



Rapportage

Thermografisch onderzoek na het isoleren

Professor Schrijnenstraat 12
6524 RA Nijmegen

Opdrachtgever:

Karla Mulder

Copyrights©

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Ingenieursbureau Van der Kleij

ir. Peter van der Kleij

Boccherinistraat 2, 6815 GX Arnhem

tel. 026-44 55 177

mob. 06-53 34 35 02

fax. 026-44 55 177

-2-2016

Inhoudsopgave

Gegevens.....	3
Inleiding en doel Onderzoek	4
Omschrijving van de werkzaamheden en randvoorwaarden van de metingen	4
Aangetroffen situatie	4
Geconstateerde verbeterpunten	4
Thermische opnamen buitenzijde.....	7
Thermische opnamen binnenzijde.....	19
Luchtdichtheidstest.....	22

Gegevens

Inspectierapport

Opdrachtgever	:	Karla Mulder
Eigenaren van de woning	:	Karla Mulder
Plaats van de inspectie	:	Professor Schrijnenstraat 12, Nijmegen
Datum van de inspectie	:	12 februari 2016
Ons ordernummer	:	14.385-2
Inspectie uitgevoerd door	:	ir. P.S. van der Kleij
Rapport opgemaakt door	:	ir. P.S. van der Kleij
Vestigingsadres	:	Boccherinistraat 2
Postcode	:	6815 GX
Plaats	:	Arnhem
Telefoonnummer	:	06-53 34 35 02
E- mail adres	:	info@irvanderkleij.nl
Buitentemperatuur	:	3,5 °C
Luchtvochtigheid	:	82%
Windsnelheid	:	2 m/sec
Windrichting	:	ZZO
Luchtdruk	:	100,18 kPa
Weersituatie	:	bewolkt
Binnentemperatuur	:	20,4 °C
Luchtvochtigheid	:	49 %
Type thermografische camera	:	Flir B335

Op alle diensten van Ingenieursbureau Van der Kleij zijn de leveringsvoorwaarden van toepassing conform DNR 2005.

Inleiding en doel Onderzoek

Het controleren van de uitgevoerde isolatiemaatregelen en luchtdichting.

Omschrijving van de werkzaamheden en randvoorwaarden van de metingen

De woning is zowel aan de buiten als aan de binnenzijde met de warmtebeeldcamera bekeken. Vervolgens is de woning op onderdruk gebracht met de blowerdoor en zijn met de warmtebeeldcamera en de rookgenerator de luchtlekkages inzichtelijk gemaakt.

De woning is de nacht voor de test geheel verwarmd op 20 °C.

Aangetroffen situatie

Het betreft een woning uit 1956 met 2 woonlagen. Met onder de woonkamer een kruipruimte en onder gangzone van voor naar achter een kelder.

De woning is de afgelopen tijd energiezuinig gemaakt door:

- Het aanbrengen van buitengevelisolatie.
- in combinatie met het aanbrengen van goede luchtdichting in de aansluitingen.
- De dakisolatie is vervangen.
- De entreepui is naar voren verplaatst.
- Op het dak zijn PV-panelen geplaatst.
- In de badkamer is een centrale afzuigbox geplaatst, met een extra afzuigpunt op de begane grond. Luchttoetreding vindt plaats middels ventilatieroosters in de kozijnen.

Tijdens de blowerdoortest is de deur naar de kelder afgeplakt, omdat in deze ruimte geen werkzaamheden zijn uitgevoerd.

Geconstateerde verbeterpunten

Thermografische opnamen buitenzijde

Bovenin de gemetselde penanten zijn kleine warmtelekken te zien. Waarschijnlijk doordat de aangebrachte spouwmuurisolatie is uitgezakt.

Links en rechts van de borstweringen op de eerste verdieping zijn ook warmtelekken te zien. Dit komt doordat op die plaatsen de spouw, en dus de isolatie, dunner is. Dit zorgt voor een thermisch lek. Dit moeilijk te verhelpen.

De entree laat veel uitstraling van warmte zien, ondanks dat het een tripleglas pui is.

Ter vergelijking zijn de gevels van de burens ook opgenomen in de thermografische opnamen.

Thermografisch opnamen binnenzijde

Rondom het kozijn in de voorgevel in de woonkamer laat het stelkozijn veel warmte door.

Onder de pui in de achtergevel van de woonkamer lekt warmte weg.

Op de verdieping zijn de binnenhoeken bij de gevels vrij koud. Dit komt doordat warmteverlies via de gevel van de burens. Ik raad aan om te controleren of hier geen schimmel ontstaat. Mocht dit het geval zijn, dan kunnen hier scheggen van XPS isolatie geplaatst worden.

Blowerdoortest en rook

De woning heeft een q_{v10} van 0,543 l/sec/m². De vorige test gaf een waarde van 1,21 l/sec/m². Waarbij moet worden opgemerkt dat de vorige keer de kelder wel in de meting was meegenomen.

In het algemeen is de luchtdichting van de woning behoorlijk verbeterd. Op enkele plaatsen is nog verbetering mogelijk:

- De kierdichting van de lichtkoepel is matig. Hier kan een extra Buva Solidseal rubber in geplaatst worden.
- De luchtdichting onder de pui in de achtergevel van de woonkamer kan verbeterd worden, door aan de binnenzijde dit kozijn luchtdicht aan te sluiten op de luchtdichte laag in de kruipruimte.
- De onderdorpel van het voorgevelkozijn in de woonkamer kan mogelijk nog iets verbeterd worden.
- De voordeur laat een flink luchttek zien, maar kan helaas niet beter afgesteld worden. De rubbers hebben ook een kleine 'slag'.

Uitgevoerd en opgesteld door,

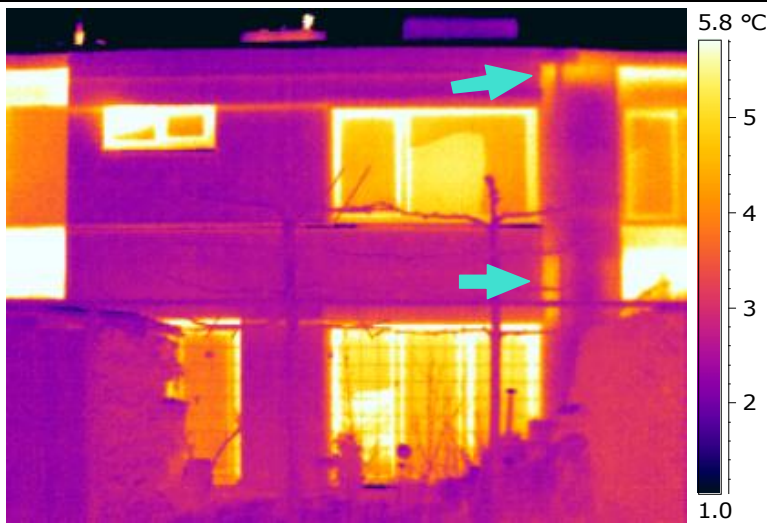
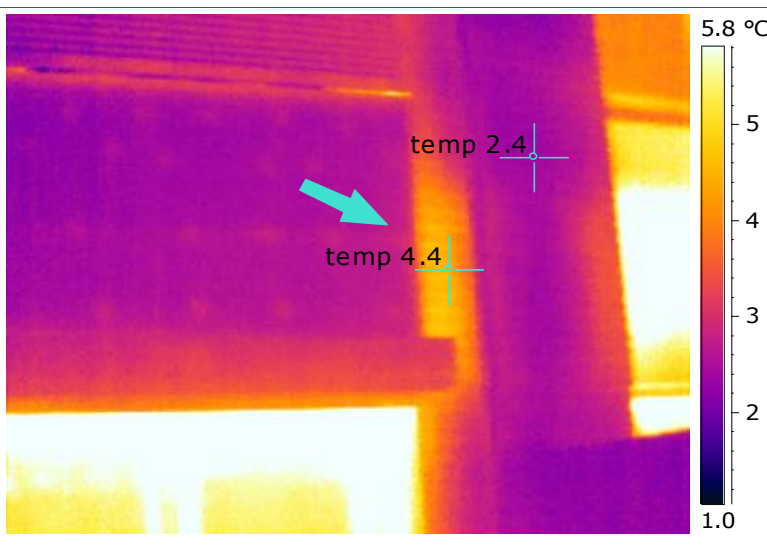
ir. Peter van der Kleij

Arnhem, - 16 februari 2016 -

Vooraanzicht van de woning



Thermische opnamen buitenzijde

Doel meting:	Onderzoek warmtelekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Thermische opname van de achtergevel
a)	
 	
b)	
 	

Commentaar

- a) In de gemetselde penanten zitten een paar thermische bruggen.
- b) Idem in detail.

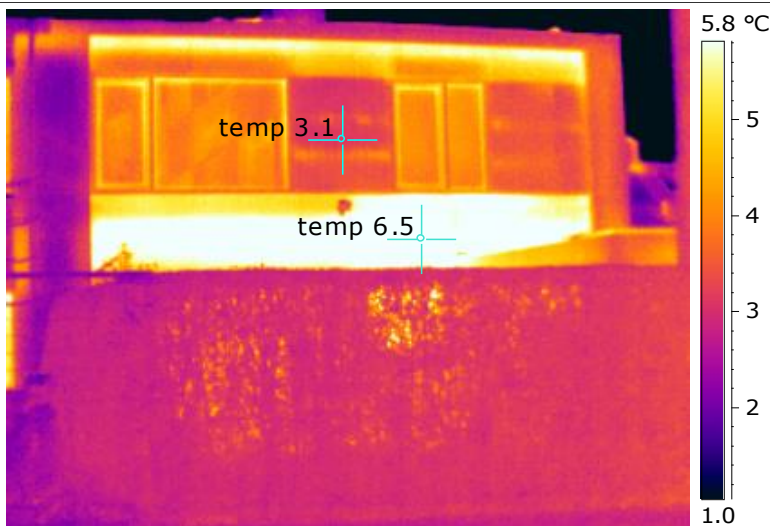
Thermische opnamen buitenzijde

Doel meting:	Onderzoek warmtelekken
Locatie:	Voorgevel
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Thermische opname van de burens

a)



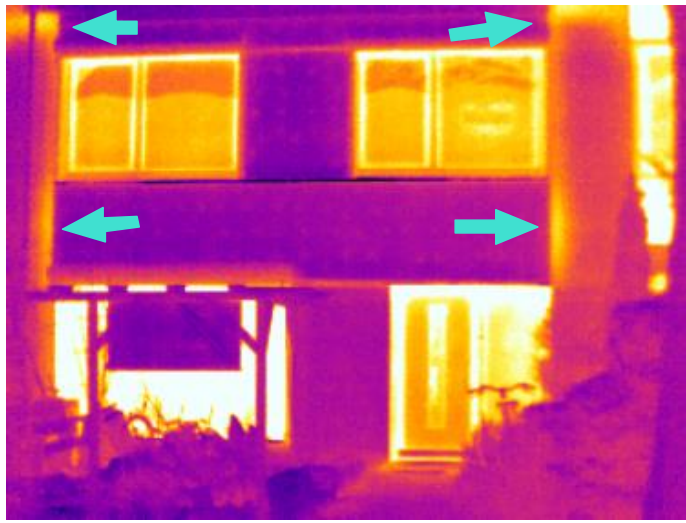
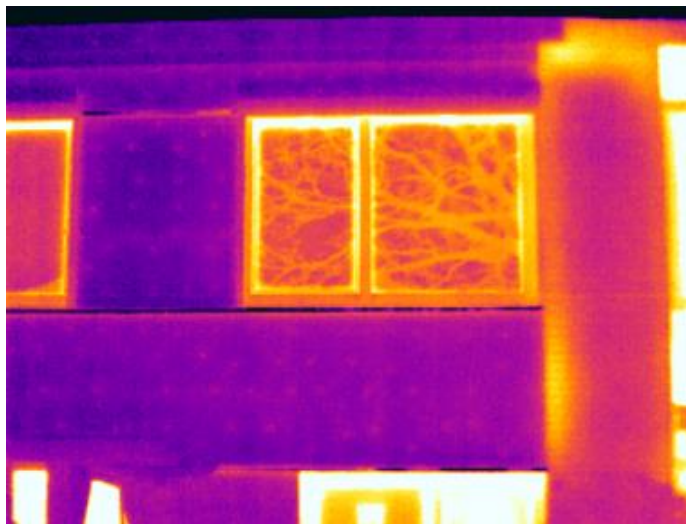
b)



Commentaar

a) b) Thermografische opnamen van de achtergevels van de burens.

Thermische opnamen buitenzijde

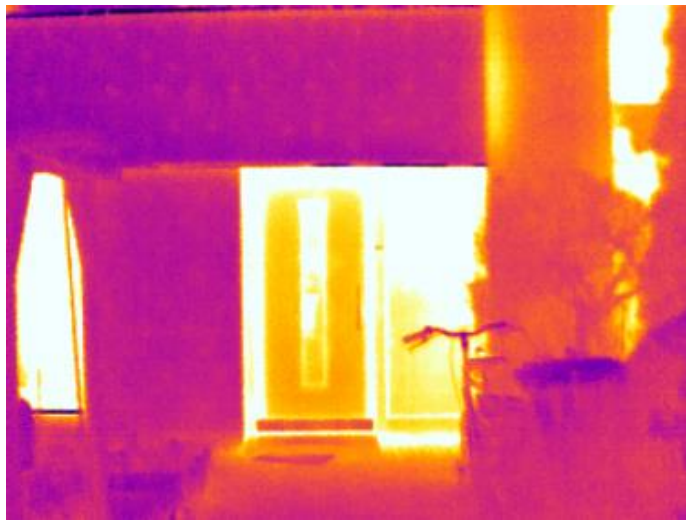
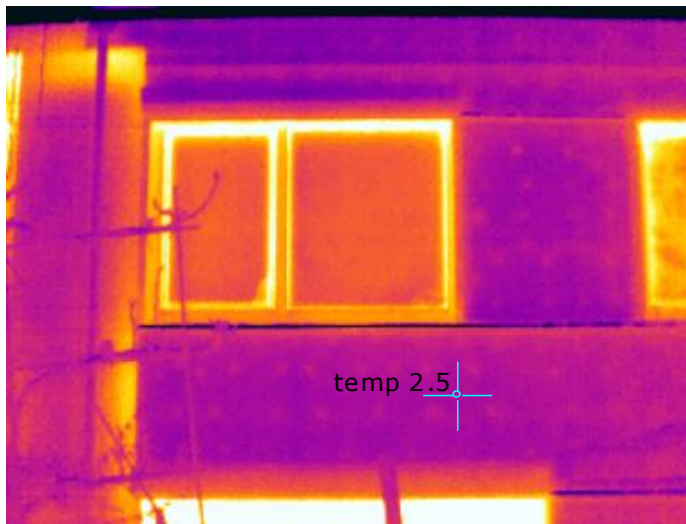
Doel meting:	Onderzoek warmtelekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Thermische opname van de voorgevel
a)	
 Thermal image showing the exterior of a building facade. Four cyan arrows point to specific areas of high heat loss (yellow/orange) indicating thermal bridges: two on the upper floor windows and two on the lower floor windows. A color scale on the right ranges from 1.1 °C (dark purple) to 5.5 °C (yellow).  Photograph of the building facade corresponding to the thermal image, showing a two-story residential building with a red door and windows.	
b)	
 Detailed thermal image of a building facade, focusing on the upper floor windows. The color scale on the right ranges from 1.1 °C (dark purple) to 5.5 °C (yellow).  Photograph of the building facade corresponding to the thermal image, showing a two-story residential building with a red door and windows.	

Commentaar

a) In de gemetselde penanten zitten een paar thermische bruggen.

b) Idem in detail.

Thermische opnamen buitenzijde

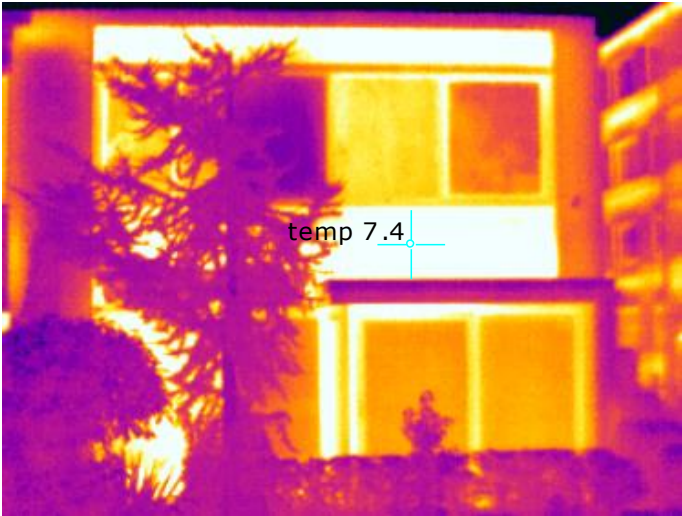
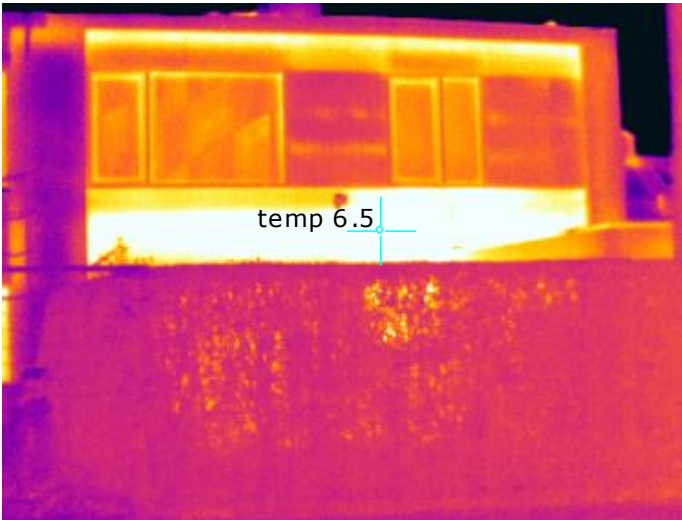
Doel meting:	Onderzoek warmtelekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Thermische opname van de voorgevel
a)	
 	
b)	
 	

Commentaar

a) Entree. Voordeurpui is naar voren geplaatst.

b) Detail van de gemetselde penanten, een paar thermische bruggen.

Thermische opnamen buitenzijde

Doel meting:	Onderzoek warmtelekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Thermische opname van de voorgevel
a)	
 	
b)	
 	

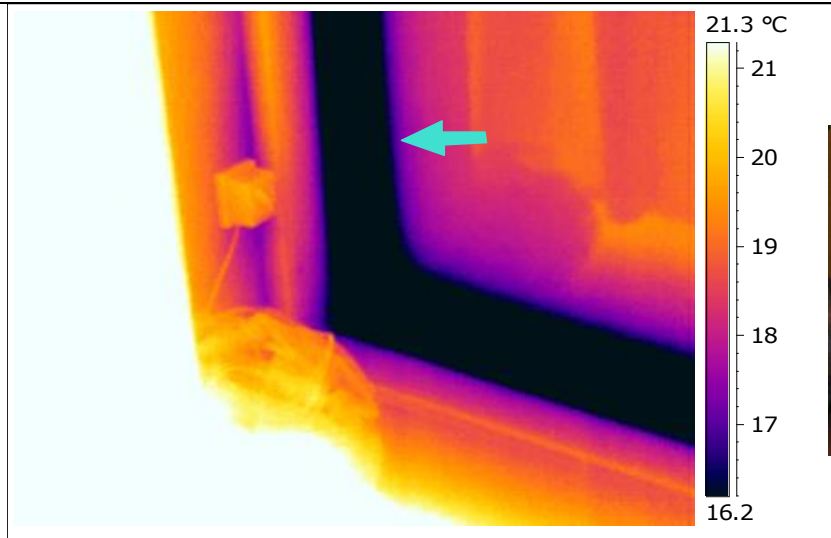
Commentaar

a) b) Thermografische opnamen van de voorgevels van de buren.

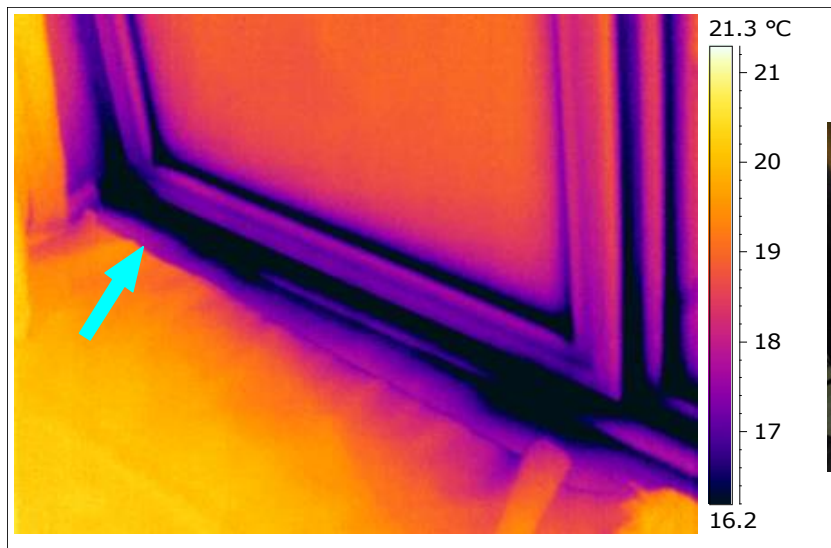
Thermische opnamen binnenzijde

Doel meting:	Onderzoek warmtelekken
Locatie:	Woonkamer
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Thermische opname van de voor-, achtergevel

a)



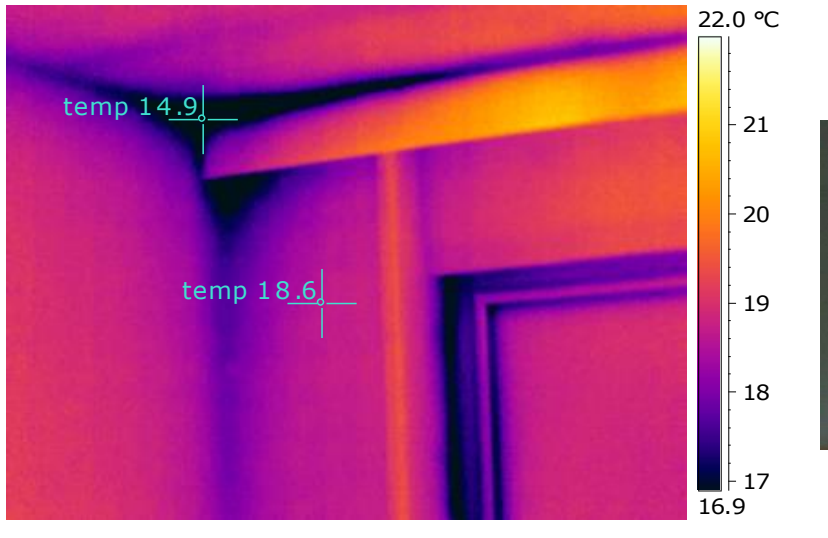
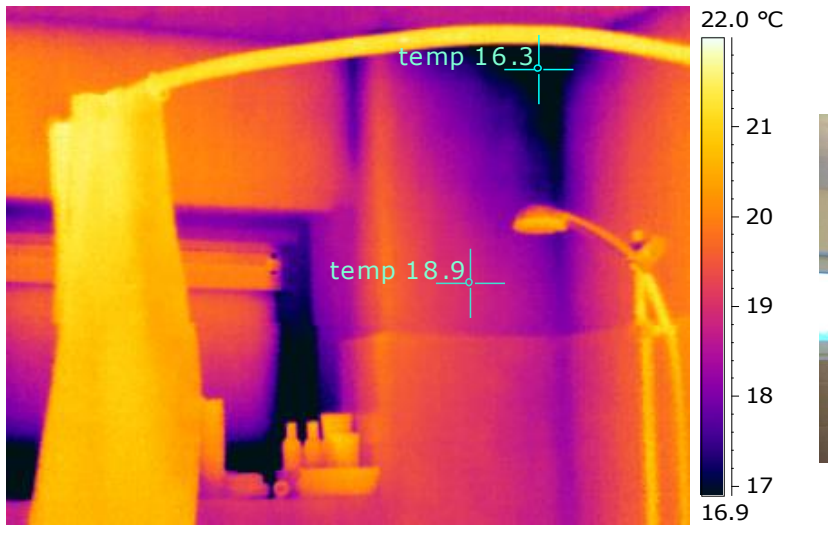
b)



Commentaar

- a) De borstwering tussen de begane grond en de 1^e verdieping en de dakrand zijn slecht geïsoleerd
- b) Warmtelek onder de kunststof pui (triple glas)

Thermische opnamen binnenzijde

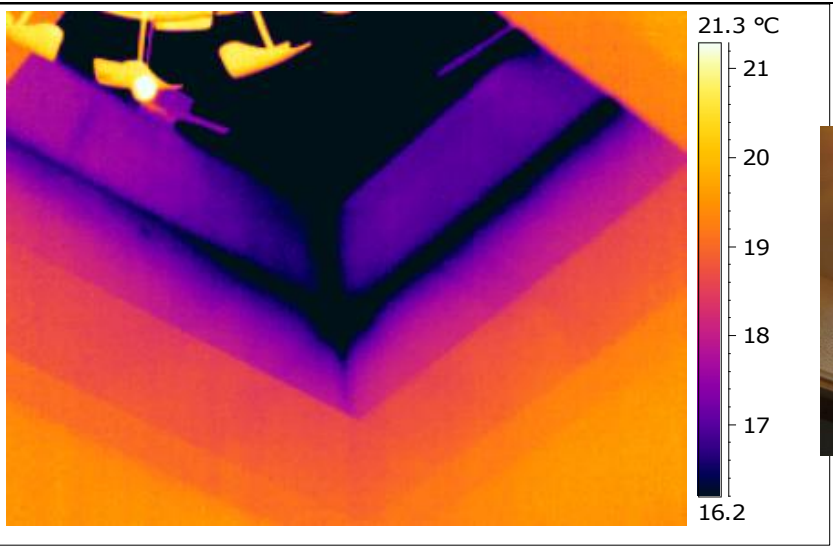
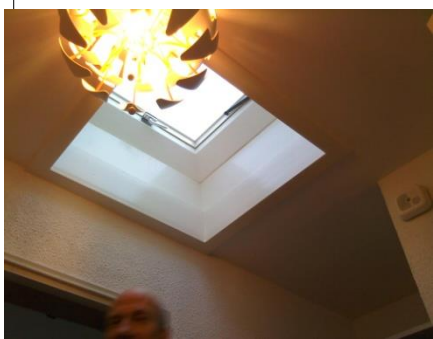
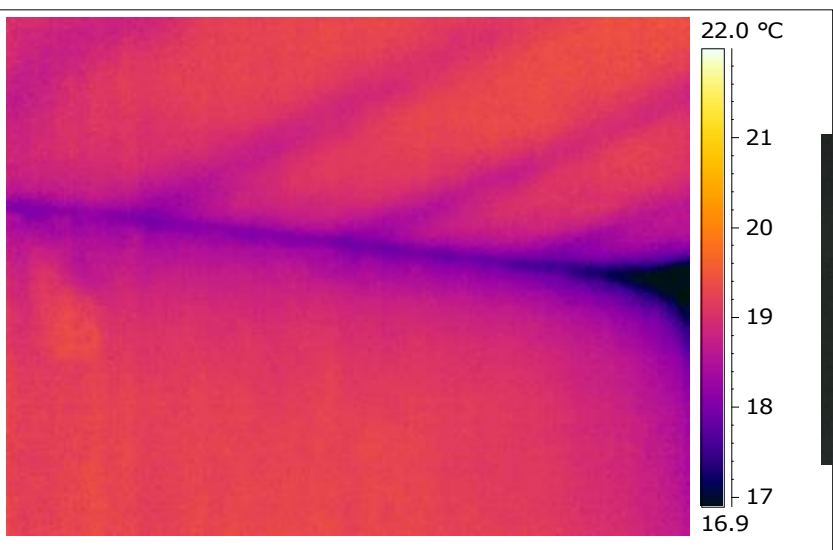
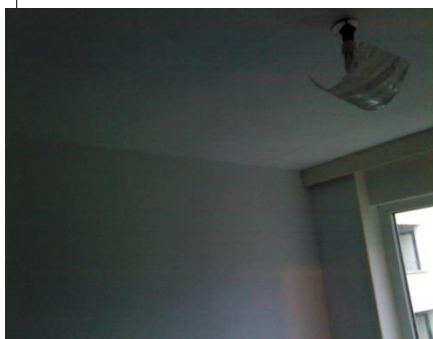
Doel meting:	Onderzoek warmtelekken
Locatie:	Verdieping
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Thermische opname van de achtergevel
a)	
 	
b)	
 	

Commentaar

a) Slaapkamer, koudere binnenhoek.

b) Badkamer, koudere binnenhoek.

Thermische opnamen binnenzijde

Doel meting:	Onderzoek warmtelekken
Locatie:	
Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel:	Thermische opname van het plafond
a)	
 	
b)	
 	

Commentaar

a) Warmtelek in de lichtkoepel.

b) Onderzijde dak.

Opname met rook

Woning in onderdruk



a) Lichtkoepel



b) Pui woonkamer achter

Commentaar

a) Luchtlekkage in de kierdichting van de lichtkoepel.

b) Luchtlekkage in de onderaansluiting van het kunststof kozijn in de achtergevel.

Opname met rook

Woning in onderdruk



a) Voordeur

Commentaar

a) De kierdichting van de voordeur laat te wensen over. De sluitkommen zijn niet nastelbaar.

Opname met rook

Woning in onderdruk



a) Kozijn voorgevel woonkamer

Commentaar

a) Enige luchtlekkage onder het kozijn.

Luchtdichtheidstest

Opgesteld volgens de Europese Norm EN13829, de NEN 2686 en de BeoordelingsGrondSlag van SKH



Adres gebouw:	Professor Schijnenstraat 12 , 6524 RA Nijmegen
Client:	Karla Mulder
Test-technicus:	ir. P.S. van der Kleij ingenieursbureau Van der Kleij Boccherinistraat 2 6815 GX Arnhem
Test-datum:	2016-02-12
Computerbestand:	EN13829-NL 2016-02-12 1047 Karla2

Overzicht

 FanTestic	version: 5.7.17	Test-bedrijf: Ingenieursbureau van der Kleij
Test-datum: 2016-02-12	Test-technicus: ir. P.S. van der Kleij ingenieursbureau Van der Kleij Boccherinistraat 2 6815 GX Arnhem	
Adres gebouw: Professor Schijnenenstraat 12 , 6524 RA Nijmegen		

Bouwdetails	
Kenmerk:	EN13829-NL 2016-02-12 1047 Karla2
Opdrachtgever:	Karla Mulder
Netto inhoud van het gebouw, V: -- indien van toepassing	360 m³
Hoogte boven de grond: -- indien van toepassing	8 m
Vloeroppervlak – G.O.:	110 m²
Gebouwschil oppervlakte, A _{T BAT} : -- indien van toepassing	m²
Hoogte (ASL): -- indien van toepassing	10 m
Blootstelling aan de wind	Volledig beschermd gebouw
Nauwkeurigheid van de gebouwafmetingen	2%

Resultaten	
Luchtdebiet bij 50 Pa, Q ₅₀ [L/s]	167,5
Luchtverversing bij 50 Pa, n ₅₀ [/h]	1,675
Luchtdebiet bij 10 Pa, Q _{V10} [L/s]	58,31
Luchtdoorlaatbaarheid bij 10 Pa, Q _{V10kar} [L/s/m ²]	0,530

Test omschrijving en Q_{V10} waarde

Tijdens deze test is de blower opgesteld in de afzuigrooster en afzuigkap en de deur naar de kelder afgeplakt. De meetmethode is een type A meting waarbij de woning bouwkundig gereed is voor oplevering en volledig is afgewerkt en er geen doorvoeringen door de luchtdichte- schil zullen worden aangebracht.

De apparatuur voor deze luchtdichtheidsmetingen zal haar waardes weergeven in m³ per uur en indien deze moet worden omgerekend naar dm³/s of L/s zal deze gedeeld moeten worden met het getal 3,6.

Voor de zuiverheid van deze meting is een test uitgevoerd op onder- en overdruk en is hiervan een gemiddelde waarde genomen .

Het werkelijke lekverlies =(Q_{V10}) van deze woning bedraagt **58,31 L/s**, Q_{V10kar} = **0,530 L/s-m²** Wat een mooi resultaat is.

Bouwdetails

Gebouwafmetingen

Hoogte van het gebouw (ASL)[m]: 10 m.
Netto inhoud van het gebouw, V [m³]: 360 m³

Gebouwschil oppervlakte -- indien van toepassing ($A_{T\text{ BAT}}$): [m²]: m²

Vloeroppervlak- (Ag) [m²]: 110 m²

Verwarming- en ventilatiesysteem

Verwarming middels een c.v. ketel en radiatoren.

Ventilatie: centrale afzuiging in de badkamer met een rooster in de badkamer en een afzuigpunt in de woonkamer.
CO₂ en vocht gestuurd. Luchttoevoer in de verblijfsruimten middels ventilatieroosters in de kozijnen.

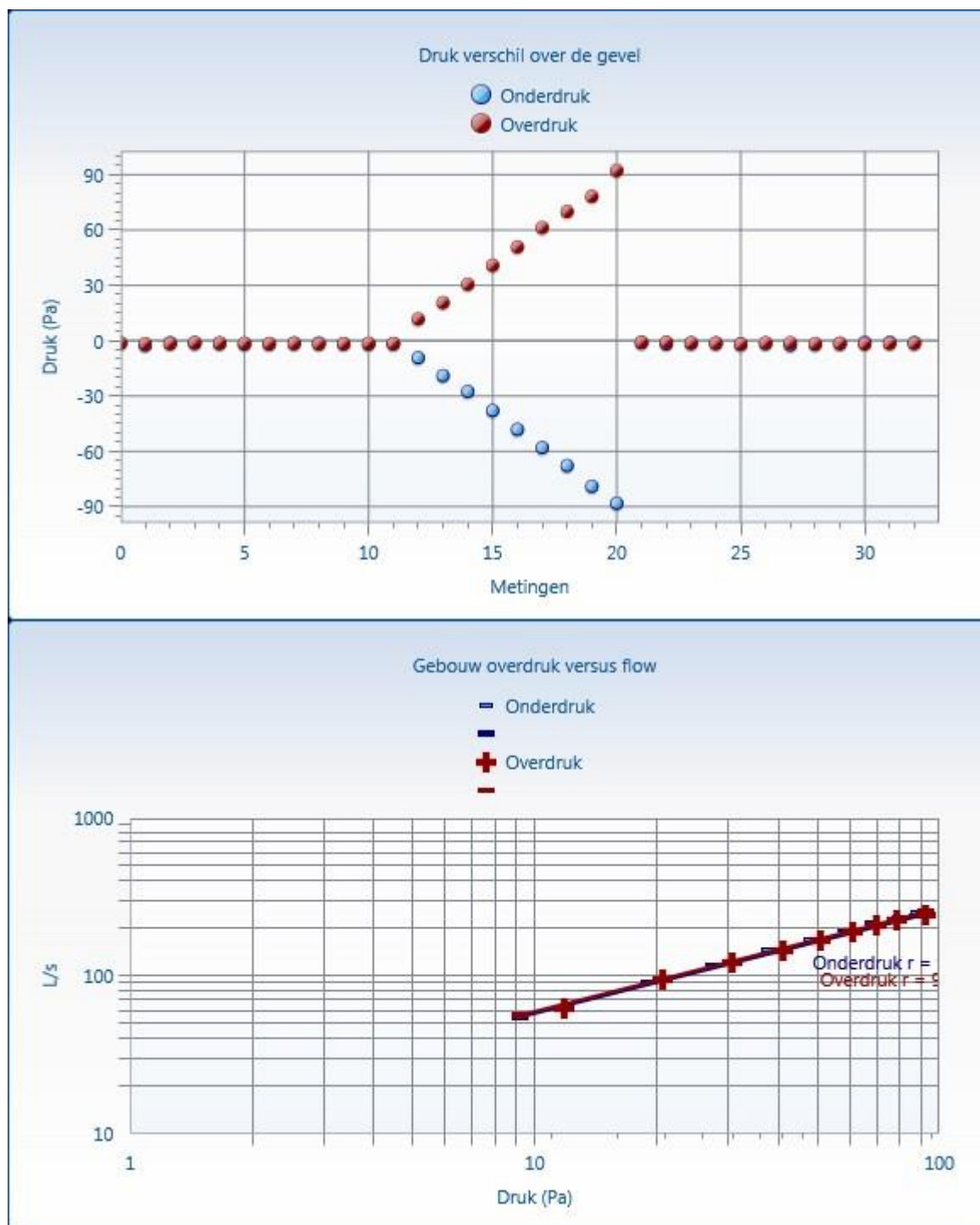
Test notities

Afgeplakt zijn de afzuigroosters binnen en de afzuigkap. Verder is de deur naar de kelder afgeplakt, omdat de kelder niet in deze werkzaamheden is meegenomen.

Bespreking van de resultaten

Overzicht van de resultaten gecombineerd

	Resultaten	95% betrouwbaarheidsinterval		Onzekerheid
Luchtdebiet bij 50 Pa, Q_{50} [L/s]	167,5	166,1	169,5	+/-1,0%
Luchtverversing bij 50 Pa, n_{50} [/h]	1,675	1,640	1,715	+/-2,2%
Luchtdebiet bij 10 Pa, Q_{v10} [L/s]	58,31	57,05	59,60	+/-2,2%
Luchtdoorlaatbaarheid 10 Pa, $Q_{v10\text{ kar}}$ [L/s/m ²]	0,530	0,514	0,546	+/-3,0%
Specifieke luchtdoorlaatbaarheid bij 10 Pa, q_{10} [L/s/m ²]				



Appendix– Testresultaten

Resultaten bij onderdruk

Testgegevens Datum: 2016-02-12. Tijd: 10:10 tot: 10:28

Windsnelheid:	1. zwakke wind	voor
Operator Location:	Binnen	
Initiële Bias Pressure:	-1,50 Pa	
Finale Bias Pressure:	-1,40 Pa	
Initiële temperatuur:	binnen: 20,1 C	buiten: 3,4 C.
Finale temperatuur:	binnen: 20,2 C	buiten: 3,8 C.
Barometrische druk	99,9 kPa	door Directe meting

Onderdruk testresultaten				
Correlatie, r :	99,98			
	resultaten	95% betrouwbaarheid		Onzekerheid
		Lower	Upper	
Slope, n:	0,65461	0,64367	0,66554	
Doorlaatbaarheid gebouwschil, C_{env} [L/s/Pa ⁿ]:	12,787	12,27	13,32	
Doorlaatbaarheid gebouwschil, C_L [L/s/Pa ⁿ]:	12,978	12,46	13,52	
Luchtdebiet bij 50 Pa, Q_{50} [L/s]	168,03	166,7	169,4	
Luchtverversing bij 50 Pa, n_{50} [/h]	1,680	1,644	1,716	
Luchtdoorlaatbaarheid 10 Pa, [L/s/m ²]	0,5326	0,5187	0,5466	
Specifieke luchtdoorlaatbaarheid bij 10 Pa, [L/s/m ²]				

Inbegr druk [Pa]		- 10, 6	- 20, 4	- 28, 9	- 39, 3	- 49, 5	- 59, 4	- 69, 1	- 80, 4	- 89, 6			
Fan #1, Range C2	Ventilator druk [Pa]	28	68, 9	109, 8	166	222, 1	290, 1	363, 2					
	Stroom [L/s]	57, 56	92, 05	117, 2	145, 1	168, 5	193, 2	216, 6					
Fan #1, Range C4	Ventilator druk [Pa]								128, 4	147, 1			
	Stroom [L/s]								233, 1	250, 0			
Stroom, V_r [L/s]		57, 6	92, 1	117	145	169	193	217	233	250			
Gecorrigeerd stroom, V_{env} [L/s]		54, 73	87, 52	111, 5	138, 0	160, 2	183, 7	205, 9	221, 7	237, 6			
Fout [%]		0,1 %	- 0,1 %	- 0,4 %	0,0 %	- 0,7 %	0,7 %	2,0 %	- 0,7 %	- 0,9 %			

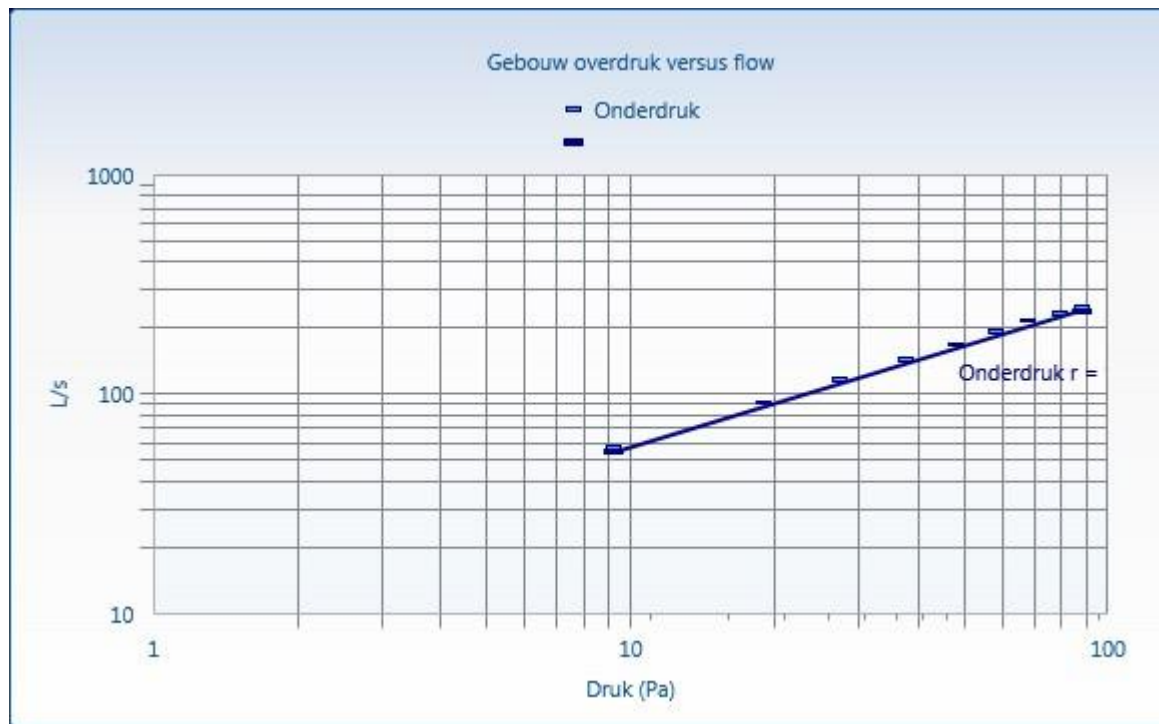
9 meetpunten gedurende 10 s. (of the required 10 seconds)

12 natuurlijk drukverschil gedurende 5 s. (of required 5 seconds).

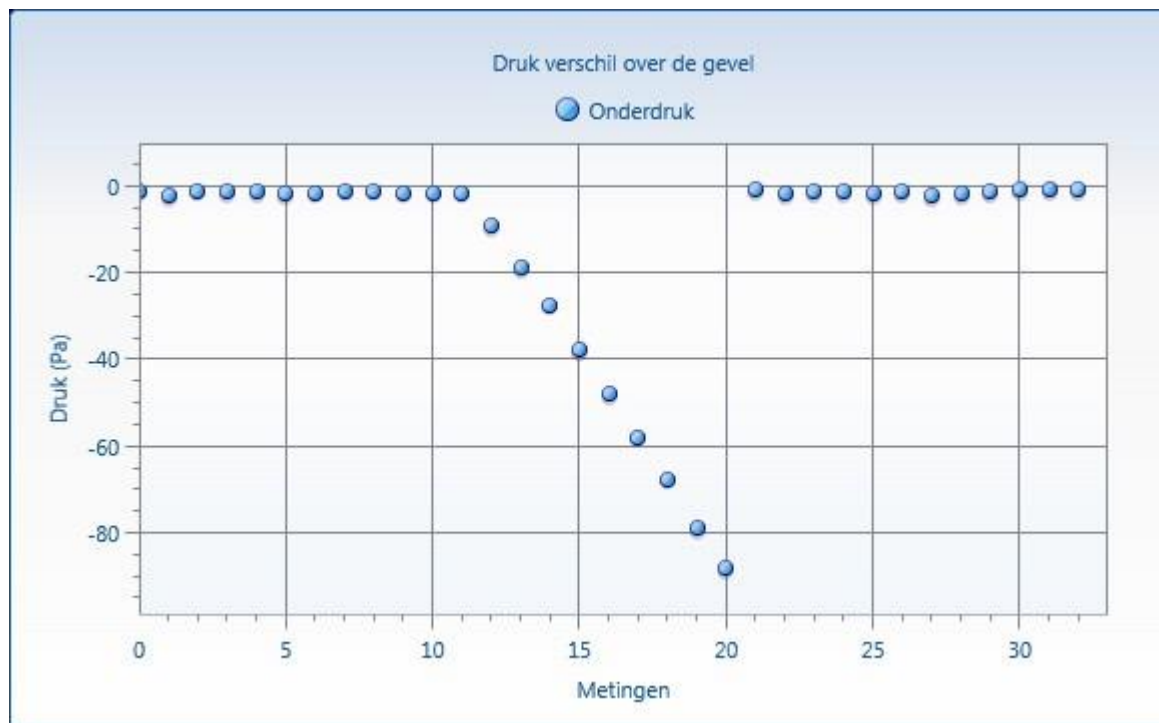
Bias gemiddelde druk:			
initiële [Pa]	ΔP_{01} -1,50	ΔP_{01} -1,50	ΔP_{01} + 0,00

finale [Pa]	$\Delta P_{02} -1,40$					$\Delta P_{02} - -1,40$				$\Delta P_{02} + 0,00$		
Bias, de initiële [Pa]	-1,14	-2,35	-1,08	-1,27	-1,33	-1,77	-1,68	-1,24	-1,24	-1,57	-1,69	-1,61
Bias, finale [Pa]	-0,98	-1,72	-1,29	-1,26	-1,81	-1,37	-2,33	-1,93	-1,43	-0,85	-0,81	-1,01

Gebouw Stroom Onderdruk gegevens



Gebouw Druk Onderdruk gegevens)



Resultaten bij overdruk

Testgegevens Datum: 2016-02-12. Tijd: 10:33 tot: 10:44

Windsnelheid:	1. zwakke wind	voor
Operator Location:	Binnen	
Initiële Bias Pressure:	-1,41 Pa	
Finale Bias Pressure:	-1,28 Pa	
Initiële temperatuur:	binnen: 20,2 C	buiten: 3,8 C.
Finale temperatuur:	binnen: 20,0 C	buiten: 4,2 C.
Barometrische druk	99,9 kPa	door Directe meting

Overdruk testresultaten				
Correlatie, r :	99,96			
	resultaten	95% betrouwbaarheid		Onzekerheid
		Lower	Upper	
Slope, n:	0,65802	0,64131	0,67474	
Doorlaatbaarheid gebouwschil, C_{env} [L/s/Pa ⁿ]:	12,999	12,20	13,85	
Doorlaatbaarheid gebouwschil, C_L [L/s/Pa ⁿ]:	12,933	12,13	13,78	
Luchtdebiet bij 50 Pa, V_{50} [L/s]	169,69	167,8	171,6	
Luchtverversing bij 50 Pa, n_{50} [/h]	1,697	1,658	1,736	
Luchtdoorlaatbaarheid 10 Pa, [L/s/m ²]	0,5350	0,5172	0,5527	
Specifieke luchtdoorlaatbaarheid bij 10 Pa, [L/s/m ²]				

Inbegr druk [Pa]		10,5	19,4	29,3	39,6	49,6	60,0	68,8	77,0	91,0			
Fan #1, Range C2	Ventilator druk [Pa]	32,8	71,2	117,2	164,2	220,1	276,4	329,7	382,1				
	Stroom [L/s]	62,37	93,49	121,2	144,1	167,6	188,3	206,0	221,9				
Fan #1, Range C4	Ventilator druk [Pa]									137,8			
	Stroom [L/s]									241,7			
Stroom, V_r [L/s]		62,4	93,5	121	144	168	188	206	222	242			
Gecorrigeerd stroom, V_{env} [L/s]		64,63	96,89	125,6	149,4	173,7	195,1	213,5	230,0	250,5			
Fout [%]		-2,0 %	1,4 %	1,6 %	-0,1 %	0,7 %	0,0 %	0,1 %	0,4 %	-1,9 %			

9 meetpunten gedurende 10 s. (of the required 10 seconds).

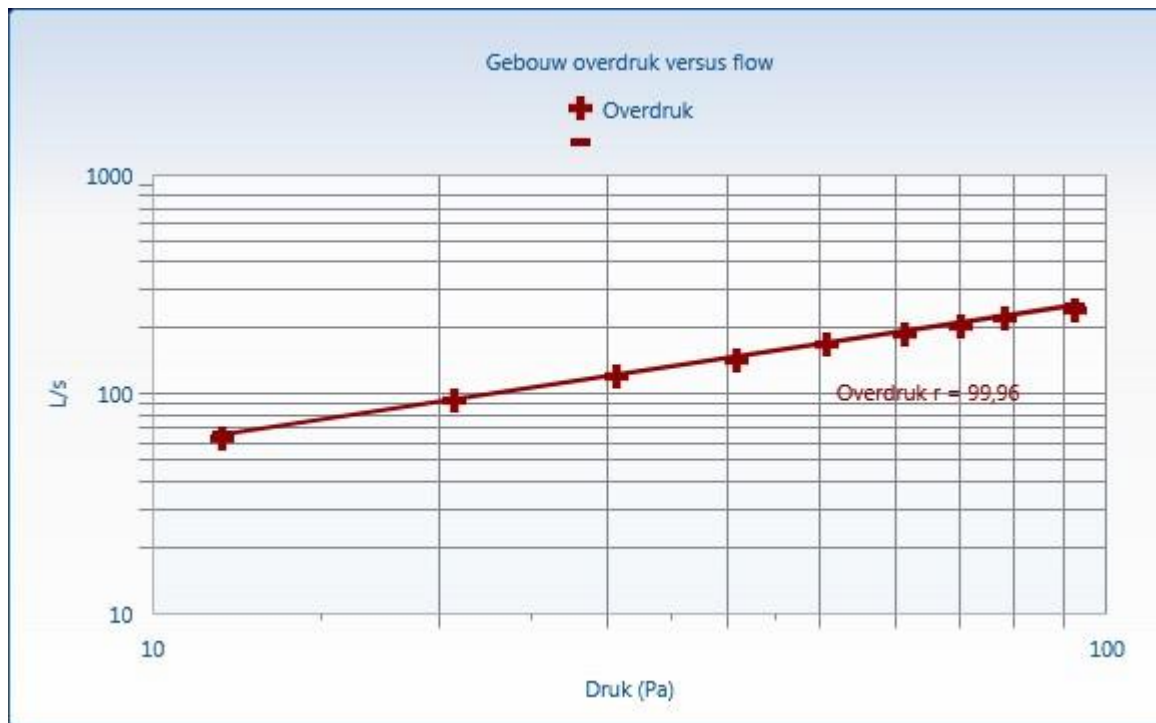
12 natuurlijk drukverschil gedurende 5 s. (of required 5 seconds).

Bias gemiddelde druk:				
initial [Pa]	ΔP_{01} -1,41	ΔP_{01} -1,41	ΔP_{01} +0,00	
final [Pa]	ΔP_{02} -1,28	ΔP_{02} -1,28	ΔP_{02} +0,00	

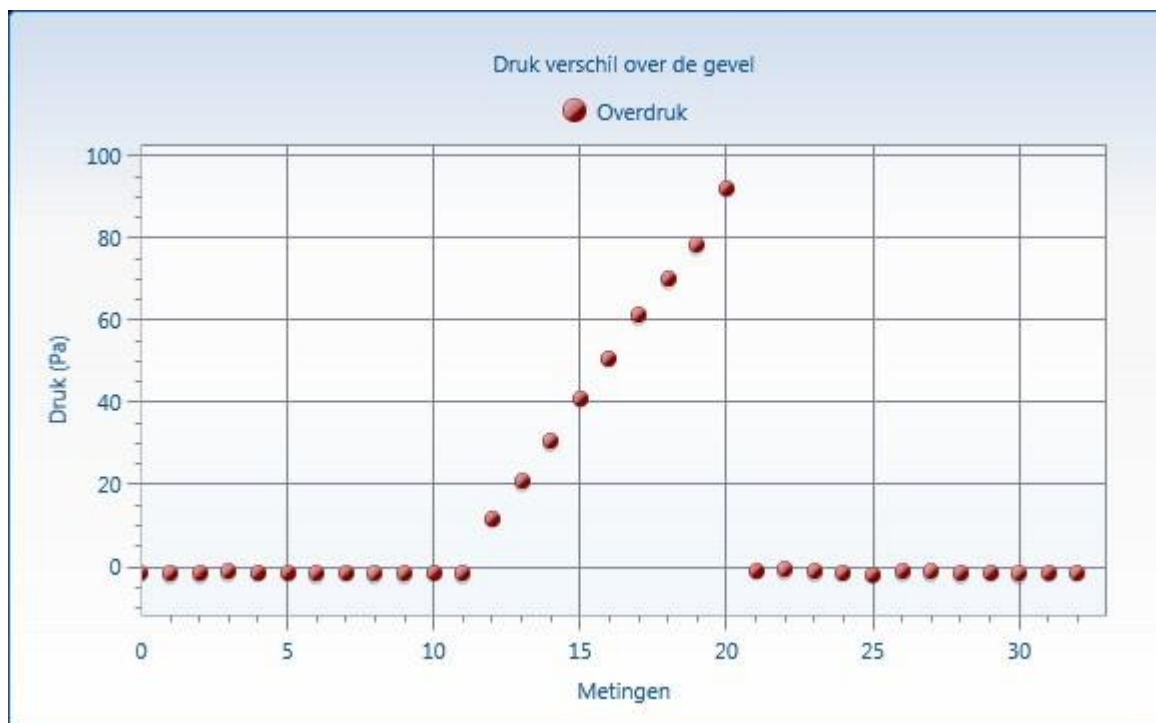
Bias, initiële [Pa]	-1,26	-1,57	-1,48	-0,98	-1,24	-1,33	-1,50	-1,45	-1,69	-1,56	-1,37	-1,47
---------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Bias, finale [Pa]	- 0,84	- 0,73	- 1,14	- 1,30	- 1,77	- 1,13	- 1,12	- 1,49	- 1,40	-1,67	-1,40	-1,39
-------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-------	-------	-------

Gebouw Stroom Overdruk gegevens



Gebouw Druk Overdruk gegevens)



Gebruikte apparatuur

	Ventilatie	Ventilatie Serie #	Ventilatie calibration	Meter	Meter Serie #	Meter Calibration
#1	Retrotec 3000SR	1746		DM32	400184	

kalibratiecertificaat Retrotec 3000SR:

Retrotec 3000SR 1746						
Bereik	n	K	K1	K2	K3	K4
Open(22)	0,5214	519,6183	-0,07	0,8	-0,115	1
A	0,503	264,9959	-0,075	1	0	1
B	0,5	174,8824	0	0,3	0	1
C8	0,5	78,5	-0,02	0,5	0,016	1
C6	0,505	61,3	0,054	0,5	0,004	1
C4	0,5077	42	0,009	0,5	0,0009	1
C2	0,52	22	0,11	0,5	-0,001	1
C1	0,541	11,9239	0,13	0,4	-0,0014	1
L4	0,48	4,0995	0,003	1	0,0004	1
L2	0,502	2,0678	0	0,5	0,0001	1
L1	0,4925	1,1614	0,1	0,5	0,0001	1

Flow in CFM using the above calibration factors is calculated as follows:

$$flow = (FP - CR \times K1)^n \times (K + K3 \times FP) \times K4$$

FP = fan pressure, CR = corrected room pressure