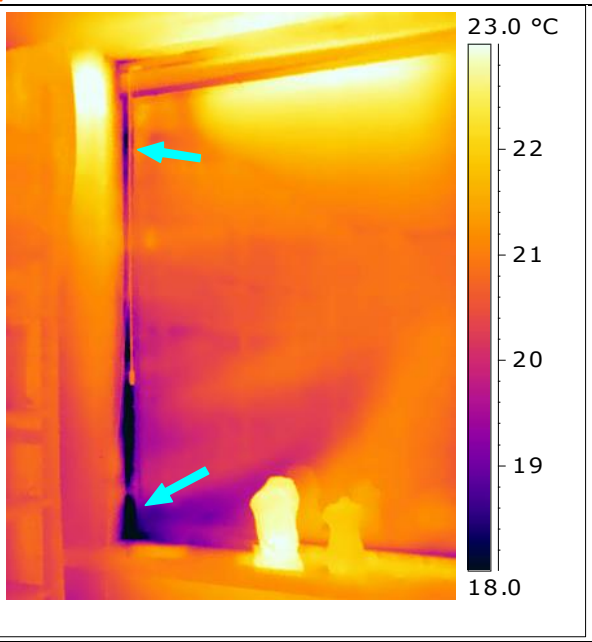
Tocht rond het kozijn.

Thermische opnamen binnenzijde

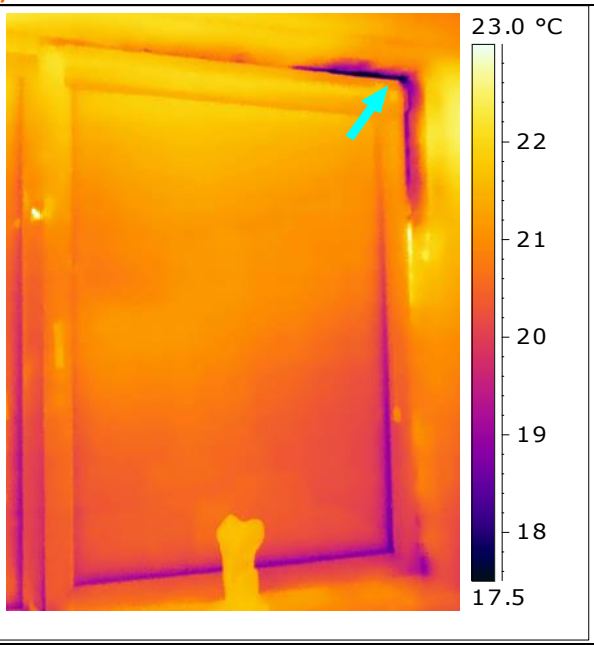
Woning in onderdruk

Doel meting:	**Onderzoek warmte- en luchtlekken**
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	**Grote kamer rechts voor**

a)



b)



Commentaar

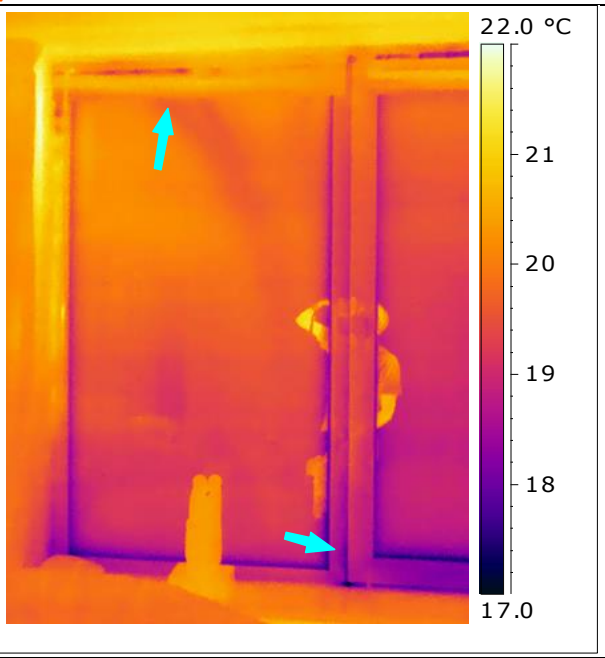
Tocht langs het kozijn.

Thermische opnamen binnenzijde

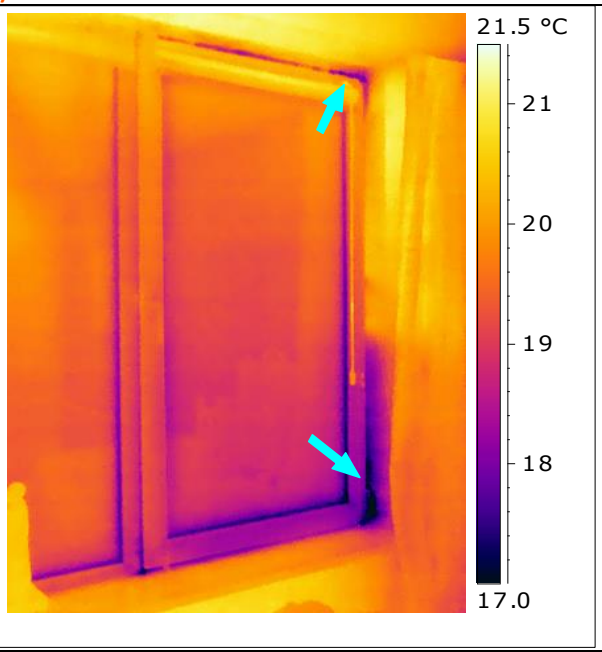
Woning in onderdruk

Doel meting:	**Onderzoek warmte- en luchtlekken**
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	**Kleine kamer links voor**

a)



b)



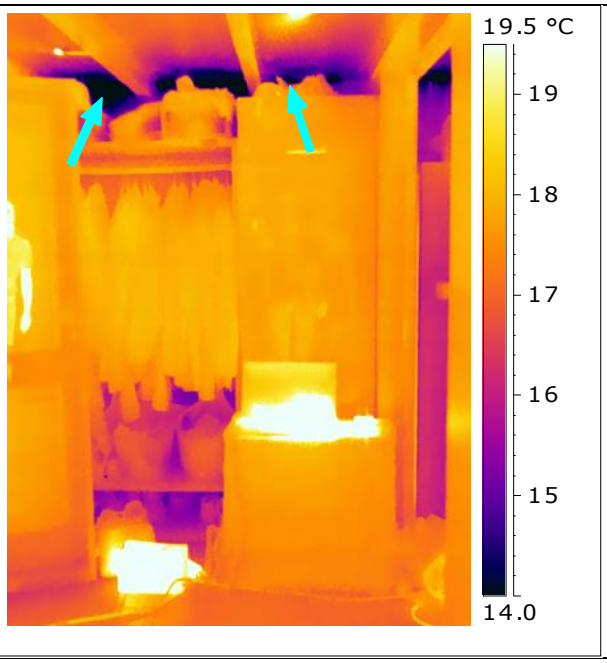
Commentaar

Tocht rond het kozijn

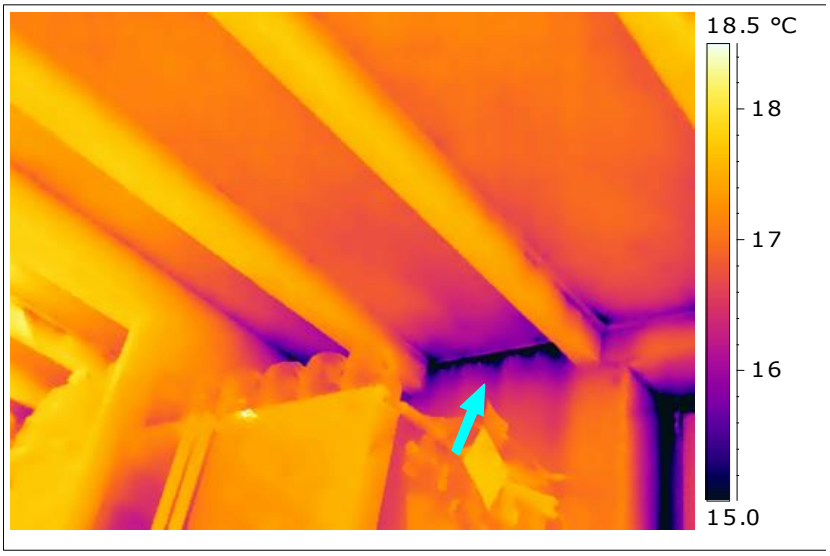
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

Doel meting:	**Onderzoek warmte- en luchtlekken**
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	**Zijgevel begane grond, entree**

a)



b)

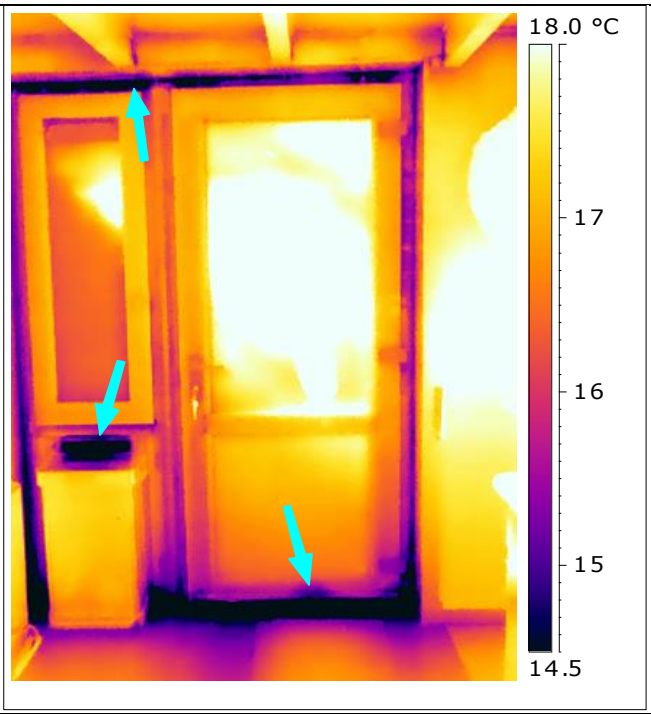


Commentaar
Tocht uit de aansluiting plafond-wand.

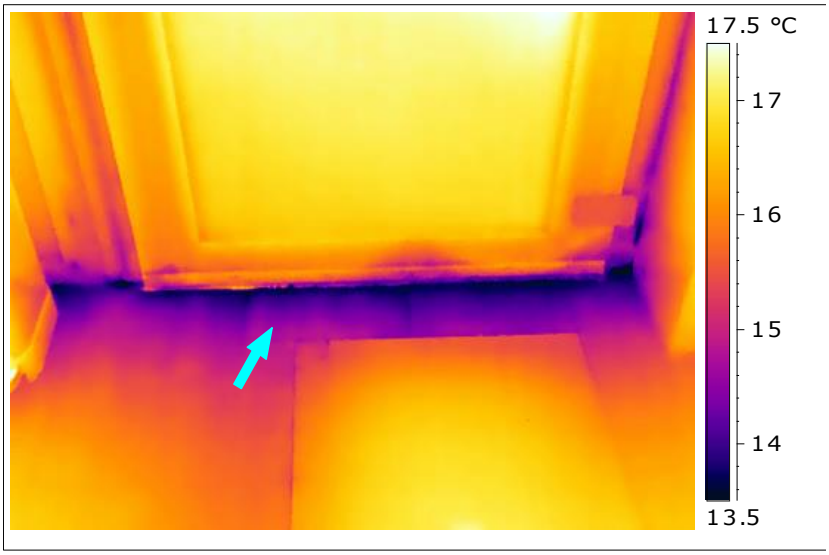
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a)



b)



Commentaar

Rond het kunststof kozijn tocht het.

De brievenbus tocht.

Veel tocht aan de onderzijde van de deur. De deur draait naar binnen wat een goede tochtdichting in oudere kozijnen lastig maakt.

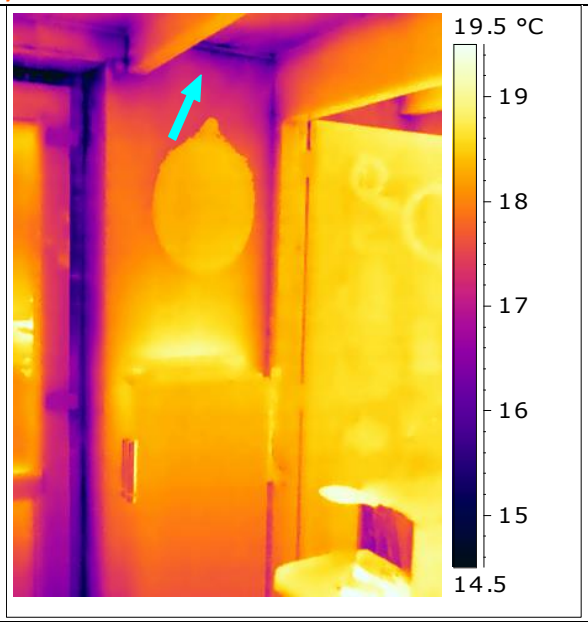
Het kozijn is uit 1991 en heeft standaard isolatieglas.

Thermische opnamen binnenzijde

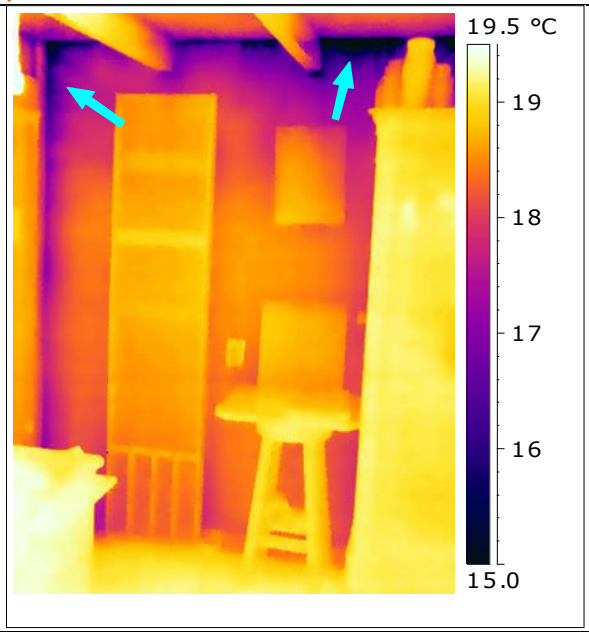
Woning in onderdruk

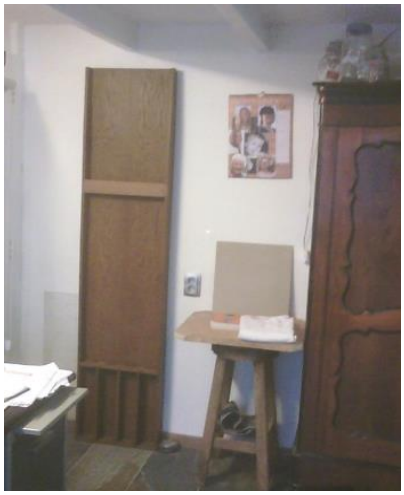
Doel meting:	**Onderzoek warmte- en luchtlekken**
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	**Zijgevel uitbouw, werkkamer**

a) Tussenmuur entree-werkkamer



b) Werkkamer





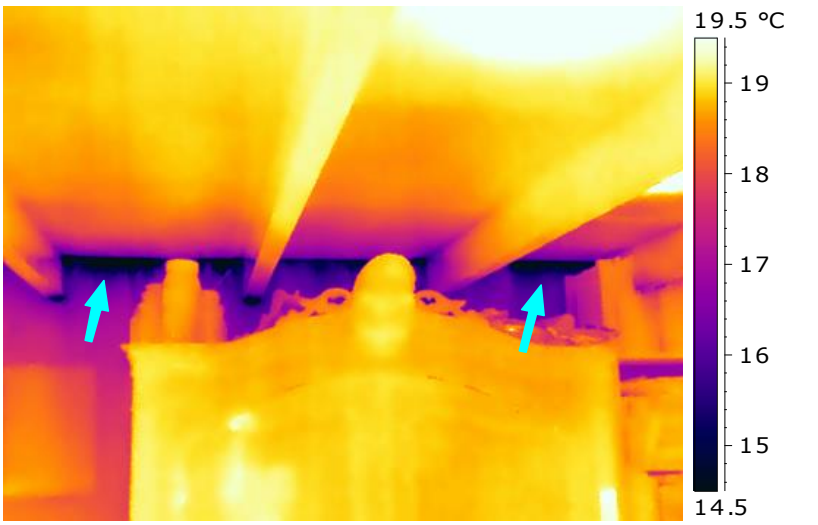
Commentaar

In de werkkamer is de voorzetwand geïsoleerd met 50 mm PIR. In de entree met ...?
In de werkkamer tocht het aardig uit de aansluiting plafond-wand, waardoor warmteverlies optreedt. Ook boven het plafond kan het tochten, waardoor het plafond koud wordt.
De ruimte heeft vloerverwarming in een ongeïsoleerde betonvloervloer, aangevuld met een elektrische kachel.

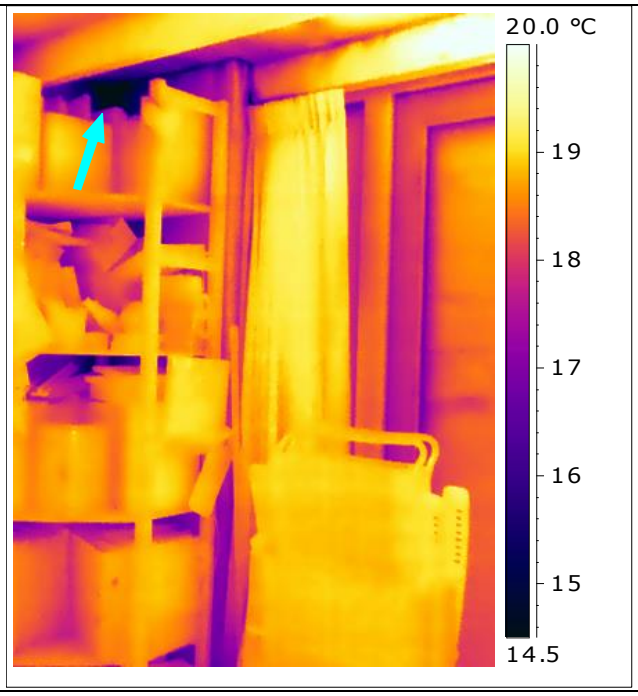
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

Doel meting:	**Onderzoek warmte- en luchtlekken**
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	**Werkkamer in de uitbouw**

a)



b)



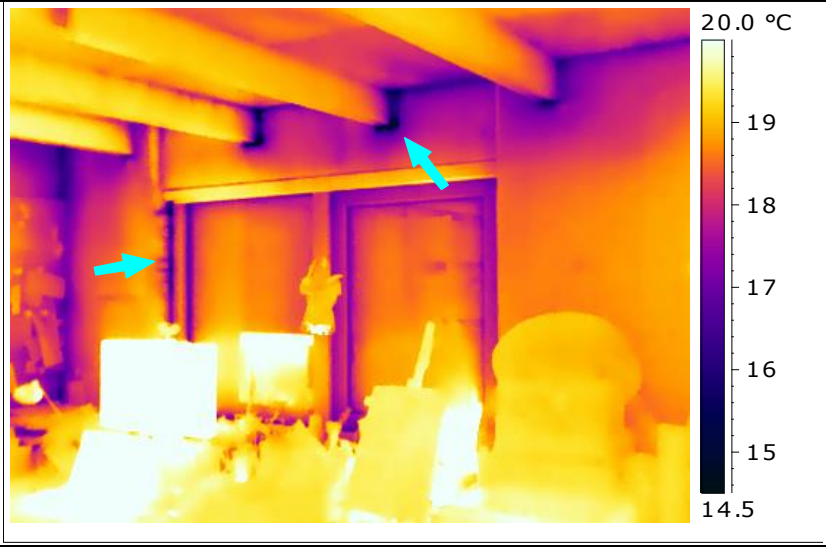
Commentaar
Zie vorige bladzijde.

Thermische opnamen binnenzijde

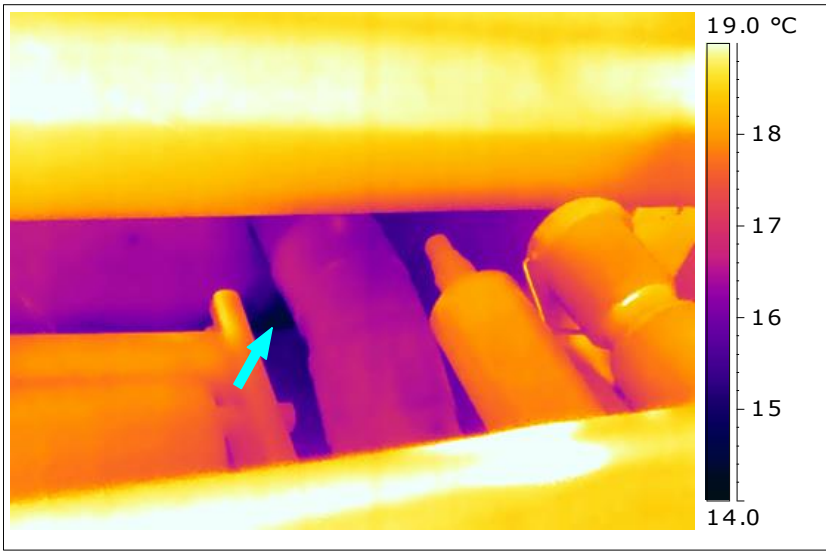
Woning in onderdruk

Doel meting:	**Onderzoek warmte- en luchtlekken**
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	**Werkkamer in de uitbouw**

a)



b)



Commentaar

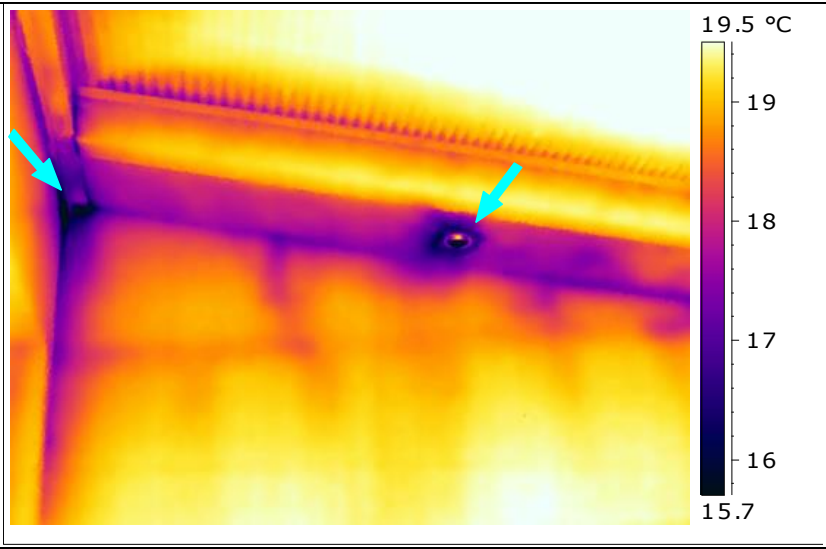
a) Rond de kozijnen (ook de tuindeuren) tocht het.

b) De inpandige hemelwaterafvoer kan voor condens zorgen bij koud weer. Er komt ook koude lucht langs.

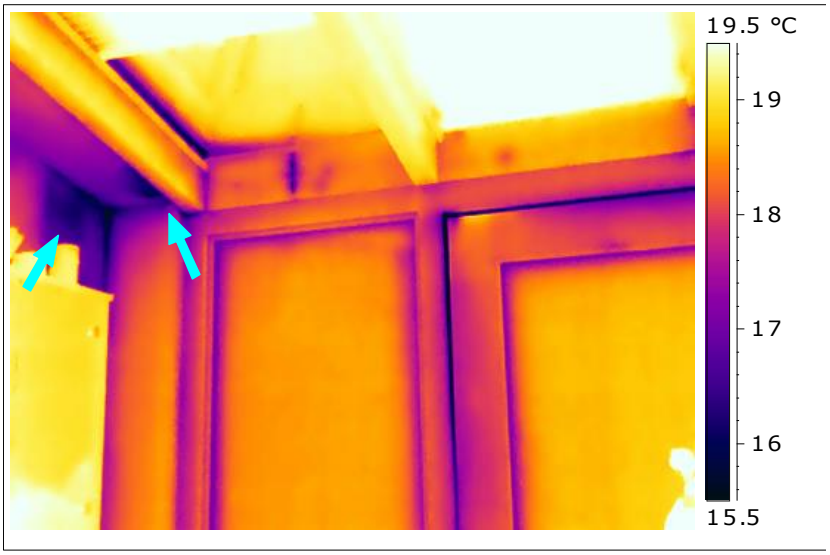
Thermische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

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

a)



b)



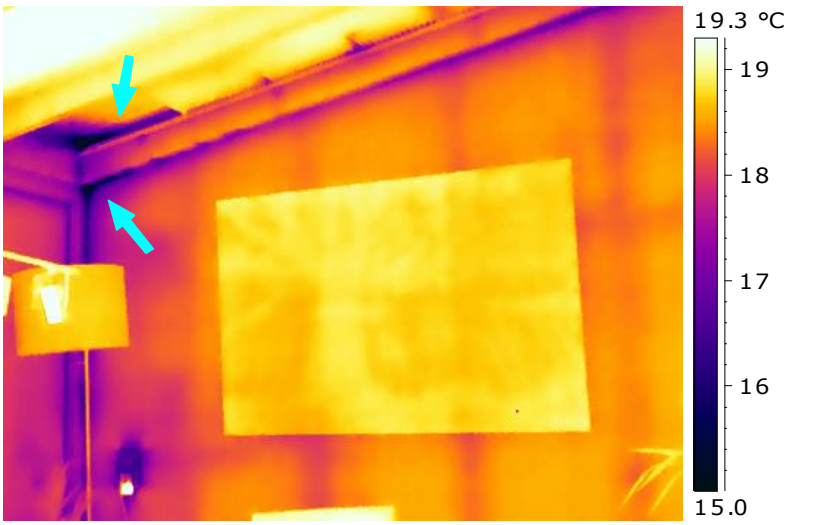
Commentaar
Het dak is tripleglas. Heel goed, want via liggende ruiten gaat meer warmte verloren dan door verticaal glas.
Warmteverlies door tocht in de koven aan de zijkanten.
Niet op de opnamen: de sluitzijde van de schuifpui tocht iets, doordat de naad tussen schuifpui en kozijn iets scheef is.

Thermische opnamen binnenzijde

Woning in onderdruk

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

a)



b)

Commentaar

In deze hoek zit een kier van 5mm tussen het glas en het kozijn.

Thermische opnamen binnenzijde

Woning in onderdruk

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

a) Serre

Commentaar

a) Ook hier wat tocht/verlies van warme lucht.

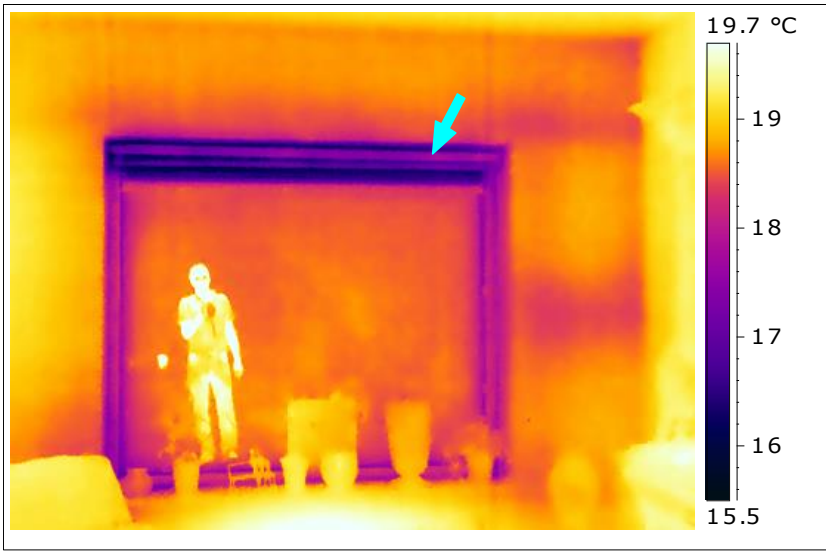
Thermische opnamen binnenzijde

Woning in onderdruk

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

a) Kozijn voorgevel

b)



Commentaar

a) HR++ glas in een Houten kozijn. Geen bijzonderheden.

b) In het zijgevelkozijn zit een ventilatierooster.

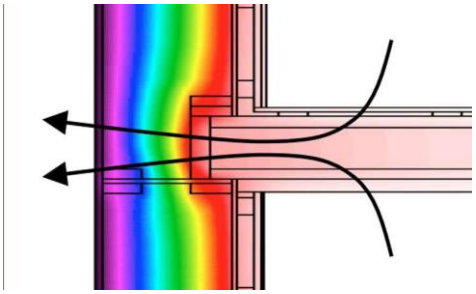
Bijlage A: begrippenlijst

Isolatiewaarden:

U-waarde	isolatiewaarde van glas [in W/m2.K]
Rc	isolatiewaarde van de constructie als geheel [in m^2.K/W]
Rd	isolatiewaarde van één materiaal(laag) [in m^2.K/W]

N.B. Hoe lager de U-waarde hoe beter het glas isoleert.
Voor de Rc/Rd geldt het omgekeerde: hoe hoger de waarde hoe beter de isolatie is.

Thermische brug of koudebrug is een plek in de schil van de woning die minder goed geïsoleerd is dan zijn omgeving. Door de thermische brug gaat relatief veel warmte verloren, waardoor deze aan de binnenkant afkoelt. Dit zorgt voor warmteverlies en vergroot de kans op condensatie en schimmel.



Luchtlek — Een gat of kier in de constructie waardoor onbedoeld lucht in of uit de woning kan. Dit zorgt voor tocht, onbehagen zoals koude voeten en warmteverlies. Ook kan het zorgen voor houtrot, condens etc.

Koudestraling — Het gevoel dat een koud oppervlak koude uitstraalt, wat een onbehaaglijk gevoel geeft.
N.B. natuurkundig is het eigenlijk zo dat wij warmte uitstralen naar het koude oppervlak waardoor we warmte verliezen.

Installaties:

Wp	Wattpiek een meeteenheid voor het maximaal vermogen dat een zonnepaneel per m^2 kan leveren.
Afgiftesysteem	Het geheel van leidingen + radiatoren en/of vloerverwarming dat er voor zorgt dat de warmte van bijvoorbeeld de c.v. ketel de verschillende ruimten kan verwarmen.

Bijlage 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 m^3/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