



# BRANDWEER

Brandweeracademie

## 'Het kan verkeren'

*Beschrijvend onderzoek naar brandontwikkeling  
en overleefbaarheid bij woningbranden*



# ‘Het kan verkeren’

Beschrijvend onderzoek naar  
brandontwikkeling en  
overleefbaarheid bij woningbranden

16 januari 2015

Instituut Fysieke Veiligheid  
Brandweeracademie  
Postbus 7010  
6801 HA Arnhem  
www.ifv.nl  
info@ifv.nl  
026 355 24 00

## Colofon

Opdrachtgever: ir. G.A.J.M. van Strien  
Contactpersoon: drs. J.C. Hazebroek MCPm  
Titel: 'Het kan verkeren' – Beschrijvend onderzoek naar  
brandontwikkeling en overleefbaarheid  
Datum: 16 januari 2015  
Status: Definitief  
Versie: 1.0  
Auteurs: drs. J.C. Hazebroek MCPm, dr. F.E. Greven,  
drs. K. Groenewegen-Ter Morssche,  
ing. R. van den Dikkenberg MCDM  
Met medewerking van: H. Frentz, drs. F.J. Vorenkamp, ing. F.B. van der Ploeg, S. Baaij,  
E.J. Huizer, dr. R. Heus, D.V. van Onna BSc., T.N. van Dijk  
Projectleider: drs. J.C. Hazebroek MCPm  
Review: ing. R.R. Hagen MPA  
Eindverantwoordelijk: dr. ir. R. Weewer

# Voorwoord

Het verheugt mij zeer u de eerste resultaten te presenteren van het onderzoek dat de Brandweeracademie en Brandweer Nederland hebben uitgevoerd naar het brandverloop en de overleefbaarheid bij woningbranden. Het is voor het eerst in de geschiedenis van de brandweer in Nederland dat op deze schaal en onder realistische omstandigheden dergelijk onderzoek is uitgevoerd. Het is uniek dat de Nederlandse brandweer in de gelegenheid was om in Zutphen in echte woningen, met een realistische wooninrichting, het moderne brandverloop te onderzoeken.

Uit zowel de praktijk als uit (buitenlands) onderzoek blijkt namelijk dat branden de laatste jaren zijn veranderd door toenemend gebruik van kunststoffen in inventaris en gebouw(isolatie). Een belangrijke vraag is wat die 'moderne branden' voor gevolgen hebben voor de bewoners. Wat betekent het daarnaast voor brandweermensen die te hulp schieten om bewoners (die niet kunnen vluchten) te redden en de brand te blussen? Onderzoek door de brandweer is daarom van groot belang en hard nodig: de brandweer *goes science*.

Dit onderzoek is 'beschrijvend' van aard voor de zes brandproeven in Zutphen. Als namelijk één ding duidelijk is geworden tijdens het onderzoek, dan is het dat kleine verschillen in de situatie een groot effect op het brandverloop kunnen hebben. Er zijn vele scenario's mogelijk, maar het is, hoe graag we dat ook zouden willen, onmogelijk om deze allemaal te bestuderen. De onderzoeksresultaten worden onder andere gebruikt als input voor het project RemBrand. Door de brandproeven in Zutphen beschikken we nu over unieke filmbeelden. Deze zullen we verwerken in voorlichtingsmateriaal en lesstof voor brandweermensen, zodat we de veiligheid voor burgers en brandweermensen verder kunnen vergroten.

Dit onderzoek is uitgevoerd met betrokkenheid en medewerking van velen. Ik wil graag iedereen die op enigerlei wijze betrokken is geweest bedanken. In de eerste plaats de gemeente Zutphen en woningbouwcorporatie Ieder1, die toestemming hebben verleend om de woningen in de wijk De Mars te gebruiken. Daarnaast wil ik de buurtbewoners en bedrijven in de buurt bedanken voor hun bereidwilligheid om enige overlast te accepteren tijdens de brandproeven. Daarnaast waren bij het onderzoek vele collega's uit het land betrokken. Collega's van de Teams Brandonderzoek hebben de onderzoekers van de Brandweeracademie ondersteund bij de metingen. Repressieve brandweercollega's hebben ons bijgestaan in de veiligheidsploeg en bij de inrichting van de testobjecten. Dagelijks waren ruim 40 brandweermensen uit het land en collega's van het IFV aanwezig bij de brandproeven. Zonder hun hulp was het niet mogelijk geweest dit onderzoek uit te voeren. Op deze wijze worden vakmanschap en wetenschap maximaal verbonden! Tot slot wil ik de financiers van dit onderzoek bedanken: Brandweer Nederland, Brandweeracademie en de NCTV.

De resultaten van dit onderzoek naar brandontwikkeling en overleefbaarheid laten zien dat dergelijk onderzoek nodig is, nuttige resultaten oplevert en dat investeren in onderzoek niet voor niets is.

Ricardo Weewer  
Lector Brandweerkunde

# Inhoud

## **1 Inleiding 8**

- 1.1 Aanleiding en achtergrond 8
- 1.2 Doel en onderzoeksvragen 9
- 1.3 Afbakening 9

## **2 Definitie vluchten en overleven 10**

- 2.1 Vluchten en overleefbaarheid 10
  - 2.1.1 Uitsluiting van onderzoek 12
- 2.2 Gevaarsbepalende factoren 12
  - 2.2.1 Blootstelling aan hitte en straling 13
  - 2.2.2 Visuele hinder ten gevolge van rook 15
  - 2.2.3 Toxische rookgassen 15
  - 2.2.4 Grenswaarden verstikkende stoffen (koolmonoxide, blauwzuur) 16
  - 2.2.5 Grenswaarden zuurstof 19
  - 2.2.6 Grenswaarden NO<sub>x</sub> (nitreuze dampen) 20
  - 2.2.7 Samenvattend: gehanteerde grenswaarden 20

## **3 Beschrijving, indeling en inrichting woningen De Mars 22**

- 3.1 Algemene beschrijving 22
- 3.2 Indeling woningen 23
  - 3.2.1 Begane grond 23
  - 3.2.2 Eerste verdieping 24
  - 3.2.3 Zolder 24
- 3.3 Inrichting 24
- 3.4 Kanttekeningen 26

## **4 Meetprotocol 28**

- 4.1 Meten in iedere ruimte 28
- 4.2 Veiligheid versus effectiviteit van metingen 30
- 4.3 Temperatuur 31
- 4.4 Stralingswarmte 31
- 4.5 Koolmonoxide/zuurstof/NO<sub>x</sub> 31
- 4.6 Rooklaag 31
- 4.7 Start meting en einde meting 32
- 4.8 Brandweerinzet 32
- 4.9 Uitwerking zes brandproeven 32

## **5 Test 1: slaapkamerbrand met binnendeuren dicht 34**

- 5.1 Startsituatie 34
  - 5.1.1 Scenario en ontstaansbron 34
  - 5.1.2 Configuratie deuren en ventilatie 34
  - 5.1.3 Meteo en tijdsverloop 34
- 5.2 Ouderslaapkamer (brandruimte) 34
- 5.3 Overloop 35
- 5.4 Babykamer 35

- 5.5 Hal 36
- 5.6 Woonkamer 36
- 5.7 Analyse test 1 37
  - 5.7.1 Temperatuuropbouw in de gehele woning 37
  - 5.7.2 Opbouw koolmonoxide in de gehele woning 37
  - 5.7.3 Opbouw NOx in de gehele woning 38
  - 5.7.4 Het geheel van test 1 overziend 38
  
- 6 Test 2: keukenbrand met binnendeuren dicht 40**
  - 6.1 Startsituatie 40
    - 6.1.1 Scenario en ontstaansbron 40
    - 6.1.2 Configuratie deuren en ventilatie 40
    - 6.1.3 Meteo en tijdsverloop 40
  - 6.2 Keuken (brandruimte) 40
  - 6.3 Woonkamer 41
  - 6.4 Hal 41
  - 6.5 Overloop 42
  - 6.6 Ouderslaapkamer 42
  - 6.7 Babykamer 42
  - 6.8 Samenvatting en analyse test 2 43
    - 6.8.1 Temperatuuropbouw in de gehele woning 43
    - 6.8.2 Opbouw koolmonoxide in de gehele woning 43
    - 6.8.3 Opbouw NOx in de gehele woning 44
    - 6.8.4 Test 2: het geheel overziend 44
  
- 7 Test 3: woonkamerbrand met haldeur open 46**
  - 7.1 Startsituatie 46
    - 7.1.1 Scenario en ontstaansbron 46
    - 7.1.2 Configuratie deuren en ventilatie 46
    - 7.1.3 Meteo en tijdsverloop 46
  - 7.2 Woonkamer 46
  - 7.3 Ouderslaapkamer 47
  - 7.4 Overloop 47
  - 7.5 Babykamer 48
  - 7.6 Hal 48
  - 7.7 Samenvatting en analyse test 3 49
    - 7.7.1 Temperatuuropbouw in de gehele woning 49
    - 7.7.2 Opbouw koolmonoxide gehele woning 50
    - 7.7.3 Opbouw NOx gehele woning 50
    - 7.7.4 Test 3: het geheel overziend 51
  
- 8 Test 4: woonkamerbrand met binnendeuren dicht 52**
  - 8.1 Startsituatie 52
    - 8.1.1 Scenario en ontstaansbron 52
    - 8.1.2 Configuratie deuren en ventilatie 52
    - 8.1.3 Meteo en tijdsverloop 52
  - 8.2 Woonkamer 52
    - 8.2.1 Tijdvak t=0 t/m t=58 53
    - 8.2.2 Tijdvak t=58 t/m t=68 53
  - 8.3 Ouderslaapkamer 54
  - 8.4 Overloop 54
  - 8.5 Babykamer 54

- 8.6 Hal 55
- 8.7 Samenvatting en analyse test 4 55
  - 8.7.1 Temperatuuropbouw in de gehele woning 55
  - 8.7.2 Stralingswarmte in de gehele woning 56
  - 8.7.3 Koolmonoxide in de gehele woning 57
  - 8.7.4 Test 4: het geheel overziend 57
  
- 9 Test 5: woonkamerbrand met voordeur open 59**
  - 9.1 Scenario en ontstaansbron 59
    - 9.1.1 Configuratie deuren en ventilatie 59
    - 9.1.2 Meteo en tijdsverloop 59
  - 9.2 Woonkamer 59
  - 9.3 Ouderslaapkamer 60
  - 9.4 Overloop 60
  - 9.5 Babykamer 61
  - 9.6 Hal 61
  - 9.7 Samenvatting en analyse test 5 62
    - 9.7.1 Temperatuuropbouw in de gehele woning 62
    - 9.7.2 Stralingswarmte in de gehele woning 62
    - 9.7.3 Koolmonoxide in de gehele woning 63
    - 9.7.4 NOx in de gehele woning 64
    - 9.7.5 De vijfde brandproef overziend 64
  
- 10 Test 6: slaapkamerbrand met binnendeuren open 66**
  - 10.1 Scenario en ontstaansbron 66
    - 10.1.1 Scenario en ontstaansbron 66
    - 10.1.2 Configuratie deuren en ventilatie 66
    - 10.1.3 Meteo en tijdsverloop 66
  - 10.2 Ouderslaapkamer (brandruimte) 66
  - 10.3 Overloop 67
  - 10.4 Babykamer 67
  - 10.5 Hal 68
  - 10.6 Woonkamer 68
  - 10.7 Samenvatting en analyse test 6 69
    - 10.7.1 Temperatuuropbouw gehele woning 69
    - 10.7.2 Opbouw koolmonoxide gehele woning 69
    - 10.7.3 Opbouw NOx gehele woning 70
    - 10.7.4 Het geheel van test 6 overziend 70
  
- 11 Een andere afloop? 72**
  - 11.1 Inleiding 72
  - 11.2 Alternatief brandproef 1 72
  - 11.3 Alternatief brandproef 6 74
  
- 12 Analyse en conclusies 76**
  - 12.1 Brandverloop 76
  - 12.2 Analyse vluchten en overleefbaarheid 78
  - 12.3 Alles overziend 81
  
- 13 Bijvangst 83**
  
- 14 Literatuurlijst 84**

- 15 **Bijlage 1: Metingen test 1 86**
- 16 **Bijlage 2: metingen test 2 100**
- 17 **Bijlage 3: metingen test 3 116**
- 18 **Bijlage 4: metingen test 4 132**
- 19 **Bijlage 5: metingen test 5 148**
- 20 **Bijlage 6: metingen test 6 163**
- 21 **Bijlage 7: Woninginrichting 182**
- 22 **Bijlage 9: Meteo 185**



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding en achtergrond

De brandproeven die zijn uitgevoerd door de Brandweeracademie naar brandverloop en overleefbaarheid in woningen vinden plaats tegen de achtergrond van de volgende landelijke cijfers:

- Jaarlijks zijn er circa 14.000 branden in woningen en bedrijven
- Bij brand vallen jaarlijks gemiddeld 32 doden<sup>1</sup> en tussen de 800 en 900 gewonden<sup>2</sup>.

De verwachting is dat door de vergrijzing, in combinatie met het toenemende aantal zelfstandig wonende verminderd zelfredzamen, het aantal slachtoffers bij brand de komende jaren zal stijgen met 16 procent<sup>3</sup>.

Voorts hebben de circa 14.000 branden in woningen en bedrijven, tezamen met de circa 20.000 buitenbranden, een negatief effect op de gezondheid van omwonenden en op het milieu (lucht, water, grond). Tevens is er met name bij grote, industriële branden soms sprake van (beperkte) maatschappelijke ontwrichting, doordat inwoners en bedrijven in verband met rookoverlast moet worden geadviseerd binnen te blijven en ramen en deuren te sluiten.

De gezamenlijke brandweerkorpsen hebben hun strategische ambitie vastgelegd in 'de Brandweer overmorgen' waarin onder andere is opgenomen:

- De brandweer wil het aantal slachtoffers (burgers en brandweerpersoneel) bij brand minimaliseren
- De brandweer wil de effectiviteit van de brandweerinzet vergroten, met als gevolg minder economische schade, minder maatschappelijke ontwrichting en minder milieubelasting.

Het uitvoeren van deze strategische ambities vergt inzicht in de wijze waarop brandverloop in woningen plaatsvindt, zodat de brandweer in alle schakels van de veiligheidsketen (betere) maatregelen kan nemen om branden te voorkomen en de effecten van branden te beperken.

Verder merken brandweermensen in de praktijk dat woningbranden veranderd zijn ten opzichte van (ongeveer) 20 jaar geleden. Branden lijken als gevolg van andere meubels en betere isolatie heter te worden, sneller te ontwikkelen en tegelijkertijd minder vaak uitslaand te worden. Deze veronderstelde wijziging in het brandverloop zou wellicht andere risico's bij de brandweerinzet tot gevolg kunnen hebben en om een andere benadering van branden kunnen vragen. Om die reden dient onderzoek plaats te vinden naar de wijze waarop brandverloop plaatsvindt.

---

<sup>1</sup> Duyvis, M.G., Groenewegen-Ter Morsche, K., Kobes, M., Mertens, C. & Rossum, W. van (2013). *Fatale woningbranden 2008 t/m 2012: een vergelijking*. Arnhem: IFV.

<sup>2</sup> Brandweerstatiek 2012, CBS.

<sup>3</sup> IFV, lectoraat brandpreventie, 2014

## 1.2 Doel en onderzoeksvragen

De doelstelling van dit onderzoek is het in kaart brengen van het brandverloop bij een woonkamer-, keuken- en slaapkamerbrand in een woning die veel voorkomt in Nederland met een inrichting die in veel huishoudens in Nederland gebruikelijk is. In het kader van het landelijk project RemBrand en vanwege het optimaliseren van les- en leerstof voor de brandweer is ook de overleefbaarheid in de brandruimte en andere ruimtes van dezelfde woning in kaart gebracht.

Onderzoeksvraag 1:

*Hoe is het brandverloop bij een woonkamer-, keuken- en slaapkamerbrand in een woning die veel voorkomt in Nederland, met een inrichting die in veel huishoudens in Nederland gebruikelijk is en waarbij (binnen)deuren open en gesloten kunnen zijn?*

Onderzoeksvraag 2:

*Hoe is de overleefbaarheid voor slachtoffers bij een woonkamer-, keuken- en slaapkamerbrand in een woning die veel voorkomt in Nederland, met een inrichting die in veel huishoudens in Nederland gebruikelijk is en waarbij (binnen)deuren open en gesloten kunnen zijn?*

## 1.3 Afbakening

Nederland kent een groot aantal typen woningen met ieder een eigen bouwwijze en indeling. Hierbij kan onder andere gedacht worden aan tussenwoningen, appartementen, flatwoningen, aanleunwoningen en 'wonen boven winkels' in oude stadskernen. Deze diverse typen woningen zijn veelal opgebouwd uit enkel- of dubbelsteens baksteen (met en zonder isolatie in spouw), hout, beton of kunststof en hebben in de meeste gevallen een pannen- of bitumen dak. Verder varieert de inrichting van woningen qua type, materiaal en exacte positie van meubels. Tot slot varieert ook het gebruik van woningen: het aantal bewoners per woning en de wijze waarop deze bewoners hun leven (en leefomgeving) indelen. Hiermee kan – relevant voor brand- en rookontwikkeling – gedacht worden aan het ventilatieregime van woningen, de mate van 'opgeruimdheid', maar ook aan de wijze waarop onderhoud aan de elektrische installatie wordt uitgevoerd. Op grond van genoemde overwegingen moet vooraf vastgesteld worden dat er in Nederland een bijna oneindige variatie bestaat als het gaat om woningen en inrichtingen. Dé Nederlandse woning en dé Nederlandse inrichting bestaat niet. Tegelijkertijd bestaan er veelal wel degelijk sterke overeenkomsten als het gaat om indeling en inrichting.

Om een indruk te krijgen van het brandverloop in Nederlandse woningen is een zestal brandscenario's uitgevoerd in tussenwoningen in Zutphen die inhoudelijk later worden toegelicht. Het onderzoek is beschrijvend van aard en heeft niet de ambitie om een alomvattende beschrijving te geven van hét brandverloop in dé Nederlandse woning. Tegelijkertijd worden er tussen de zes brandscenario's wel overeenkomsten en verschillen gezocht in termen van overleefbaarheid en brandverloop.

# 2 Definitie vluchten en overleven

Zoals eerder aangegeven is de doelstelling van het onderzoek het in kaart brengen van het brandverloop en de overleefbaarheid bij een woningbrand. Om die reden dienen de factoren te worden vastgesteld die gezamenlijk zorgdragen voor brandverloop en overleefbaarheid.

De volgende factoren zijn op basis van literatuuronderzoek<sup>4</sup> als relevant aangemerkt:

- Temperatuurontwikkeling in graden Celsius in de tijd in de verschillende ruimtes van de woning;
- Ontwikkeling stralingshitte in de tijd in de verschillende ruimtes van de woning;
- Aanwezige koolmonoxide (CO) -, stikstofdioxide (NOx)- en zuurstof (O<sub>2</sub>)-percentages in de loop van de tijd in de diverse verblijfs- en verkeersruimten;
- Rookverspreiding in de tijd in de verschillende ruimtes in de woning.

Deze factoren zullen bij de brandproeven in kaart worden gebracht om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvragen. Op basis van internationaal praktijkonderzoek<sup>5</sup> en een pre-test die op 18 september 2014 is uitgevoerd, is vastgesteld dat een belangrijk element bij bovenstaande factoren het effect is van openstaande dan wel gesloten deuren op zowel rookverspreiding als brandontwikkeling. In de zes scenario's is daarom aandacht besteed aan de mogelijkheid om de brand- en rookverspreiding bij een deur open te kunnen vergelijken met de brand- en rookverspreiding bij een gesloten deur in relatie tot de mate van overleefbaarheid.

## 2.1 Vluchten en overleefbaarheid

Om vast te kunnen stellen in hoeverre een ruimte voor eventuele slachtoffers overleefbaar is, dient eerst gedefinieerd te worden welke factoren van invloed zijn op overleefbaarheid en welke meetwaarden daaraan gekoppeld dienen te worden. Hetzelfde geldt voor (onbelemmerd) vluchten. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat een slachtoffer, totdat dit niet meer mogelijk is, kan en wil vluchten. Als men echter niet meer kan vluchten, wil dit niet zeggen dat er geen overleefbare situatie meer is. Ook al raakt een slachtoffer bedwelmd, de situatie is pas 'verloren' als door hitte, straling, koolmonoxide en/of NOx een slachtoffer komt te overlijden. Een belangrijke overweging hierbij is dat de grenswaarden voor vluchten en overleven om vier redenen arbitrair zijn:

- Er is geen 100 procent eenduidigheid in de definiëring van 'overleefbaarheid' en 'vluchten'. In literatuur worden verschillende begrippen genoemd als letaliteit, levensbedreigende waarde, et cetera.

---

<sup>4</sup> Purser, D. (2002). Toxicity Assessment of Combustion Products. In: *SFPE handbook of fire protection engineering*, P.J. DiNenno (Ed.). Quincy: National Fire Protection Association ; Gann, R.G., Averill, J.D., Butler, K.M., Jones, W.W., Mulholland, G.W., et al. (2001). *International Study of the Sublethal Effects of Fire Smoke on Survivability and Health (SEFS): Phase I Final Report*. Washington: NIST.

<sup>5</sup> NIST en UL, Governors Island experiments

- Enkele definities noemen echter een situatie letaal als 1 procent van de populatie overlijdt; andere definities gaan uit van 50 procent van de populatie.
- Bovendien worden overleefbaarheid en onbelemmerd vluchten niet alleen bepaald door 'harde' instantane grenswaarden, maar ook door de totale hoeveelheid dosis van de betreffende stof die men oploopt.
- Bij brand wordt de gezondheid van slachtoffers maar zelden slechts door één factor bedreigd. Wanneer er bijvoorbeeld sprake is van koolmonoxide (CO), is er veelal ook sprake van NOx en andere verbrandingsgassen. Waar een hoge temperatuur is, is veelal ook sprake van hittestraling (en CO en NOx). De onderlinge invloed van deze factoren op elkaar is amper kwantificeerbaar.

Er is een literatuurstudie uitgevoerd om grenswaarden te bepalen voor vijf onderkende gevaarselementen: (hoge) temperatuur, (hoge) warmtestraling, koolmonoxide, NOx en een laag percentage zuurstof.

Binnen dit onderzoek is voor het criterium 'overleefbaarheid' uitgegaan van 50 procent letaliteit onder de populatie indien die specifieke situatie zich voordoet. Dat betekent automatisch dat een belangrijke kanttekening gemaakt moet worden ten aanzien van de conclusies van dit onderzoek: waar hier gesteld wordt dat een situatie niet meer overleefbaar is, kan het zijn dat een slachtoffer in de praktijk nog wel degelijk leeft. Uitgaan van 100 procent letaliteit zou echter betekenen dat het overgrote deel van de populatie al eerder zou overlijden dan de waarde die in dit rapport is weergegeven. Hiermee wordt afgeweken van de interventiewaarden zoals die onder andere worden toegepast om te bepalen in hoeverre de bevolking moet worden geïnformeerd of gealarmeerd om gezondheidsschade te voorkomen of beperken bij grote incidenten met gevaarlijke stoffen.

Een brand in een woning verandert in korte tijd een huis in een gevaarlijke omgeving waarin hitte, verminderd zicht door de rook, zuurstoftekort en giftige rookgassen de veiligheid van aanwezige persoon of personen bedreigen. Voor mensen vormen hete giftige rookgassen in bij brand het grootste probleem. Door de hoge temperatuur van de rook kunnen de longen snel verbranden en kan er vocht in de longen ontstaat. De rook bestaat uit een complex mengsel van deeltjes, verstikkende stoffen zoals CO en blauwzuurgas (HCN), en irriterende stoffen zoals NOx en waterstofchloride (HCl).

In deze rapportage wordt uitgegaan van twee *tenability limits* (overleefbaarheidsgrenzen):

- Overleefbaarheid: de grens waarboven aangenomen wordt dat de kans op overleven fors afneemt en de kans op lange termijn gezondheidsschade groot is. De kans op overleven boven deze grens is dus niet '0', maar wel beperkt.
- Vluchthinder: de grens waarboven mensen met een gemiddelde gevoeligheid gehinderd worden in de mogelijkheid om te vluchten. Dit wordt gedefinieerd als 'voor 50 procent van de populatie is het boven deze grens onmogelijk zelfstandig te vluchten'.

Indien een bewoner wil vluchten vanuit een bepaalde ruimte, kan hij (bij de woning die gebruikt is in de brandproeven, zie voor een plattegrond hoofdstuk 3) alleen vanuit de hal en de woonkamer/keuken direct naar buiten. Dat betekent dat een bewoner vanuit andere ruimten dan de hal en woonkamer/keuken door een andere ruimte moet vluchten. Hieruit blijkt dat niet alleen de omgevingscondities in de ruimte waar men gewaarschuwd wordt relevant zijn, maar dat ook de omgevingscondities in de vluchtroute geanalyseerd moeten worden. Voor de volgende ruimtes wordt de vluchtroute als volgt samengesteld:

Tabel 2.1: Ontvluchtingsroutes

Ruimte	Route
Ouderslaapkamer	Overloop, hal
Babykamer	Overloop, hal
Overloop	Hal
Woonkamer	Hal (met extra uitgang via keuken)

Bij de analyse van de effecten van de schadelijke omgevingsfactoren in een brandende woning wordt uitgegaan van een maximale vluchttijd van 100 seconden; gebaseerd op een inschatting van een ruim genomen tijd die een ouder met een jong kind op de arm nodig heeft om de uitgang te bereiken.

### 2.1.1 Uitsluiting van onderzoek

Het onderzoek is beschrijvend van aard en heeft niet de ambitie om elk aspect van de overleefbaarheid in Nederlandse woningen te behandelen. We geven hieronder enkele aspecten die in het rapport niet verder worden uitgewerkt, maar die wel invloed hebben op de overleefbaarheid in brandende woningen en de gezondheid van de bewoners.

- Om een brandend pand veilig te kunnen ontvluchten moet de beschikbare tijd om te vluchten (Aset) groter zijn dan benodigde tijd om te vluchten (Reset)<sup>6</sup>. Er zit over het algemeen vertraging tussen de aanvang van de vlucht en het moment waarop de brand begint. Deze zogenaamde *wake up* tijd is voor de overleefbaarheid van belang, maar wordt verder in het rapport buiten beschouwing gelaten.
- Uiteraard is er verschil tussen de zelfredzaamheid van volwassenen, ouderen, hele jonge en lichamelijk en geestelijke beperkte bewoners van een woning. Hetzelfde geldt voor de mate waarin zij lichamelijk de effecten van hitte en rook kunnen verdragen. Omdat het ondoenlijk is binnen de scope van dit onderzoek voor al deze groepen separaat de zelfredzaamheid en overleefbaarheid te analyseren, wordt hier uitgegaan van een volwassen, zelfredzame bewoner.
- Bij branden is bekend dat mensen zich soms nog wel in veiligheid kunnen stellen, maar nadien alsnog kunnen overlijden aan ontstekingsreacties in de luchtwegen en longen. Bij de letselcriteria voor zelfredding wordt alleen rekening gehouden met de vraag of men zich in veiligheid heeft kunnen stellen<sup>7</sup>. Dit rapport beperkt zich uitdrukkelijk tot het in veiligheid stellen.

## 2.2 Gevaarsbepalende factoren

In dit onderzoek zijn, op basis van een literatuurstudie, slechts enkele van de gevaarsbepalende factoren gemeten (temperatuur, warmtestraling, koolmonoxide, NOx en zuurstof). Iedere factor zal hieronder afzonderlijk besproken worden. Vanwege combinaties met de andere factoren betekent dat over het algemeen dat de beschikbare tijd om te vluchten verder wordt beperkt.

<sup>6</sup> Aset staat voor: available safe egress time. Reset betekent: required safe egress time.

<sup>7</sup> Adviesraad Gevaarlijke Stoffen (2012). *Visie op ontwikkeling van letselcriteria voor preventief gebruik door hulpverleningsdiensten*.

De fysische en chemische factoren, die bepalen of een situatie nog overleefbaar dan wel ontvluchtbaar is, zijn:

- Blootstelling aan hitte en straling
  - a. Huidverbranding
  - b. Verbranding hogere luchtwegen
- Visuele hinder ten gevolge van rook
- Toxische rookgassen
  - a. verstikkende stoffen (koolmonoxide en waterstofcyanide)
  - b. irriterende stoffen.

Deze factoren zullen hieronder worden toegelicht.

## 2.2.1 Blootstelling aan hitte en straling

Het Ministerie voor Verkeer en Waterstaat heeft in haar *Leidraad scenarioanalyse ongevallen in tunnels* uit 2003 (pagina 50-51) het volgende gesteld ten aanzien van thermisch letsel door temperatuur: Mensen die zich in hete lucht of rook bevinden kunnen door twee mechanismen letsel oplopen:

- huidverbranding
- longverbranding.

Op basis van Lemaire (2002) volgt onderstaande tabel met vermelding van temperatuurseffecten op mensen, gebaseerd op droge lucht:

Tabel 2.2: Temperatuur versus responsie op huid en ademhaling

Temperatuur (°C)	Responsie
127	Moeilijk ademen
140	Tolerantielimit vijf minuten
149	Moeilijk door mond ademen, grens voor vluchten
160	Ondraaglijke pijn
182	Onomkeerbare schade in 30 seconden
200	Ademhalingssysteem bezwijkt binnen vier minuten

Onder de 70 °C kan men oncomfortabel, maar wel veilig, langere tijd verblijven. Tussen 70 en 150 °C geeft Lemaire (2002) onderstaande betrekking tussen de maximale blootstellingsduur  $t$  in seconden en de temperatuur  $T$  in °C:

$$t = 5.33 \cdot 10^8 \cdot (1 / T^{3.66})$$

Boven 150 °C ontstaan binnen vijf minuten huidbrandwonden. Voor blootstelling aan warmte in een 'watermist' omgeving, die ontstaat na gebruik van een sprinkler, wordt conform de PIARC-richtlijn gesteld dat bij een temperatuur van 50 °C de warmteoverdracht naar de huid ten opzichte van een droge omgeving sterk toegenomen is. Daarnaast neemt de kans op condensatie in de longen zodanig toe dat letaliteit optreedt.

TNO (1998) heeft op basis van een artikel van Charters (1992) de volgende functie voorgesteld. Uitgangspunt is dat bij 60 °C geen letaal letsel optreedt en bij 200 °C 100% letaal letsel:

$$\text{Overlijdenskans} = t / 60 \cdot \exp(5,1849 - 0,0273(T - 273))^8$$

Waarbij, t = blootstellingstijd in seconden, T = temperatuur in graden Kelvin.

Dit resulteert in onderstaande tabel, waarin als functie van verblijfstijd en temperatuur letaliteit is weergegeven.

Tabel 2.3: Relatie temperatuur en verblijfstijd

		Temperatuur					
		Celsius	70	80	100	150	190
tijd (s)	Kelvin	343	353	373	423	463	
10		0,6%	0,8%	1,4%	5,6%	16,7%	
30		1,9%	2,5%	4,3%	16,8%	50,1%	
50		3,2%	4,1%	7,2%	28,0%	83,5%	
60		3,8%	5,0%	8,6%	33,6%	100,0%	
120		7,6%	9,9%	17,2%	67,3%	100,0%	
300		18,9%	24,9%	42,9%	100,0%	100,0%	
600		37,9%	49,7%	85,9%	100,0%	100,0%	
1200		75,7%	99,5%	100,0%	100,0%	100,0%	

Samenvattend worden voor verblijf in een warme omgeving in dit onderzoek de volgende kritieke waarden voorgesteld:

- Droge omgeving
  - *Hinderlijk*: temperatuur = 70 °C (oncomfortabel, maar wel veilig, langere tijd te verblijven)
  - *Letaal*: temperatuur = 150 °C (er ontstaan binnen vijf minuten brandwonden op de huid).
- Vochtige omgeving
  - *Letaal*: temperatuur = 50 °C indien een vochtige omgeving.

Binnen dit onderzoek wordt uitgegaan van brand in een woonomgeving waarbij de brandweerinzet (vocht) niet wordt meegenomen. Daarom wordt in dit onderzoek uitgegaan van een droge omgeving en wordt de vochtige omgeving uitgesloten.

Binnen dit onderzoek wordt op grond van bovenstaande overweging uitgegaan van:

- Grenswaarde onbelemmerd vluchten: 150 °C op 180 cm hoogte
- Letaal letsel: > 150 °C op 50 cm hoogte.

<sup>8</sup> Purser, D. (2002). Toxicity Assessment of Combustion Products. In: *SFPE handbook of fire protection engineering*, P.J. DiNenno (Ed.). Quincy: National Fire Protection Association.

Het Ministerie voor Verkeer en Waterstaat heeft in haar *Leidraad scenarioanalyse ongevallen in tunnels* (2003) (pagina 52-53) het volgende gesteld ten aanzien van letsel door warmtestraling: ook door de warmtestraling uitgezonden door hete gassen en vaste oppervlakken, buiten het vlam bereik en de hete rookgaszone, kunnen personen door hitte worden bedreigd. Hierbij is maatgevend:

- intensiteit van de warmtestraling die invalt op de huid
- tijdsduur van blootstelling
- plaats die aan de warmtestraling wordt blootgesteld.

Eerstegraads brandwonden ontstaan na 20 seconden blootstelling aan  $7.3 \text{ kW/m}^2$  of na 100 seconden aan  $2.1 \text{ kW/m}^2$ . Bij een vluchtperiode van 100 seconden en een stralingsniveau van  $6 \text{ kW/m}^2$  zal circa de helft van de vluchtenden omkomen, terwijl bij  $2 \text{ kW/m}^2$  de helft eerstegraads brandwonden zal oplopen. De relaties gelden voor een naakte huid (zoals handen en hoofd).

Overigens is in de CPR 16E niet duidelijk aangegeven of het schadeniveau 'dodelijk' uitgaat van bijvoorbeeld een normaal gekleed persoon met een beperkt percentage naakte huid (handen, hoofd). Bij een door kleding beschermde huid is de warmtestraling niet alleen bepalend voor de optredende schade. De huidtemperatuur wordt ook bepaald door de kledingisolatie, die onder andere beïnvloed wordt door de dikte van de stof, het aantal luchtlagen tussen kledinglagen en de mate waarin kleding zelf ontsteekt of verbrandt.

Samenvattend worden voor straling een tweetal kritieke waarden voorgesteld, gebaseerd op het effect na 100 seconden:

- *Hinderlijk*: stralingsflux =  $2 \text{ kW/m}^2$  (helft vluchtenden eerstegraads brandwonden)
- *Letaal*: stralingsflux =  $6 \text{ kW/m}^2$  (helft vluchtenden zal omkomen).

Op grond van bovenstaande informatie worden voor dit onderzoek de volgende grenswaarden vastgesteld:

- Onbelemmerd vluchten:  $2 \text{ kW/m}^2$
- Letaal:  $6 \text{ kW/m}^2$ .

## 2.2.2 Visuele hinder ten gevolge van rook

Doordat rook in een ruimte steeds dichter wordt, neemt voor de bewoner de mogelijkheid af om zich te oriënteren. Bij een bepaalde rookdichtheid kunnen mensen deuren, muren en dergelijke niet meer onderscheiden en raken ze zelfs in een bekende omgeving gedesoriënteerd. Rookdichtheid is een belangrijke factor die vluchthinder veroorzaakt. De vluchtsnelheid neemt verder af als de rook irriterende stoffen bevat (Jin & Yamada, 1985).

Hoewel de hoogte van de rooklaag binnen dit onderzoek in kaart is gebracht, is er geen meting toegepast ten aanzien van de dichtheid van de rook. Visuele hinder door rook wordt daarom in de analyse van de conditie van een ruimte wel visueel beoordeeld, maar niet als apart criterium vermeld.

## 2.2.3 Toxische rookgassen

De belangrijkste toxische rookgassen zijn onder te verdelen in twee typen: de verstikkende of asfyxiërende stoffen en de prikkelende of irriterende stoffen.

### *Asfyxiërende stoffen*

Asfyxiërende stoffen zijn stoffen die, als ze worden ingeademd, geen luchtweg- of longbeschadiging teweegbrengen. Deze stoffen worden echter door het lichaam geabsorbeerd, waarna zij elders in het lichaam hun effecten uitoefenen (Meulenbelt, De Vries & Joore, 1996). De meest relevante asfyxiërende stoffen bij een brand zijn koolmonoxide en waterstofcyanide. Beide stoffen interfereren met de zuurstofvoorziening in



het lichaam, wat resulteert in een depressie van het centraal zenuwstelsel met bewustzijnsverlies en uiteindelijk de dood. Het effect van asfyxiërende stoffen wordt door de geaccumuleerde dosis in het lichaam bepaald (zie verder 2.2.4).

#### *Irriterende stoffen*<sup>9</sup>

Er kan bij irriterende stoffen onderscheid gemaakt worden tussen verschillende verbindingen op basis van de wateroplosbaarheid. De eerste groep bestaat over het algemeen uit stoffen die (zeer) goed in water oplossen, zoals waterstofchloride ('zoutzuur') en zwaveldioxide. Deze stoffen reageren snel met het slijmvlies van ogen, neus, keel en luchtwegen. Dit leidt bij relatief lage concentraties al tot onder andere tranende ogen, keelpijn, hoesten en een brandend gevoel achter het borstbeen. Deze effecten hebben invloed op de mogelijkheid tot vluchten, verhevigend de effecten van de visuele hinder door rook en zijn vooral afhankelijk van de concentratie waaraan men is blootgesteld. Het tweede type irriterende stoffen, zoals NO<sub>x</sub> (stikstofoxiden) dringt dieper in de longen door en veroorzaakt ontstekingsreacties, maar kan onder andere ook longoedeem veroorzaken. De effecten dieper in de longen zijn vooral afhankelijk van de dosis en treden bovendien wat later op (tot vele uren later). Hierdoor hebben deze stoffen vooral een effect op de gezondheid op het moment dat men al uit een brandend pand is gevlucht of bevrijd. Daarnaast leidt het inademen van roet en fijn stof ook tot latere gezondheidseffecten. Complicerend is verder nog dat ook in water oplosbare stoffen bij hogere concentraties, of wanneer deze verbindingen aan deeltjes zijn geadsorbeerd, diep in de longen kunnen doordringen en ernstige effecten kunnen veroorzaken.

Geconcludeerd kan worden dat een bewoner tijdens een brand blootgesteld wordt aan meerdere gevaarsaspecten tegelijkertijd. Enkele van deze aspecten (hitte, straling, CO, NO<sub>x</sub>, gebrek aan zuurstof) zijn gemeten in het huidige onderzoek, maar er bestaan geen gevalideerde modellen om de invloed van deze vijf aspecten in combinatie te bepalen. Om die reden worden de aspecten apart behandeld en leiden de uitkomsten per aspect tot een onderschatting van het gecombineerde effect van het totaal.

#### **2.2.4 Grenswaarden verstikkende stoffen (koolmonoxide, blauwzuur)**

Het NVIC (Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum) geeft<sup>10</sup> in tabel 1.4 de relatie weer tussen symptomen en HbCO-gehalten (koolmonoxide in bloed). Dit is overigens slechts een indicatie van de potentiële ernst van de blootstelling. De HbCO-gehalten hangen in belangrijke mate af van de dosis koolmonoxide waaraan men is blootgesteld.

---

<sup>9</sup> Mede ontleend aan: Gann, R.G., Averill, J.D., Butler, K.M., Jones, W.W., Mulholland, G.W., et al. (2001). *International Study of the Sublethal Effects of Fire Smoke on Survivability and Health (SEFS): Phase I Final Report*. Washington: NIST.

<sup>10</sup> Op de website [www.vergiftigingen.info](http://www.vergiftigingen.info) (© 2006-2014 UMC Utrecht).

Tabel 2.4: Effect HbCO-gehaltenes in bloed

HbCO(%)	Symptomen
0,3-0,7	Normale range ten gevolge van endogene CO-productie, geen bekende nadelige effecten
1-5	Afname O2-capaciteit bloed, meestal gecompenseerd
10	Geen merkbare effecten behalve dyspnoe bij zware inspanning, mogelijk bandgevoel voorhoofd
15-20	Hoofdpijn, oorsuizen, potentieel ernstige intoxicatie indien tevens pre-existente cardiovasculaire afwijkingen
20	Dyspnoe bij matige inspanning, hoofdpijn (bonzend), lethargie, misselijkheid
20-40	Ernstige hoofdpijn, misselijkheid, braken, duizeligheid
30	Hoofdpijn, prikkelbaarheid, vermoeidheid, afname beoordelingsvermogen, mogelijk duizeligheid, afname visus
30-40	Ernstige hoofdpijn, hartkloppingen, misselijkheid, duizeligheid, verwarring, syncope
40-50	Visusdaling, valneiging, retinabloedingen, hoofdpijn, verwarring, collaps, zwakte bij inspanning
50-60	Coma, convulsies
>60	Letaal
60-70	Bewustzijnsverlies, convulsies, respiratoire insufficiëntie, letaal
80	Snel fataal

Het is belangrijk te beseffen dat het bij een koolmonoxidevergiftiging gaat om de dosis die iemand heeft ingeademd en niet louter om de concentratie waaraan men is blootgesteld.

Hoewel HCN (waterstofcyanide) niet in het onderzoek is gemeten, is het belangrijk om te realiseren dat HCN eveneens een belangrijk gas is binnen de categorie asfyxiërende stoffen. Het werkingsmechanisme van HCN is weliswaar anders dan van koolmonoxide, maar de fysiologische effecten komen sterk overeen. HCN is ongeveer 25 keer toxischer dan CO.

Volgens ISO 13571 (International Organization for Standardization, 2007) kunnen de *tenability limits* voor asfyxiërende stoffen als volgt worden bepaald:

$$FED = \sum_{t_1}^{t_{\infty}} \frac{\varphi_{CO}}{35000} v_{CO_2} \Delta t + \sum_{t_1}^{t_{\infty}} \frac{\exp(\varphi_{HCN}/43)}{220} v_{CO_2} \Delta t$$

Figuur 2.1: Combinatieregel om een fractional effective dose (FED) te bepalen voor asfyxiërende stoffen (koolmonoxide en waterstofcyanide)

De fractional effective dose (FED) houdt rekening met zowel de aanwezigheid van koolmonoxide als van waterstofcyanide. In ISO 13571 geldt dat FED=1 de bovengrens is waarboven mensen met een gemiddelde gevoeligheid niet meer kunnen vluchten. Indien

rekening gehouden wordt met meer gevoelige personen (er bestaat een grote spreiding in gevoeligheid) wordt  $FED=0,3$  aangehouden om mensen in de meeste gevallen veilig te laten vluchten. Aangezien in dit onderzoek wordt uitgegaan van volwassenen, zelfredzame bewoners wordt  $FED=1$  aangehouden. De mogelijkheid om te vluchten kan dus al eerder afwezig zijn ( $FED\ 0-0,3$ : 11,4 procent van de populatie) en de zekerheid dat iemand zal overlijden is nooit 100 procent.

Bij veel branden neemt de concentratie van HCN toe wanneer de concentratie CO toeneemt. Door Wang, Jia en Galea (2010) is berekend dat de concentraties van beide stoffen direct tot elkaar in verhouding staan. Aangezien de invloed van HCN in brandsituaties zeer belangrijk is, hebben we op basis van Wang et al. (2010) in dit onderzoek de FED berekend door uit te gaan van de aanwezigheid van HCN (per ppm CO 0,05 ppm HCN).

Het blijkt dat het vaststellen van een exacte grens waarbij sterfte optreedt niet goed mogelijk is. Binnen de context van dit onderzoek is het echter wel zeer gewenst om een grove indicatie te kunnen geven. In de literatuur wordt vaak aangenomen dat een CO-concentratie van 12.800 ppm (Struttman, Scheerer, Prince & Goldstein, 1998) tot sterfte leidt binnen drie minuten. Om die reden hanteren wij de volgende redenering om naast de vluchtmogelijkheden toch ook een conservatieve indicatie te kunnen geven van de tijd-tempo factor waarop een bewoner komt te overlijden als gevolg van koolmonoxidevergiftiging:

- Koolmonoxide is (bij brand) nooit de enige factor waar een slachtoffer aan wordt blootgesteld. Dit is in ieder geval blauwzuur, maar ook andere stoffen als acroleïne. Daarom is het getal 12.800 ppm optimistisch: in de praktijk zal men eerder overlijden omdat naast de concentratie koolmonoxide ook de concentratie blauwzuur en acroleïne een rol spelen in de overleefbaarheid.
- Er zullen altijd verschillen bestaan in de ernst van het effect dat koolmonoxide (en andere stoffen) op het menselijk lichaam hebben.
- In de omgeving van een brand is naast een hoge concentratie koolmonoxide ook een laag zuurstofpercentage aanwezig, hetgeen de schadelijke werking van koolmonoxide versterkt.

In de literatuur<sup>11</sup> zijn de volgende waarden en effecten met betrekking tot overleefbaarheid omschreven:

- Na een uur in een stabiele concentratie van 1600 ppm koolmonoxide komen mensen te overlijden
- Na drie minuten in een stabiele concentratie van 12800 ppm koolmonoxide komen mensen te overlijden.

Verder stellen Struttman et al. dat er geen exact lineair verband bestaat tussen overlevingstijd en concentratie koolmonoxide. Op basis van bovenstaande getallen veronderstellen we voor dit onderzoek dat de gevonden waarde van 12.800 ppm per drie minuten voor dit onderzoek indicatief kan worden geëxtrapoleerd. Hierbij dient aangetekend te worden dat dit waarschijnlijk een optimistische inschatting betreft, aangezien de werking van koolmonoxide wordt versterkt door de combinatie met zuurstoftekort en hitte(straling):

- 12.800 ppm – maximale overlevingstijd drie minuten;
- 6400 ppm – maximale overlevingstijd zes minuten (halve concentratie van 12800 ppm die dan indicatief dubbel ondergaan kan worden);
- 3200 ppm – maximale overlevingstijd twaalf minuten (kwart concentratie van 12800 ppm die dan indicatief vier keer zo lang ondergaan kan worden);

---

<sup>11</sup> Struttman, T., Scheerer, A., Prince, S. & Goldstein, L. (1998). Unintentional carbon monoxide poisoning from an unlikely source. *Journal of the American board of family practice*, 11, 481-484.

- 1600 ppm – maximale overlevingstijd vierentwintig minuten (1/8<sup>e</sup> concentratie van 12800 ppm die dan indicatief acht keer zo lang ondergaan kan worden).

### 2.2.5 Grenswaarden zuurstof

Uit de rapportage *De veiligheids- en gezondheidseffecten van werken in een besloten hypoxische omgeving* (Van Raaij & Schefferlie, 2006) is de hierna volgende informatie ontleend.

Bij afname van het percentage zuurstof doen de volgende symptomen zich voor, waarbij de ernst oploopt naarmate het percentage zuurstof in de lucht daalt:

- Verhoogde ademfrequentie (en ademvolume)
- Verhoogde hartfrequentie/hart-output
- Verminderd nachtzicht
- Lichte neurologische verschijnselen (verminderd zichtvermogen, reductie visuele discriminatie, toename reactietijd, toename in fouten tijdens neurologische testen)
- Hoofdpijn
- Verminderd vermogen tot fysieke prestatie
- Duizeligheid, misselijkheid, hyperventilatie
- Vermoeidheid, slaapstoornis
- Uitputting, geheugenverlies
- Bewusteloosheid, irreguliere respiratie
- Respiratie stopt, hartfalen, letaliteit

Lippsett et al. (1994) geeft in tabel 2.5 de niveaus van omgevingshypoxie en Gezondheidseffecten weer. Dezelfde cijfers wordt ook gepresenteerd door de Canadian Centre of Occupational Health and Safety (CCOHS). Blootstellingstijden zijn door de CCOHS niet gemeld bij deze tabel.

Tabel 2.5: Percentage zuurstof en gezondheidseffecten

Zuurstof %	Gezondheidseffecten
12-16	Respiratie en hartfrequentie zijn verhoogd. Coördinatie van de spieren is licht verminderd.
10-14	Abnormale vermoeidheid, bij uitputting verstoorde respiratie, emotionele reacties.
6-10	Misselijkheid en braken, onvermogen om vrij te bewegen, mogelijk bewusteloosheid.
< 6	Stuiprekkings, naar adem snakken, respiratie stopt na een paar minuten gevolgd door hartfalen.

Volgens Alarie (2002) zal zich verspreidende rook, waarin het zuurstofniveau lager is dan 7 procent, een primaire oorzaak zijn van incapacitatie en dood. Een zodanig laag zuurstofpercentage komt echter niet voor als er niet tegelijkertijd sprake is van rook met een zeer hoge temperatuur. Hierdoor treedt het effect van zuurstoftekort tegelijkertijd op met verbranding van de huid en systemische hyperthermie. Dit effect treedt extreem snel op.

Op grond van bovenstaande tabel, in combinatie met de aanwezigheid van onder meer koolmonoxide, wordt de grens van 14 percentage zuurstof aangehouden als het percentage zuurstof waarbij bewoners niet meer zelfstandig kunnen vluchten door abnormale vermoeidheid en desoriëntatie. De grens van 14 percentage is bewust conservatief gekozen, omdat er op dat moment sprake zal zijn van zowel zuurstoftekort als een dosis

koolmonoxide (en andere schadelijke verbrandingsstoffen). Een zuurstofpercentage van 6 percentage wordt als letaal aangemerkt.

### 2.2.6 Grenswaarden NOx (nitreuze dampen)

Op soortgelijke wijze als de FED (voor koolmonoxide en HCN) wordt bepaald bij asfyxiërende stoffen, kan de gecombineerde invloed van irriterende stoffen bepaald worden door een FEC (fractional effective concentration) te berekenen. Hierin wordt voor NOx een grenswaarde van 250 ppm aangehouden waarboven mensen met een gemiddelde gevoeligheid niet meer kunnen vluchten. In het geval van irriterende stoffen is NOx echter slechts één van de vele stoffen die bij elkaar opgeteld de FEC bepalen. Andere belangrijke stoffen die voor het bepalen van de FEC in ISO 13751 worden genoemd zijn waterstofchloride (HCl), waterstofbromide (HBr), waterstoffluoride (HF), zwaveldioxide (SO2), acroleïne en formaldehyde.

De Nederlandse interventiewaarden Voorlichtingsrichtwaarde (VRW), Alarmeringsgrenswaarde (AGW) en Levensbedreigende (LBW) gelden voor een blootstellingsduur van één uur. De Committee on Acute Exposure Guidelines (AEGL) gaat bij verschillende blootstellingsduren uit van onderstaande grenswaarden. AEGL-waarden zijn vergelijkbaar met de interventiewaarden, maar er niet per se gelijk aan. AEGL-1 komt in die zin overeen met de VRW, AEGL-2 met de AGW en AEGL-3 met de LBW (voor een gevoelig deel van de populatie). Voor NOx wordt 50 procent letaliteit onder de populatie pas bij zeer hoge waarden bereikt, maar een concentratie NOx vanaf AEGL-3 geeft (zonder medische behandeling) wel een grote kans op lange termijn gezondheidsschade of voor gevoelige groepen zelfs vertraagd overlijden.

Tabel 2.6: AEGL stikstofoxiden

AEGL Stikstofoxiden						
	10 min	30 min	1 uur	4 uur	8 uur	Eindpunt
AEGL-1 (ppm)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	Slight burning of the eyes, slight headache, chest tightness or labored breathing with exercise in 7/13 asthmatics
AEGL-2 (ppm)	20	15	12	8,2	6,7	Burning sensation in nose and chest, cough, dyspnea, sputum production in normal volunteers
AEGL-3 (ppm)	34	25	20	14	11	Marked irritation, histopathologic changes in lungs, fibrosis and edema of cardiac tissue, necrosis in liver, no deaths in monkeys

### 2.2.7 Samenvattend: gehanteerde grenswaarden

De onderstaande grenswaarden worden in dit onderzoek gehanteerd om een inschatting te maken van de mate waarin bewoners nog kunnen vluchten, overleven en/of groot risico lopen op lange termijn gezondheidsschade. Daarbij dienen echter nadrukkelijk de volgende kanttekeningen te worden geplaatst:

- Deze inschatting heeft betrekking op volwassen, gezonde personen. Andere leeftijdsgroepen of personen met een grotere gevoeligheid zullen eerder een drempel ervaren om te vluchten en waarschijnlijk ook eerder overlijden. De genoemde grenzen richten zich op 50 procent van de populatie; dat betekent dat de andere 50 procent eerder of later dan het benoemde moment de effecten ondergaat.

- Dit betreft een theoretische inschatting op basis van enkele factoren; de combinatie van factoren kan slecht worden gekwantificeerd maar zal in de praktijk een (negatief) effect hebben.
- De grenswaarden van de losse factoren zijn ontleend aan literatuur en extrapolatie. Op basis hiervan is een inschatting gemaakt van de grenswaarden; wellicht dat deze in de toekomst door middel van nader onderzoek beter kunnen worden onderbouwd of ontkracht.

Voorts dient opgemerkt te worden dat de (extra) kans op overleven door reanimatie na redding niet in dit onderzoek is opgenomen.

Tabel 2.7: Gehanteerde grenswaarden

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid voor 50% van de populatie	Geschatte mogelijke overlevingstijd	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	T < 150 graden op 180 cm hoogte	T > 150 graden op 180 cm hoogte en T < 150 graden op 50 cm hoogte	T > 150 graden op 50 cm hoogte
Stralingswarmte	< 2 kW/m <sup>2</sup>	Tussen 2 en 6 kW/m <sup>2</sup>	>6 kW/m <sup>2</sup>
Asfyxiërende stoffen (CO en HCN)	tot FED=1 (o.b.v. berekening)	FED=1 tot grenswaarde 'niet meer overleefbaar'	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 12.800 ppm CO &gt; 3 min</li> <li>➤ 6.400 ppm CO &gt; 6 minuten</li> <li>➤ 3.200 ppm CO &gt; 12 minuten</li> <li>➤ 1.600 ppm CO &gt; 24 minuten</li> </ul>
NOx	Concentratie tot AEGL-2	>AEGL-2 tot grenswaarde 'Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade'	na meer dan 10 minuten een waarde >AEGL-3
Zuurstof	21-14% zuurstof	14-6% zuurstof	<6% zuurstof

# 3 Beschrijving, indeling en inrichting woningen De Mars

## 3.1 Algemene beschrijving

De praktijktesten zijn uitgevoerd in arbeiderswoningen die gebouwd zijn in 1931 aan De Marsweg in Zutphen. De woningen zijn tot voor kort bewoond geweest. Alle woningen zijn gebouwd volgens dezelfde plattegrond, waardoor de verschillen tussen woningen minimaal zijn. Van naastgelegen woningen is de indeling echter gespiegeld.

Iedere woning is voorzien van houten vloeren en een trap. In de loop der tijd zijn de woningen (iets) gerenoveerd. Er is onder andere dubbel glas geplaatst op de begane grond (tevens zijn hier ventilatieroosters aanwezig) en de plafonds zijn afgewerkt met gipsplaten. Dit heeft tot gevolg dat de isolatiewaarde is verhoogd en dat de kans op doorslag van brand naar de bovenverdieping is beperkt. De binnen- en buitendeuren zijn sluitend, maar met een aantal kierren. Verder zijn de woningen voorzien van een pannen dak en opgebouwd uit traditioneel metselwerk. De voorgevels van alle woningen bevinden zich aan de westzijde.

Om hoekwoningen te kunnen vergelijken met de tussenwoningen, zijn de zijramen van de hoekwoningen bekleed met Promat<sup>12</sup> (brandwerend materiaal) om zodoende een dichte muur te creëren.



Afbeelding 3.1 en 3.2: Voor- en achterkant woning aan De Marsweg

---

<sup>12</sup> Promatect-H 15 mm

## 3.2 Indeling woningen

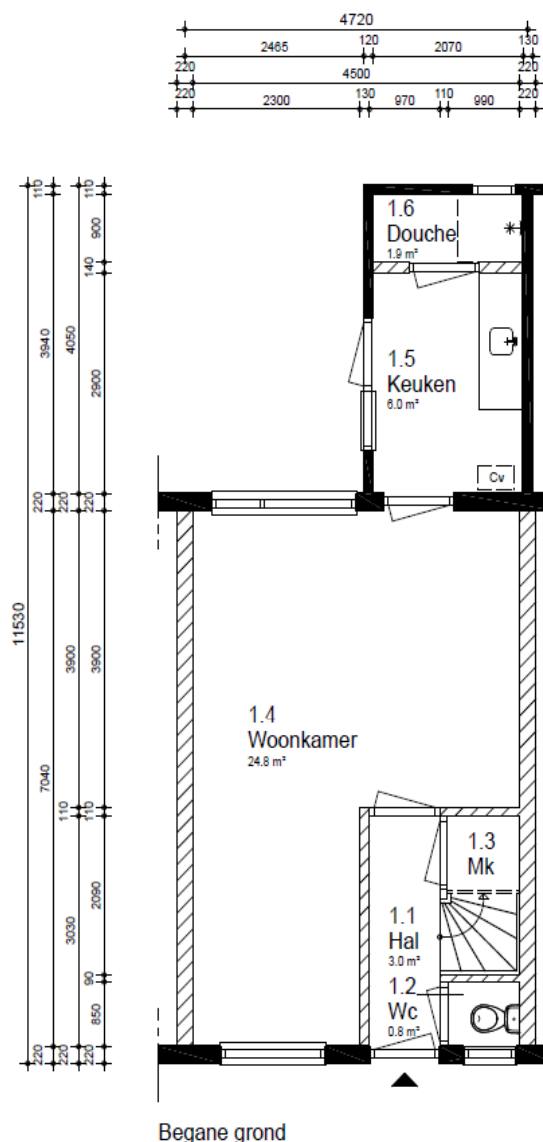
### 3.2.1 Begane grond

De begane grond van de woningen die zijn gebruikt voor de brandproeven bestaat uit een hal, toilet, woonkamer, keuken en een badkamer die vanuit de keuken bereikbaar is. In het onderzoek is uitgegaan van een open verbinding tussen keuken en woonkamer en dus is de deur tussen woonkamer en keuken in alle brandproeven open gebleven.

Ramen op de begane grond zijn voorzien van dubbel glas met uitzondering van enkele kleine ruiten. Er zijn ventilatieroosters aanwezig.

De indeling van de woningen bleek als gevolg van verbouwingen niet in alle gevallen 100 procent gelijk. De deur naar de woonkamer was bijvoorbeeld verplaatst naar de linkerwand van de hal.

De vloer van de begane grond bestaat uit een balklaag met houten vloerdelen. Om in alle woningen dezelfde startsituatie te verkrijgen qua vuurlast, is alle aanwezige laminaat en tapijt verwijderd. Alle woningen waren voorzien van een kelder, die toegankelijk was vanuit de hal (ingang onder de trap). Voorts hadden de woningen een kruipruimte. In enkele gevallen was deze kruipruimte uitgegraven tot stahoogte. De toegang hiervan bevond zich in de woonkamer in de vorm van een vloerluik.



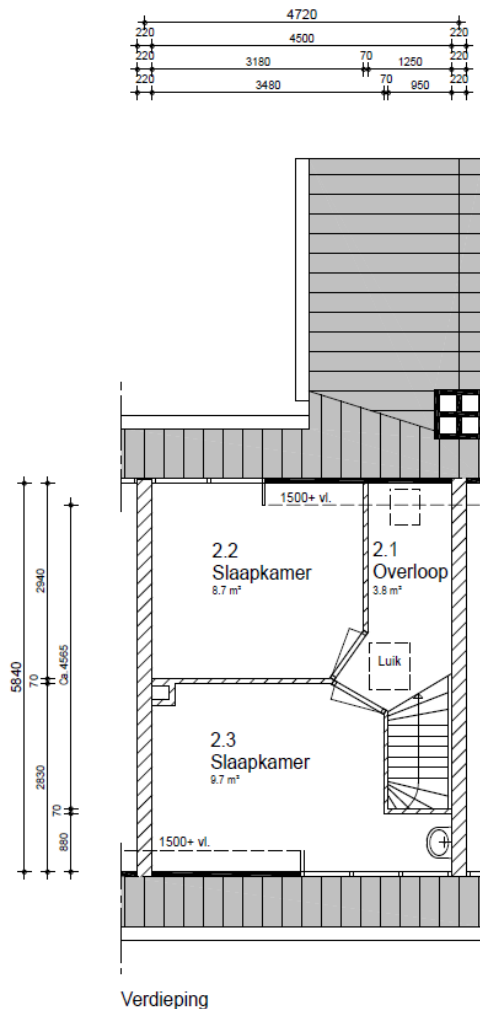
Afbeelding 3.3: Plattegrond begane grond

De plafonds waren in alle ruimten op de begane grond voorzien van gips.

Hoewel de woningen op De Mars zijn gebouwd met de keuken in een aparte ruimte, is tijdens de brandproeven uitgegaan van een open keuken. Dit is gerealiseerd door de deur tussen woonkamer en keuken permanent open te zetten.



### 3.2.2 Eerste verdieping



De eerste verdieping van de woningen in De Mars is onderverdeeld in drie ruimten: twee slaapkamers en een overloop. In het plafond van de overloop bevindt zich tevens het luik naar de zolder. Hiervoor is geen trap of iets dergelijks aanwezig. De plafonds op de bovenverdieping zijn voorzien van gips.

Vrijwel alle slaapkamers zijn voorzien van een dakkapel die doorloopt naar de naastgelegen (geschakelde) woning. De babykamer (in plattegrond ruimte 2.2) van scenario 6 had in plaats van een dakkapel een veluxraam.

In enkele slaapkamers was een muurkast getimmerd; om dezelfde startsituatie te verkrijgen zijn deze getimmerde kasten gesloopt. De verdiepingvloer bestaat uit houten balklaag met houten vloerdelen. Evenals voor de begane grond, geldt ook voor de eerste verdieping dat aanwezige laminaat en/of tapijt is verwijderd.

De ramen op de eerste verdieping zijn voorzien van enkel glas, met uitzondering van het velux-raam op de overloop.

Afbeelding 3.4: Plattegrond eerste verdieping

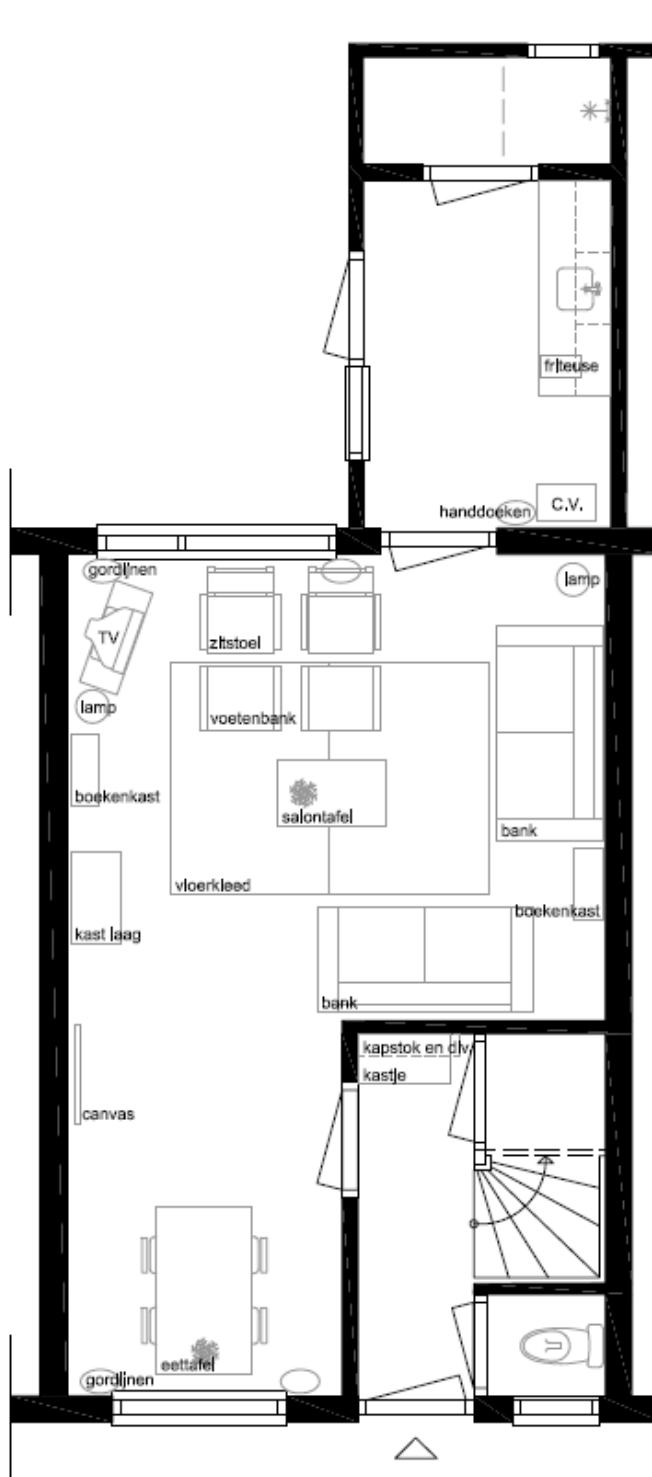
### 3.2.3 Zolder

De zolder betrof een gesloten vliering. De kapconstructie bestond uit hout. Om de kapconstructie tijdens de burns te beschermen, is hier vooraf een tweetal fognails geplaatst. Een eventuele ontwikkelende brand kan daardoor snel en zonder risico worden bestreden.

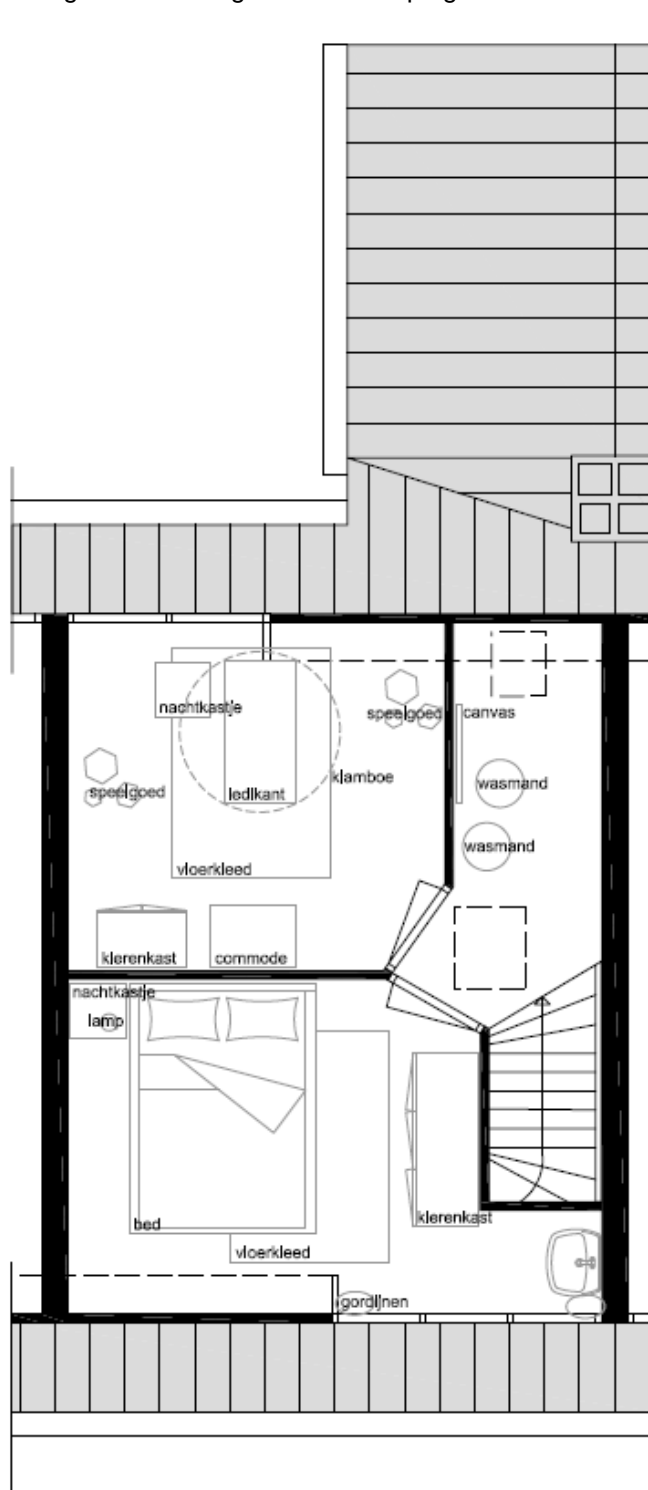
## 3.3 Inrichting

Om de realiteit zoveel mogelijk te benaderen is de inrichting van de woningen een afspiegeling van meubels zoals die in Nederland anno 2014 gebruikelijk zijn. Daartoe zijn de meubels aangeschaft bij drie verschillende meubelgiganten. Daarbij is gefocust op het prijspectrum 'goedkoop' met de financiële situatie van een jong gezin in het achterhoofd. Een exacte van de meubels en inrichting is opgenomen in de bijlage.

Afbeelding 3.5: Inrichting begane grond



Afbeelding 3.6: Inrichting eerste verdieping



### 3.4 Kanttekeningen

Uitgangspunt voor de brandproeven was het zoveel mogelijk benaderen van de realistische situatie. Bij de keuze voor de woningen in De Mars en de bijbehorende inrichting voor de brandproeven moeten in dit verband echter vooraf de volgende kanttekeningen worden geplaatst:

- Het betreft sloopwoningen die niet tot en met de dag van de brandproeven bewoond (en daarmee verwarmd) zijn geweest. Het vochtpercentage in de woningen is hoger

geweest dan in een 'bewoonde woning'. De inrichting is wel in een semi-verwarmde opslag bewaard.

- Vloerbedekking en/of laminaat is verwijderd om in alle woningen dezelfde startsituatie qua vuurlast te verkrijgen. Daarmee is de vuurlast weliswaar in alle woningen gelijk, maar tegelijk lager dan gebruikelijk in een woning. Om dit deels te compenseren zijn in alle verblijfsruimten vloerkleden neergelegd.
- De inrichting is bepaald vanuit het financieel perspectief van een jong gezin. Dit impliceert dat er geen grote en/of dure meubels zijn geplaatst. Achteraf is geconstateerd dat dit een relatief lage vuurlast als consequentie had. Tegelijkertijd moet echter worden vastgesteld dat deze inrichting wel degelijk in veel woningen wordt aangetroffen.
- De objecten betroffen jaren '30 arbeiderswoningen en werden gekenmerkt door kleine ruimten.
- De woningen waren qua ventilatie relatief open, met name op de bovenverdieping.

# 4 Meetprotocol

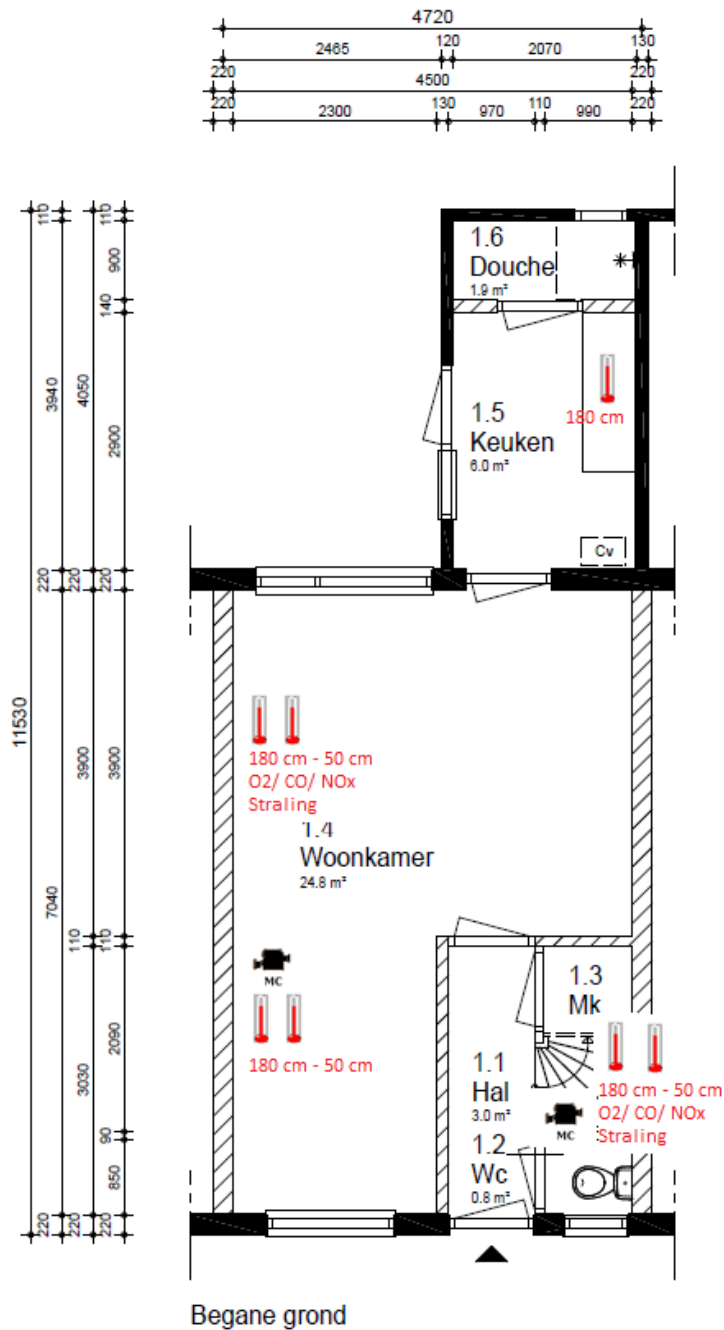
## 4.1 Meten in iedere ruimte

Tabel 4.1: Variabelen en meetwijzen zijn tijdens de brandproeven toegepast

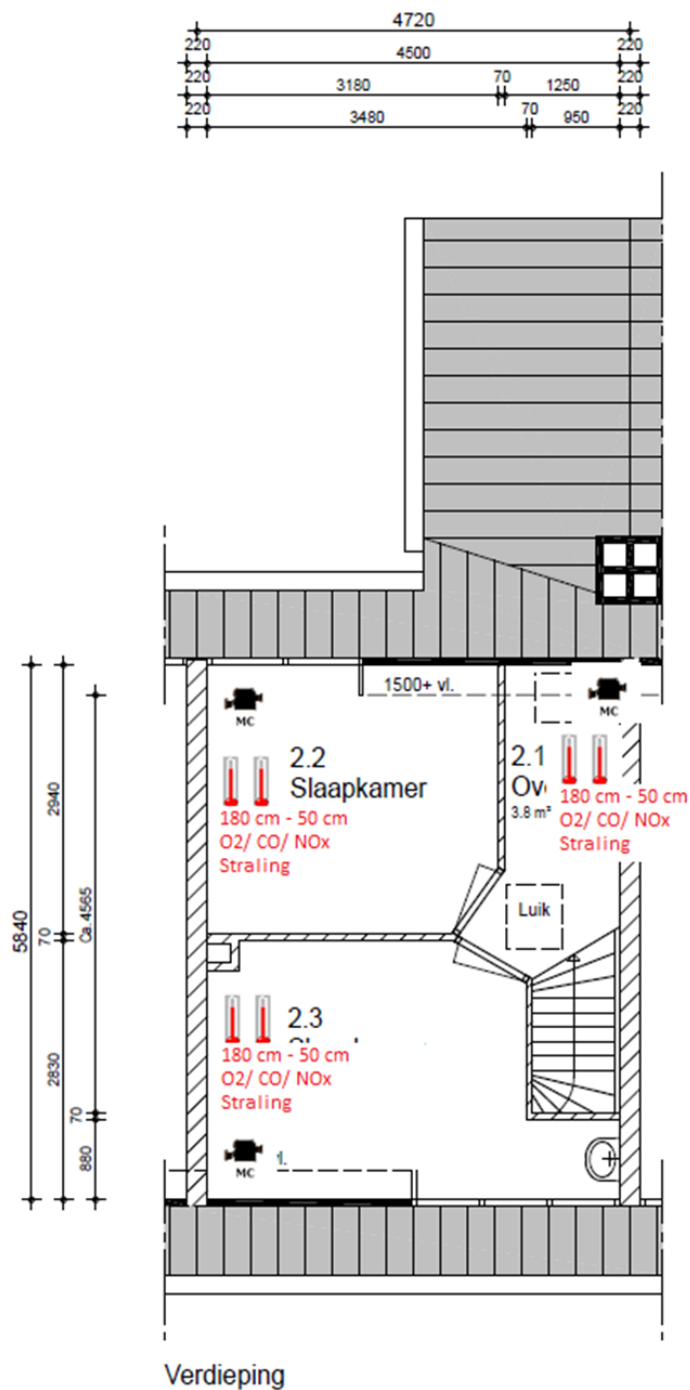
Variabele	Meetwijze	Bijzonderheden
Temperatuur	Thermokoppels	Via laptop. Vijf metingen per seconde.
CO	CO-cel	Via laptop. Eén meting per drie seconden.
O2	O2-cel	Via laptop. Eén meting per drie seconden.
NOx	NOx-cel	Via laptop. Eén meting per drie seconden.
Straling	Stralingsmeter	Via laptop. Vijf metingen per seconde.

Voorts heeft er door middel van videobeelden (achteraf) een visuele waarneming plaatsgevonden van de situatie in iedere ruimte gedurende de brandproef.

Om genoemde variabelen te kunnen meten, zijn alle ruimten in de woning met uitzondering van toilet, badkamer en kelder voorzien van meetapparatuur. Daarbij is uitgegaan van een open verbinding tussen woonkamer en keuken. Iedere ruimte was voorzien van thermokoppels op 180 cm en 50 cm hoogte, een gecombineerd gasanalyseapparaat voor CO/O2 en NOx, een stralingsmeter en een hittebestendige videocamera. Gedurende de testweek was er sprake van één meetpunt per ruimte, met uitzondering van de woonkamer waar met het oog op de grootte en de geometrie van de ruimte de temperatuur op twee plekken is gemeten. In de volgende paragrafen zal de toepassing van de meetapparatuur nader worden uitgesplitst.



Afbeelding 4.1: Locatie meetapparatuur begane grond



Afbeelding 4.2: Locatie meetapparatuur eerste verdieping

## 4.2 Veiligheid versus effectiviteit van metingen

Voorafgaand aan de brandproeven is voorzien dat de brandproeven destructief voor de woningen kunnen zijn, en de constructieveiligheid kunnen bedreigen. Daarom is de meetapparatuur via gaten in de zijmuren vanaf de 'buren' in de testwoning geplaatst. Op deze wijze kon de meetapparatuur worden beschermd tegen hitte en altijd veilig terug worden gehaald na afloop van de brandproef. Dit betekent echter dat metingen plaats hebben gevonden langs de zijmuren van de ruimten in het testobject, terwijl het uit het oogpunt van metingen logisch zou zijn geweest om in het midden van de ruimte te meten. Er is derhalve bewust de keuze gemaakt voor een (beperkte) concessie in de nauwkeurigheid van metingen in het voordeel van de veiligheid tijdens de brandproeven.

## 4.3 Temperatuur

Tijdens iedere brandproef is in alle ruimtes het temperatuurverloop met thermokoppels vastgelegd. De hoogte van de thermokoppels is bepaald aan de hand van de noodzaak om relevante waarden te verkrijgen met betrekking tot overleefbaarheid. Daarom is gekozen voor een hoogte van 180 cm (de hoogte waarop een staand persoon vlucht en adem haalt) en 50 cm (de hoogte waarop een kruipend persoon vlucht en/of een bewusteloos slachtoffer ligt). Op plafondhoogte zal waarschijnlijk een (nog) hogere temperatuur worden bereikt, die voor dit onderzoek echter minder relevant is geacht. De thermokoppels meten vijfmaal per seconde de actuele temperatuur. De resultaten van de thermokoppels zijn automatisch vastgelegd in een laptop.

In de kleine ruimtes (hal, overloop, ouderslaapkamer en babykamer) is gekozen voor één set thermokoppels waarvan één geplaatst op 180 cm en de andere op 50 cm hoogte. Hoewel bekend is dat temperatuuropbouw niet egaal over de hele ruimte plaatsvindt, is aangenomen dat met het plaatsen van thermokoppels in iedere ruimte een voldoende beschrijving van de temperatuuropbouw kan worden gedaan.

In de woonkamer is gekozen voor twee sets thermokoppels op 180 en 50 cm hoogte. Dit omdat de woonkamer een grotere ruimte betreft en ook omdat er een splitsing was gemaakt in de indeling van de ruimte: de hoek nabij de keuken was ingericht als zithoek; de voorzijde van de woonkamer was ingericht als eethoek.

## 4.4 Stralingswarmte

In alle vijf de ruimten (woonkamer, hal, overloop, ouderslaapkamer en babykamer) van de woning is op één punt de straling gemeten. Dit is gebeurd door een stralingssensor vanaf de burens door de muren heen te steken, waarbij de sensor onder een hoek van 45 graden naar het plafond is gericht. Zodoende kon zowel directe hittestraling van brandende objecten als ook hittestraling vanuit de rooklaag worden gedetecteerd. De sensor is op een hoogte van 50 cm geplaatst aangezien dit, zoals genoemd, 'slachtofferhoogte' is. De resultaten van de stralingssensoren zijn automatisch vastgelegd in een laptop.

## 4.5 Koolmonoxide/zuurstof/NOx

Koolmonoxide, zuurstof en stikstofdioxide (NOx) is gemeten door in iedere ruimte op 50 cm hoogte ('slachtofferhoogte') de sensor van een rookgasanalyse apparaat te plaatsen. Deze gasanalyse vindt iedere drie seconden plaats voor alle drie de meetcellen. De resultaten van de gasanalyse zijn wederom automatisch vastgelegd in een laptop.

## 4.6 Rooklaag

De hoogte van de rooklaag is gemeten door tegenover iedere camera een aantal LED-lampjes te plaatsen op een verticale lijn. Hierdoor kunnen rooklaag en hoogte in de ruimte goed in onderling verband gebracht worden. Voorts geeft de waargenomen lichtintensiteit van de LED-lampjes een indicatie van de dichtheid (en kleur) van de rook in de betreffende ruimte.



## 4.7 Start meting en einde meting

De metingen zijn gestart op het moment dat de brand is ontstoken door middel van een waxinelichtje. Het testprotocol hield – met de doelstelling van het onderzoek in gedachten – in dat de brand na deze start een vrij brandverloop had tot:

- Eén uur (60 minuten) na start van de brand
- De brand zich zodanig ontwikkelde dat een belendend brandcompartiment bedreigd werd. Hierin was de kapconstructie een kritiek punt.

Gedurende de testweek is op drie momenten gedurende een brandproef besloten een wijziging aan te brengen in het testprotocol. Dit staat beschreven in de betreffende hoofdstukken.

## 4.8 Brandweerinzet

De brandweerinzet gedurende de meting beperkte zich tot het voorkomen van brandoverslag en het beschermen van de kapconstructie. Dit is gedaan door middel van het nathouden van bedreigde uitstekende delen aan de buitenzijde van de woning zoals goten, overstekken, et cetera. Door deze beperkte interventie kon de test *in* de woning vrije doorgang vinden; als er geen interventie plaats had gevonden en de brand was buiten de testwoning volledig vrij ontwikkeld, hadden de brandproeven eerder afgebroken moeten worden.

## 4.9 Uitwerking zes brandproeven

De opzet van de brandproeven is zoveel mogelijk opties voor vergelijking achteraf in te bouwen. Dit mede omdat deze brandproeven ook gebruikt zullen worden voor het parallel lopende onderzoek naar de effectiviteit van rookmelders. Dat betekent onder andere dat de situatie bij een woonkamer- en slaapkamerbrand met binnendeuren open en dicht naast elkaar vergeleken moeten kunnen worden. Voorts is bij de woonkamerbrand bewust voor twee ontstaansplekken gekozen om het effect van het brandverloop op deze twee plekken te kunnen vergelijken. Voor dit onderzoek zijn de volgende zes brandproeven uitgevoerd:

Tabel 4.2: Opzet zes brandproeven

Burn	Locatie ontstaan	Object ontstaan	Deur hal	Deur slaapkamers	Ventilatie
1	Slaapkamer	Bed	Dicht	Beide dicht	Alles dicht, enkel slaapkamerraam op kier
2	Keuken	Friteuse	Dicht	1 open/ 1 dicht	Alles dicht, keukendeur half open
3	Woonkamer	Bank	Open	1 open/ 1 dicht	Alles dicht, enkel slaapkamerraam op kier
4	Woonkamer	Bank	Dicht	1 open/ 1 dicht	Alles dicht, enkel slaapkamerraam op kier
5	Woonkamer	TV	Open	1 open/ 1 dicht	Voordeur open
6	Slaapkamer	Bed	Dicht	Beide open	Buitendeuren dicht, beide slaapkamerramen op kier

De resultaten van alle metingen zijn opgenomen in de bijlagen en geaggregeerd verwerkt naar de hoofdstukken 5 tot en met 10.

# 5 Test 1: slaapkamerbrand met binnendeuren dicht

## 5.1 Startsituatie

### 5.1.1 Scenario en ontstaansbron

Dit scenario betreft een woning die wordt bewoont door een gezin bestaande uit een jong echtpaar met een baby. De ouders slapen in de slaapkamer aan de voorzijde, de baby slaapt in de slaapkamer aan de achterzijde. De beide slaapkamerdeuren zijn gesloten. Het raam op de ouderslaapkamer staat op een kier. Er breekt in de nachtelijke uren, terwijl iedereen slaapt, brand uit als gevolg van een defect bij de elektrische deken in de ouderslaapkamer. Er is geen werkende rookmelder aanwezig.

### 5.1.2 Configuratie deuren en ventilatie

De beide slaapkamerdeuren zijn gesloten. Het raam van de ouderslaapkamer staat op een kier, aangezien zij van frisse lucht in de slaapkamer houden.

### 5.1.3 Meteo en tijdsverloop

Tijdens de brandproef was er een WZW wind van 6 m/s, een temperatuur van 15,5 °C en een relatieve vochtigheid van 79 procent.

Het bed is ontstoken op  $t=0$ . De brand heeft een volledig uur gewoed voordat er interventie door de veiligheidsploeg heeft plaatsgevonden. Op dat moment bleek de brand al nagenoeg uit te zijn.

## 5.2 Ouderslaapkamer (brandruimte)

Op de ouderslaapkamer was sprake van een snel ontwikkelende brand. De eerste drie minuten na het begin van de brand zou een bewoner nog kunnen vluchten en was ook de vluchtroute nog vrij. Vier minuten en 21 seconden na het begin van de brand treedt een niet overleefbare situatie in. Opvallend is dat de omstandigheden binnen de ruimte ook weer verbeteren.

De brand in de ouderslaapkamer is niet volledig tot ontwikkeling gekomen (flashover). Na een snelle stijging van de temperatuur naar 287,2 °C daalt deze ook snel weer. Op het piekmoment van de temperatuur is het zuurstofpercentage nog 20 procent en daarmee lijkt zuurstof op het eerste gezicht niet de beperkende factor in de brandontwikkeling. Na het piekmoment neemt het zuurstofpercentage snel af naar 13,2 procent. De concentratie zuurstof is gemeten op een hoogte van 50 cm, terwijl de grootste verbranding van zuurstof plaatsvindt op grotere hoogte. Bovendien is er op het piekmoment nog voldoende brandstof aanwezig. Om deze redenen wordt geconcludeerd dat de brand is getemperd door een gebrek aan zuurstof en is gaan smeulen, totdat vrijwel de gehele matras (en dekbed) waren weggesmeuld. De beschikbare energie tijdens de verbranding is onvoldoende geweest om andere objecten in de ouderslaapkamer te ontsteken. Het geconstateerde brandverloop is prima verklaarbaar: bij een zuurstofpercentage van 13 procent is geen verbranding in het vlammenstadium mogelijk. Doordat er geen verbranding in het vlammenstadium (meer)

plaatsvindt, nemen de temperatuur en straling vervolgens af.

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	3 min 36 sec	4 min 21 sec
Stralingswarmte	3 min 49 sec	Einde test
CO EN HCN	6 min 39 sec	12 min 39 sec
NOx	3 min 27 sec	13 min 33 sec
O2	6 min 42 sec	Einde test

### 5.3 Overloop

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	Einde test	Einde test
CO EN HCN	29 min 45 sec	53 min 45 sec
NOx	Einde test	Einde test
O2	6 min 42 sec	Einde test

### 5.4 Babykamer

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	Einde test	Einde test
CO EN HCN	39 min 6 sec	Einde test
NOx	Einde test	Einde test
O2	Einde test	Einde test

## 5.5 Hal

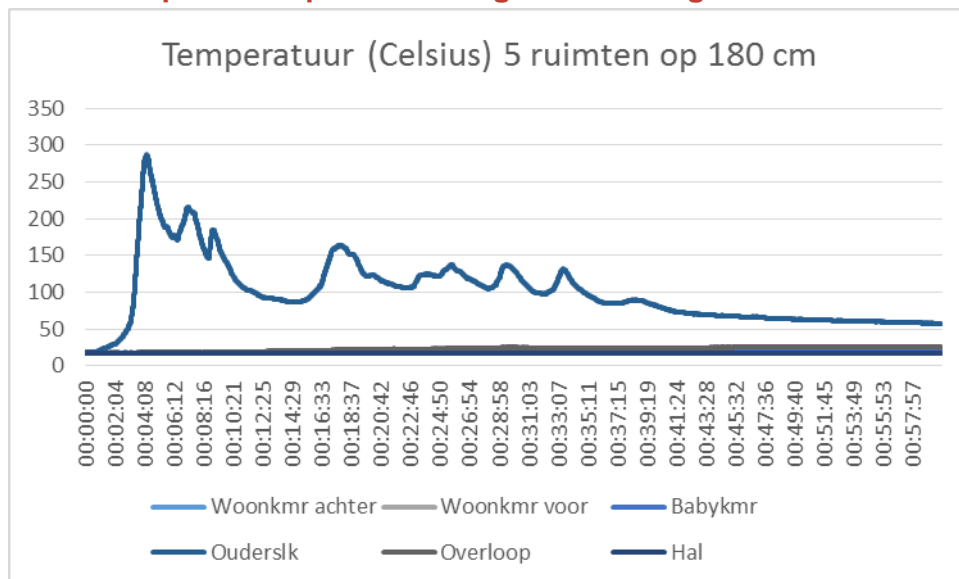
Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	Einde test	Einde test
CO EN HCN	Einde test	Einde test
NOx	Einde test	Einde test
O2	Einde test	Einde test

## 5.6 Woonkamer

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	Einde test	Einde test
CO EN HCN	Einde test	Einde test
NOx	Einde test	Einde test
O2	Einde test	Einde test

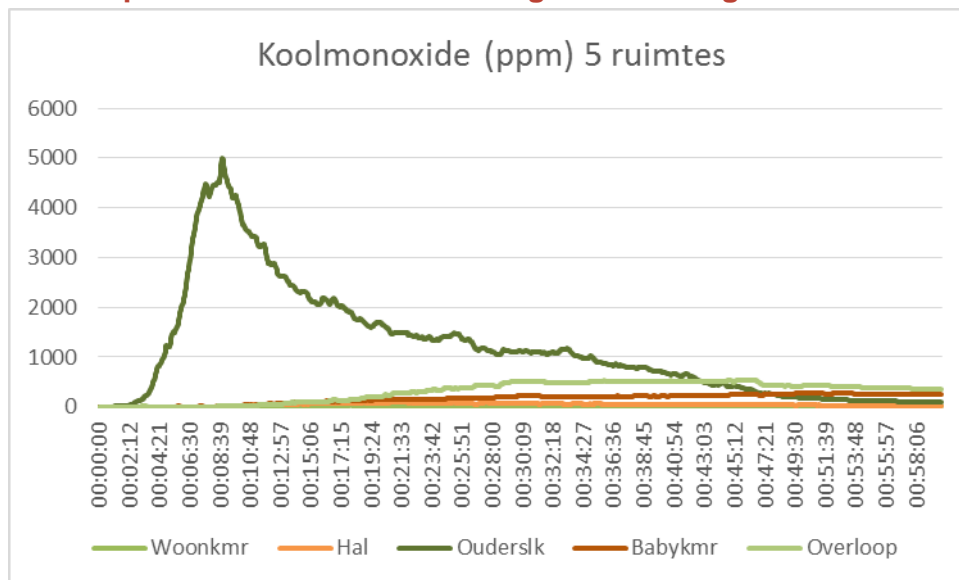
## 5.7 Analyse test 1

### 5.7.1 Temperatuuropbouw in de gehele woning



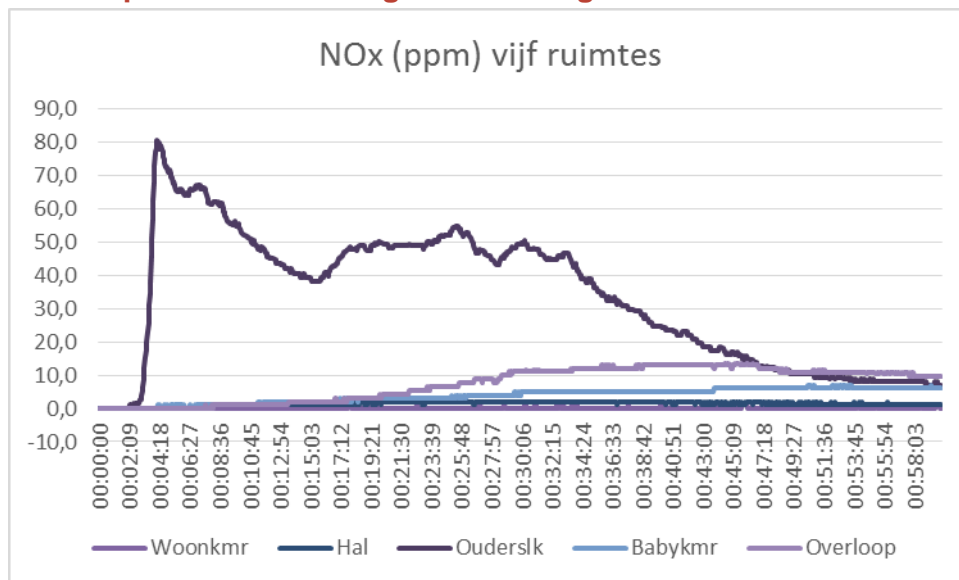
Bij de eerste brandproef was er een groot verschil merkbaar tussen de opbouw van de temperatuur in de ouderslaapkamer (brandruimte) en de overige ruimten in de woning. Terwijl de temperatuur in de ouderslaapkamer ruim de levensbedreigende waarde heeft overschreden, is er in de overige ruimten amper sprake van temperatuurstijging. De scheiding tussen brandruimte en overige ruimtes is gerealiseerd door de verdiepingsvloer (woonkamer) en door middel van een deur (overloop, babykamer, hal).

### 5.7.2 Opbouw koolmonoxide in de gehele woning



Ten aanzien van de opbouw van koolmonoxide geldt dat er een groot verschil is tussen de brandruimte en de overige ruimten in de woning. In het geval van koolmonoxide moet echter ook opgemerkt worden dat er tevens een verschil gemeten is tussen de eerste ruimte achter een gesloten deur (de overloop) en de tweede ruimte achter een tweede gesloten deur (babykamer). In beide ruimtes is de concentratie koolmonoxide ruim beneden de waarde gebleven waarop vluchten belemmerd zou worden, maar de laagste concentratie is duidelijk in de babykamer gemeten. Dit wijst erop dat één deur een beschermende werking biedt tegen een opbouw van koolmonoxide, maar dat de beschermende werking bij twee gesloten deuren beter is.

### 5.7.3 Opbouw NOx in de gehele woning



Evenals bij de opbouw van koolmonoxide geldt ook voor de opbouw van NOx in de woning dat er een groot verschil is tussen de brandruimte en de overige ruimten in de woning. In het geval van NOx moet echter ook opgemerkt worden dat er tevens een verschil gemeten is tussen de eerste ruimte achter een gesloten deur (de overloop) en de tweede ruimte achter een tweede gesloten deur (babykamer). In beide ruimtes is de concentratie NOx ruim beneden de waarde gebleven waarop vluchten belemmerd zou worden, maar de laagste concentratie is duidelijk in de babykamer gemeten. Dit wijst erop dat, evenals bij koolmonoxide, één deur een beschermende werking biedt tegen een opbouw van NOx, maar dat de beschermende werking bij twee gesloten deuren beter is.

### 5.7.4 Het geheel van test 1 overziend

Op de ouderslaapkamer was sprake van een snel ontwikkelende brand. De eerste drie minuten na begin van de brand zou een bewoner nog kunnen vluchten. Vier minuten na begin van de brand treedt een niet meer overleefbare situatie in. Opvallend is dat de omstandigheden binnen de ruimte ook weer verbeteren.

De brand in de ouderslaapkamer is niet volledig tot ontwikkeling gekomen (flashover). Na een snelle stijging van de temperatuur naar 287,2 °C daalt deze al snel weer. Op het piekmoment van de temperatuur is het zuurstofpercentage nog 20% en daarmee lijkt zuurstof op het eerste gezicht niet de beperkende factor. Maar: na het piekmoment neemt het zuurstofpercentage snel af naar 13,2 procent én de concentratie zuurstof is gemeten op een hoogte van 50 cm, terwijl de grootste verbranding van zuurstof plaatsvindt op grotere hoogte. Bovendien is er op het piekmoment nog voldoende brandstof aanwezig. Daarom wordt geconcludeerd dat deze brand is getemperd door een gebrek aan zuurstof en is gaan smeulen, totdat vrijwel de gehele matras (en dekbed) waren weggesmeuld. De beschikbare energie tijdens de verbranding is onvoldoende geweest om andere objecten in de ouderslaapkamer te ontsteken. Het geconstateerde brandverloop is prima verklaarbaar: Bij een zuurstofpercentage van 13 procent is geen verbranding in het vlammenstadium mogelijk.

Ruimte(s)	Binnendeur	Ventilatie	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Ouderslaapkamer (brandruimte)	Dicht	Raam op kier	3 min 36 sec (temp)	4 min 21 sec (temp)
Overloop	N.v.t.	Geen	29 min 45 sec (CO)	53 min 45 sec
Babykamer	Dicht	Geen	39 min 6 sec (CO)	Einde test
Hal	Dicht	Geen	Einde test	Einde test
Woonkamer	Dicht	Geen	Einde test	Einde test

Ruimte	Route	Ruimte + vluchtroute vrij tot:
Ouderslaapkamer	Overloop, hal	3 min 36 sec
Babykamer	Overloop, hal	29 min 45 sec
Overloop	Hal	29 min 45 sec
Woonkamer	Hal (met extra uitgang via keuken)	Einde test

Er kan geconcludeerd worden dat bij test 1 een groot verschil aanwezig is in overleefbaarheid tussen de brandruimte en andere ruimten in huis. Dit verschil tussen leven en dood wordt bewerkstelligt door een gesloten deur en wellicht ook de verdiepingvloer die de brandruimte scheidt van de omliggende ruimten.



# 6 Test 2: keukenbrand met binnendeuren dicht

## 6.1 Startsituatie

### 6.1.1 Scenario en ontstaansbron

Dit scenario betreft een woning die wordt bewoont door een gezin met twee kinderen, waarvan één baby. Het is aan het einde van de middag en alleen de vader is aanwezig. De baby slaapt in de babykamer aan de achterzijde. De deur van de babykamer is gesloten. In de keuken staat de frituurpan aan, zonder dat er toezicht op wordt gehouden. De friteuse raakt in brand en de rookmelder spreekt aan. Een bluspoging door het afdekken van de frituurpan met een deksel mislukt en de vader vlucht via de keukendeur naar buiten. De keukendeur blijft half open staan. De deur naar de hal is gesloten, evenals de deur van de ouderslaapkamer aan de voorzijde.

### 6.1.2 Configuratie deuren en ventilatie

De keukendeur staat (half) open nadat de vader naar buiten is gevlucht. Hij heeft *wel* de deur naar de hal dicht gedaan toen hij naar beneden ging. De deur van de ouderslaapkamer staat open. De deur van de babykamer is gesloten.

### 6.1.3 Meteo en tijdsverloop

Tijdens de brandproef was er een ZZW wind van 8 m/s, een temperatuur van 11,8 °C en een relatieve vochtigheid van 95%. De friteuse is ontstoken op  $t=0/$  10.24.50 uur. Bij aanvang van de test was de keukendeur – als gevolg van miscommunicatie in de onderzoeksstaf – geheel open. Op  $t=11$  min 57 sec is de keukendeur half gesloten aangezien het scenario dit als uitgangspunt had.

Op  $t=47$  min 42 sec dreigde de brand over te slaan naar de kap van de woning en daarom is de veiligheidsploeg gestart met afblussen. Daarmee is een vrij brandverloop van bijna 48 minuten gerealiseerd. Indien de veiligheidsploeg niet was gestart met de blussing, was de brand in de kap van de woning geslagen.

## 6.2 Keuken (brandruimte)

In de keuken was tot het (half) sluiten van de keukendeur sprake van een brandstof gecontroleerde brand: er was sprake van vrije toestroom van zuurstof. Vanaf het moment dat de keukendeur half gesloten werd, ontwikkelde de brand zich ventilatie gecontroleerd.

Omdat de keuken binnen de opzet wordt gezien als een open keuken die is verbonden aan de woonkamer, is er slechts één meetpunt (temperatuur) aangebracht. De overleefbaarheid in de keuken kan dan ook alleen in kaart gebracht worden aan de hand van het thermokoppel dat op 180 cm hoogte in de keuken was aangebracht. Daarbij wordt – om te voorkomen dat een te optimistische situatie wordt geschetst – de temperatuur op 180 cm hoogte ook aangehouden als kritische grens van beperkte kans op overleven voor 50 percentage van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade.

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	5 min 41 sec	5 min 41 sec
Stralingswarmte	Niet gemeten	Niet gemeten
CO EN HCN	Niet gemeten	Niet gemeten
NOx	Niet gemeten	Niet gemeten
O2	Niet gemeten	Niet gemeten

Het beeld in de keuken is dus zeer beperkt: het kan zijn dat op de factoren straling, koolmonoxide, NOx en zuurstofgehalte al eerder sprake is geweest van beperkingen in vluchten of overleefbaarheid. Bovendien is de temperatuur alleen gemeten op 180 cm hoogte en niet op 50 cm (slachtoffer)hoogte.

### 6.3 Woonkamer

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	16 min 9 sec	43 min 45 sec
Stralingswarmte	40 min 24 sec	43 min 40 sec
CO EN HCN	12 min 42 sec	18 min 42 sec
NOx	12 min 48 sec	22 min 48 sec
O2	15 min 45 sec	44 min

### 6.4 Hal

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	Einde test	Einde test
CO EN HCN	20 min 45 sec	44 min 45 sec
NOx	Einde test	Einde test
O2	Einde test	Einde test

## 6.5 Overloop

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	Einde test	Einde test
CO EN HCN	21 min 9 sec	45 min 9 sec
NOx	Einde test	Einde test
O2	Einde test	Einde test

## 6.6 Ouderslaapkamer

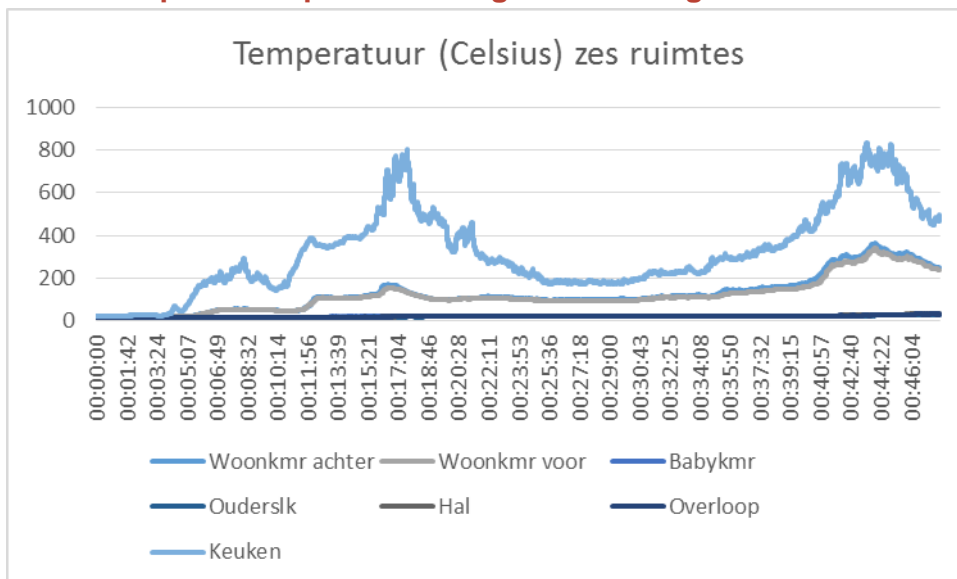
Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	Einde test	Einde test
CO EN HCN	21 min 9 sec	45 min 9 sec
NOx	Einde test	Einde test
O2	Einde test	Einde test

## 6.7 Babykamer

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	Einde test	Einde test
CO EN HCN	21 min 27 sec	45 min 27 sec
NOx	Einde test	Einde test
O2	Einde test	Einde test

## 6.8 Samenvatting en analyse test 2

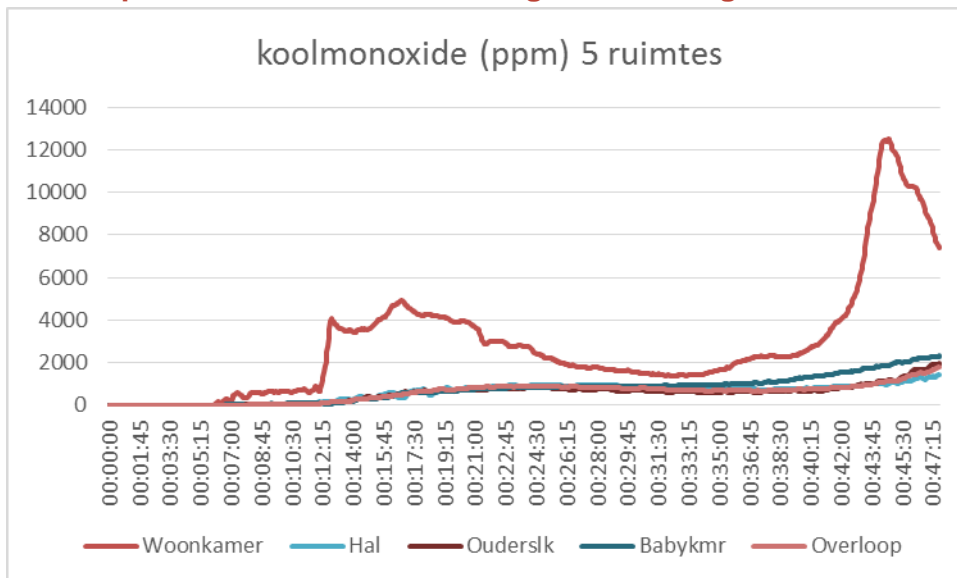
### 6.8.1 Temperatuuropbouw in de gehele woning



De opbouw van temperatuur lijkt in drie zones plaats te vinden:

- directe brandruimte (met temperaturen oplopend naar 800 °C)
- Aanpalende (open) ruimte: de woonkamer (met temperaturen oplopend naar bijna 400 °C)
- Alle andere ruimtes in huis die door de haldeur en/of verdiepingvloer gescheiden zijn van woonkamer en keuken (met temperaturen die nauwelijks boven de 30 °C uitkomen).

### 6.8.2 Opbouw koolmonoxide in de gehele woning

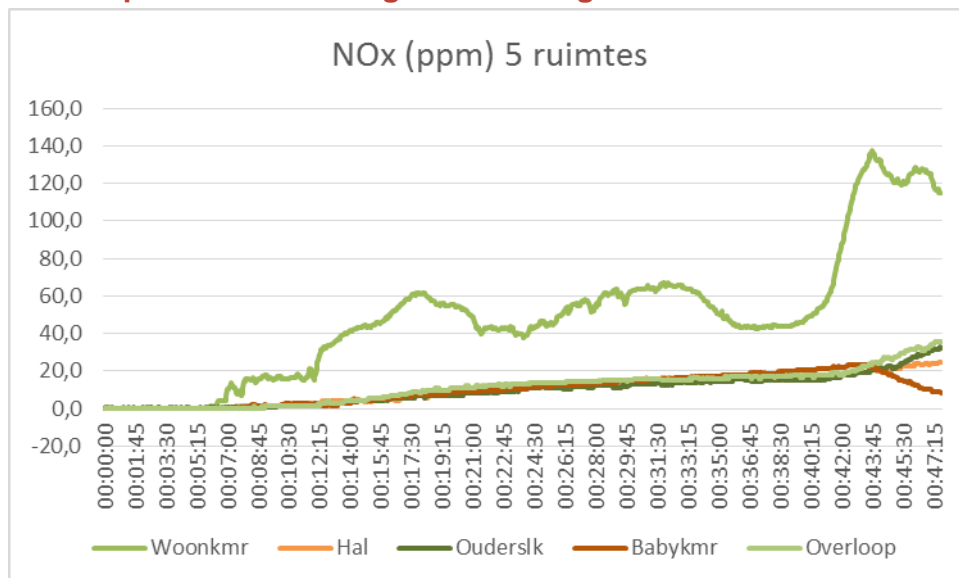


De opbouw van koolmonoxide lijkt in twee zones plaats te vinden

- Aanpalende (open) ruimte: de woonkamer
- Alle andere ruimtes in huis die door de haldeur en/of verdiepingvloer gescheiden zijn van woonkamer en keuken, waar de opbouw van koolmonoxide zeker het eerste half uur vrijwel gelijkmatig plaatsvindt.

In de brandruimte (keuken) zelf is niet gemeten op koolmonoxide.

### 6.8.3 Opbouw NOx in de gehele woning



De opbouw van NOx lijkt in twee zones plaats te vinden:

- Aanpalende (open) ruimte: de woonkamer
- Alle andere ruimtes in huis die door de haldeur en/of verdiepingsvloer gescheiden zijn van woonkamer en keuken, waar de opbouw van koolmonoxide zeker het eerste half uur vrijwel gelijkmatig plaatsvindt.

In de brandruimte (keuken) zelf is niet gemeten op NOx.

### 6.8.4 Test 2: het geheel overziend

Er wordt een grote overeenkomst waargenomen tussen waarden van koolmonoxide en NOx op de overloop, in de hal en de beide slaapkamers. Dat betekent dat opbouw van bijv koolmonoxide in de hal grotendeels gelijk plaatsvindt aan de opbouw van koolmonoxide in de ouderslaapkamer. Daarbij verloopt de opbouw van koolmonoxide behoorlijk synchroon aan de opbouw van NOx. Dat is ook logisch aangezien beide stoffen zich –samen met andere verbrandingsgassen- door de woning verplaatsen. Daarbij is een ‘harde scheiding’ (deur/ verdiepingsvloer) een barrière waar de rook enige tijd voor nodig heeft om doorheen te komen.

Er is een groot verschil waargenomen tussen de brandcondities toen de keukendeur open stond in vergelijking tot de condities toen de keukendeur half gesloten werd. Vanaf moment dat keukendeur half gesloten is, vond aanzienlijke temperatuuropbouw plaats alsmede opbouw van schadelijke verbrandingsgassen in de rest van de woning.

De mate waarin temperatuur en schadelijke verbrandingsgassen kunnen opbouwen tot schadelijke of zelfs dodelijke concentraties lijkt bij test twee dus afhankelijk van:

- Ventilatie (toen de keukendeur half gesloten werd, was er direct sprake van een stijging van temperatuur en opbouw van verbrandingsgassen).
- De mate van ‘harde’ scheiding tussen een slachtoffer en de brandhaard: achter een deur en/ of een verdiepingsvloer zijn de omgevingscondities vele malen beter dan in de brandruimte zelf. En dat is dus zelfs zo in een oude woning met houten vloeren en kierende deuren.

Waargenomen is dat opbouw van temperatuur en schadelijke verbrandingsgassen plaatsvindt in drie zones:

- directe brandruimte
- Aanpalende (open) ruimte

- Alle andere ruimtes in huis die door een deur en/ of verdiepingvloer van de brandruimte gescheiden zijn.

In hoeverre een scheiding door twee deuren en/ of vloeren een nóg betere barrière vormt, kan op basis van deze test niet worden vastgesteld.

De relevantie van NO<sub>x</sub> maakt dat nader onderzoek naar andere brandgassen bij toekomstige experimenten (HCN/HCL) wenselijk is.

Opvallend was dat rookverspreiding deels door de (houten) vloer heeft plaatsgevonden: bij moderne woningen met hogere brand- en vooral rookwerendheid zal de overleefbaarheid naar verwachting beter zijn.

Ruimte(s)	Binnendeur	Ventilatie	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Keuken (brandruimte)	Open	Deur (half) open	5 min 41 sec (temp)	5 min 41 sec (temp)
Woonkamer	Dicht	geen	12 min 42 sec (CO)	18 min 42 sec
Hal	Dicht	geen	20 min 45 sec (CO)	44 min 45 sec (CO)
Overloop	N.v.t.	geen	21 min 9 sec (CO)	45 min 9 sec (CO)
Ouderslaapkamer	Open	Raam op kier	21 min 9 sec (CO)	45 min 9 sec (CO)
Babykamer	Dicht	geen	21 min 27 sec (CO)	45 min 27 sec (CO)

Ruimte	Route	Ruimte + vluchtroute vrij tot:
Ouderslaapkamer	Overloop, hal	20 min 45 sec
Babykamer	Overloop, hal	20 min 45 sec
Overloop	Hal	20 min 45 sec
Woonkamer	Hal (met extra uitgang via keuken)	12 min 42 sec

# 7 Test 3: woonkamerbrand met haldeur open

## 7.1 Startsituatie

### 7.1.1 Scenario en ontstaansbron

Dit scenario betreft een woning die wordt bewoont door een gezin bestaande uit een jong echtpaar met een baby. De ouders slapen in de slaapkamer aan de voorzijde, de baby slaapt in de slaapkamer aan de achterzijde. De deur van de ouderslaapkamer staat open, de deur van de babykamer is gesloten. Er breekt in de nachtelijke uren, terwijl iedereen slaapt, brand uit in de bank in de woonkamer. De deur tussen de woonkamer en de hal staat open, waardoor de rook snel naar boven trekt. Er is in de woning geen werkende rookmelder aanwezig. Alle buitendeuren en ramen zijn gesloten, alleen het raam van de ouderslaapkamer staat op een kier.

### 7.1.2 Configuratie deuren en ventilatie

Met het oog op een recente inbraakgolf zijn alle buitendeuren en ramen op de begane grond gesloten. De deur van de woonkamer naar de hal is geopend. De deur van de babyslaapkamer is gesloten. De deur van de ouderslaapkamer is geopend en zij slapen met het slaapkamerraam op een kier.

### 7.1.3 Meteo en tijdsverloop

Tijdens deze brandproef was er een westenwind van 6 m/s. De temperatuur bedroeg 11,9 °C en de relatieve vochtigheid was 89 procent.

De brand is ontstoken om 14.38 uur; dit tijdstip is gedefinieerd als  $t=0$  voor het verloop van de brand. Op  $t=61$  minuten is besloten de test te stoppen en is de veiligheidsploeg de inzet gestart.

Gedurende de test is rond  $t=22$  min geconstateerd dat het pompdebiet van de meetapparatuur voor CO/O<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> op de ouderslaapkamer te laag is, hetgeen de nauwkeurigheid van de metingen negatief beïnvloedt. Deze foutmelding heeft er overigens niet voor gezorgd dat de metingen op dat punt zijn gestopt.

## 7.2 Woonkamer

Na het ontsteken van de brand in de bank loopt de temperatuur in de woonkamer snel op: in de eerste twee minuten van de test stijgt de temperatuur op 180 cm hoogte 10 °C. In de volgende drie minuten ( $t=2/5$ ) stijgt de temperatuur op 180 cm hoogte naar 449 °C. De beschikbare hoeveelheid zuurstof bedraagt op het piekmoment van temperatuur ( $t=5$  min 14 sec/ 449 °C) 18,18 procent en neemt dan snel verder af. Dit lage percentage zuurstof lijkt de reden waarom de brand in de woonkamer smoort en niet tot flashover komt. Op  $t=27$  min stijgt de temperatuur aanzienlijk naar ongeveer 250 °C. De exacte oorzaak hiervan kan niet worden vastgesteld; er is geen wijziging aangebracht in deuren open/ dicht. Wel is achterafesignaleerd dat de vloer in de woonkamer onder de bank is doorgebrand waardoor nieuwe

zuurstof beschikbaar is gekomen. Dit lijkt de enige waarschijnlijke reden waarom de brand vanaf t=27 min iets is opgelaaid.

Opvallend is het grote verschil in temperatuur in de woonkamer op 180 cm en 50 cm hoogte: waar bij t=5 op 180 cm hoogte wordt 'gepiekt' op 449 °C, bedraagt de waarde op 50 cm hoogte op t=6 slechts 100 °C. De kritische temperatuur van 150 °C op 180 cm hoogte wordt (achter) in de woonkamer op t=2 min 53 sec bereikt. Op 50 cm hoogte wordt de temperatuur van 150 °C echter gedurende de gehele test niet gehaald.

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	2 min 53 sec	Einde test
Stralingswarmte	5 min	Einde test
CO EN HCN	7 min 42 sec	19 min 42 sec
NOx	4 min 24 sec	14 min 45 sec
O2	7 min 9 sec	Einde test

### 7.3 Ouderslaapkamer

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	52 min 15 sec	Einde test
CO EN HCN	7 min 24 sec	13 min 24 sec
NOx	4 min 24 sec	14 min 54 sec
O2	6 min 6 sec	Einde test

### 7.4 Overloop

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	5 min 26 sec	Einde test
Stralingswarmte	5 min 28 sec	Einde test
CO EN HCN	7 min 3 sec	13 min 3 sec



NOx	3 min 33 sec	14 min
O2	5 min 48 sec	Einde test

## 7.5 Babykamer

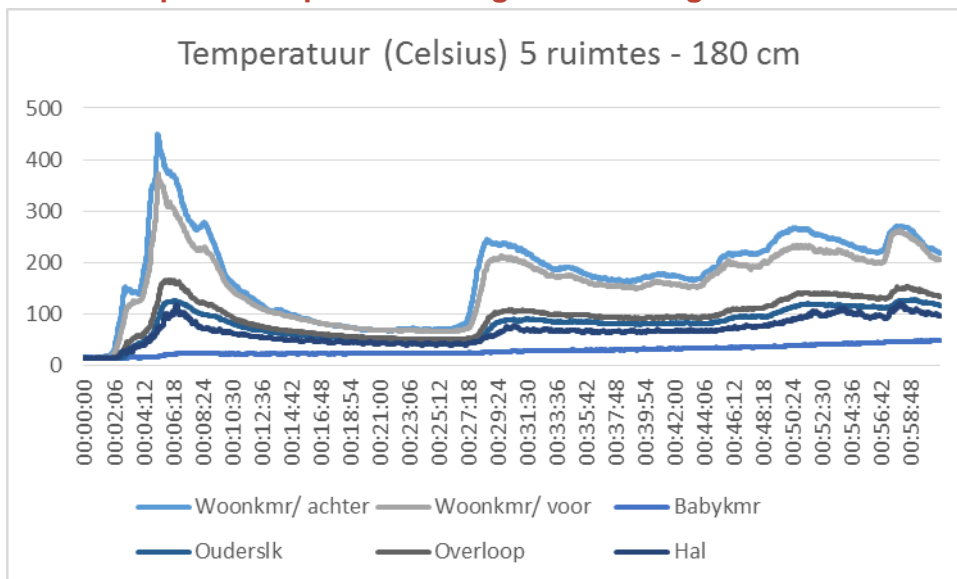
Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	Einde test	Einde test
CO EN HCN	13 min 6 sec	25 min 6 sec
NOx	9 min 33 sec	Einde test
O2	59 min 24 sec	Einde test

## 7.6 Hal

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	5 min 17 sec	Einde test
CO EN HCN	6 min 54 sec	12 min 54 sec
NOx	3 min 18 sec	14 min 9 sec
O2	5 min 51 sec	Einde test

## 7.7 Samenvatting en analyse test 3

### 7.7.1 Temperatuuropbouw in de gehele woning



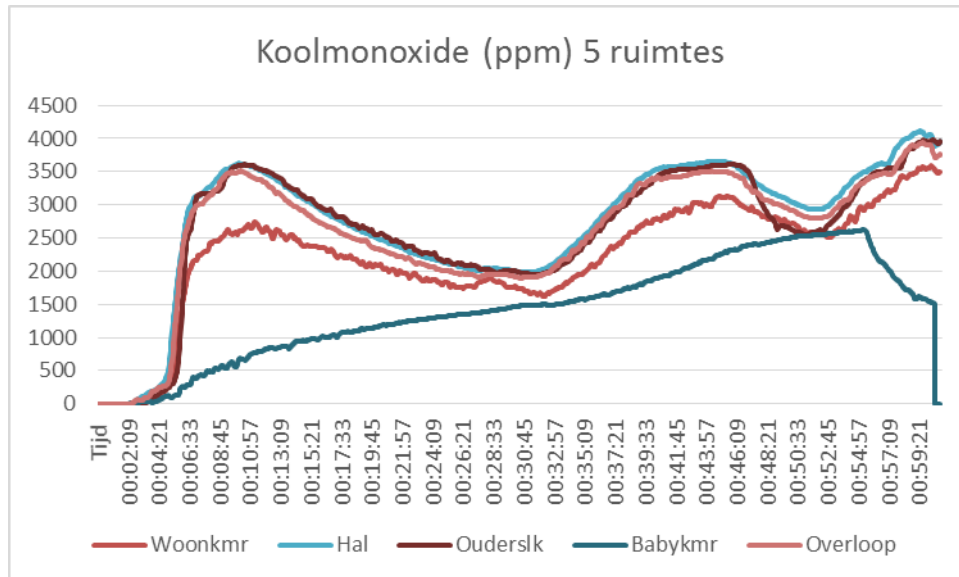
Na het ontsteken van de brand in de bank loopt de temperatuur in de woonkamer razendsnel op: in de eerste twee minuten van de test stijgt de temperatuur op 180 cm hoogte 10 °C. In de volgende drie minuten ( $t=2/5$ ) stijgt de temperatuur op 180 cm hoogte naar 449 °C. De beschikbare hoeveelheid zuurstof bedraagt op het piekmoment van temperatuur ( $t=5/449$  °C) 18,18 procent en neemt dan snel verder af. Dit is de reden waarom de brand in de woonkamer smooit en niet tot flashover komt.

Opvallend is het grote verschil in temperatuur op 180 cm en 50 cm hoogte: waar bij  $t=5$  op 180 cm hoogte wordt 'gepiekt' op 449 °C, bedraagt de waarde op 50 cm hoogte op  $t=6$  slechts 100 °C.

Evenals bij test 2 vindt onderscheid in temperatuuropbouw plaats in drie 'zones':

- Directe brandruimte (woonkamer)
- Naastgelegen ruimtes die niet beschermd werden door gesloten deur: hal, overloop, ouderslaapkamer
- De babykamer die een dichte deur had.

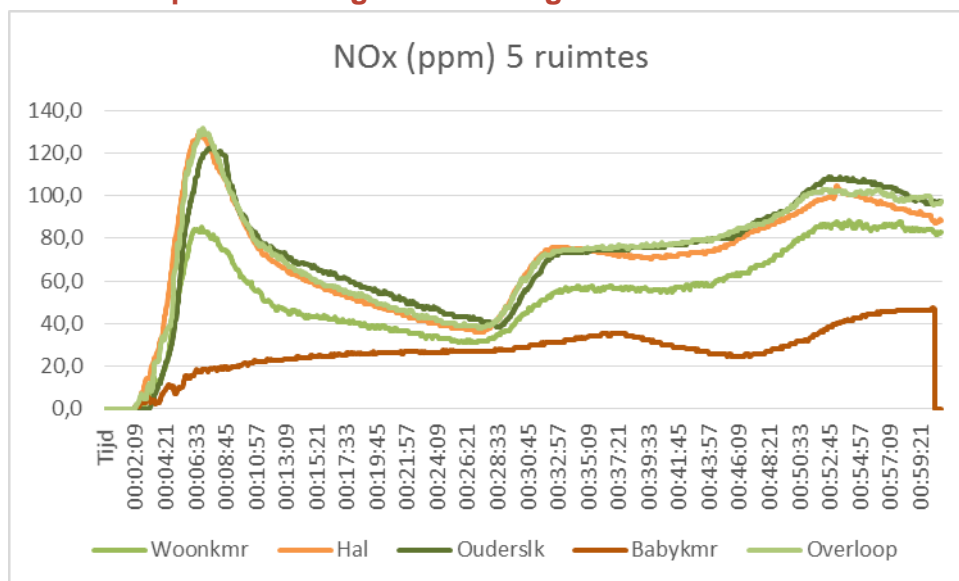
## 7.7.2 Opbouw koolmonoxide gehele woning



Zichtbaar is tevens het onderscheid in de opbouw van concentratie koolmonoxide in drie 'zones':

- Hoogste waarde koolmonoxide in de naastgelegen ruimtes die niet beschermd werden door gesloten deur: hal, overloop, ouderslaapkamer
- Hoge waarde maar lager dan in de naastgelegen ruimtes: de directe brandruimte (woonkamer)
- De babykamer die een dichte deur had.

## 7.7.3 Opbouw NOx gehele woning



Voor de opbouw van NOx is er een sterke gelijkenis in de conclusies die gelden voor koolmonoxide. Ook bij NOx is er een onderscheid in de opbouw van concentratie in drie 'zones':

- Hoogste waarde NOx in de naastgelegen ruimtes die niet beschermd werden door gesloten deur: hal, overloop, ouderslaapkamer
- Hoge waarde maar lager dan in de naastgelegen ruimtes: de directe brandruimte (woonkamer)
- De babykamer die een dichte deur had.

### 7.7.4 Test 3: het geheel overziend

Vluchten zou in deze brandproef alleen in de eerste vier minuten na het ontstaan van de brand een reële optie zijn geweest. Vanaf  $t=3$  zijn de vluchtwegen niet meer veilig genoeg om zelfstandig de buitenlucht te bereiken zonder onderweg bewusteloos te raken. Een bewusteloos slachtoffer zou vervolgens een beperkte kans hebben op overleven dan wel lange termijn gezondheidsschade oplopen.

Een slachtoffer in de enige ruimte die van de brandruimte was gescheiden door een dichte deur, heeft echter een opmerkelijke betere kans op overleven dan een slachtoffer in de andere ruimtes. In de babykamer kon een bewoner tot  $t=25$  min overleven; terwijl in andere ruimtes deze grens al na ongeveer 13 minuten werd bereikt.

Ruimte(s)	Binnendeur	Ventilatie	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Woonkamer (brandruimte)	Haldeur open	Geen	2 min 53 sec (temp)	14 min 45 sec (NOx)
Hal	Haldeur open	Geen	3 min 18 sec (NOx)	12 min 54 sec (CO)
Overloop	N.v.t.	Geen	3 min 33 sec (NOx)	13 min 3 sec (CO)
Ouderslaapkamer	Deur open	Raam op kier	4 min 24 sec (NOx)	13 min 24 sec (CO)
Babykamer	Deur dicht	Geen	9 min 33 sec (NOx)	25 min 6 sec (CO)

Ruimte	Route	Ruimte + vluchtroute vrij tot:
Woonkamer	Hal (met extra uitgang via keuken)	2 min 53 sec
Ouderslaapkamer	Overloop, hal	3 min 18 sec
Babykamer	Overloop, hal	3 min 18 sec
Overloop	Hal	3 min 18 sec
Hal	N.v.t.	3 min 18 sec

# 8 Test 4: woonkamerbrand met binnendeuren dicht

## 8.1 Startsituatie

### 8.1.1 Scenario en ontstaansbron

Dit scenario betreft een woning die wordt bewoont door een gezin bestaande uit een jong echtpaar met een baby. De ouders slapen in de slaapkamer aan de voorzijde, de baby slaapt in de slaapkamer aan de achterzijde. De deur van de ouderslaapkamer staat open, de deur van de babykamer is gesloten. Er breekt in de nachtelijke uren, terwijl iedereen slaapt, brand uit in de woonkamer in de bank. De deur tussen de woonkamer en de hal is gesloten. Er zijn in de woning gekoppelde en werkende rookmelders aanwezig. Alle buitendeuren en ramen zijn gesloten, alleen het raam van de ouderslaapkamer staat op een kier.

Het verschil tussen dit scenario en het scenario van test 3 betreft de aanwezigheid van werkende rookmelders en het gesloten zijn van de deur tussen de woonkamer en de hal.

### 8.1.2 Configuratie deuren en ventilatie

Met het oog op een recente inbraakgolf waren alle buitendeuren en ramen op de begane grond gesloten. De deur van de woonkamer naar de hal is gesloten. De deur van de babyslaapkamer is gesloten. De deur van de ouderslaapkamer is geopend en zij slapen met het slaapkamerraam op een kier.

### 8.1.3 Meteo en tijdsverloop

Tijdens deze brandproef was er een NNW wind van 7 m/s. De temperatuur bedroeg 11,5 °C en de relatieve vochtigheid was 73 procent.

Op t=35 min 45 sec vallen de meetinstrumenten voor CO, O<sub>2</sub> en Nox op de ouderslaapkamer en de overloop uit. Op t=58 min 21 sec is de oorspronkelijke test gestopt. De meetapparatuur is echter draaiend gehouden gedurende het openen van de keukendeur en het plegen van een offensieve binneninzet door de veiligheidsploeg. Het tijdvak *na* de oorspronkelijke test bleek minstens zo interessant als de eigenlijke test. De resultaten van deze twee tijdvakken worden hier apart gepresenteerd.

## 8.2 Woonkamer

Ten aanzien van de omgevingscondities van de woonkamer moet de analyse in twee delen worden gesplitst: het tijdvak t=0 t/m t=58 (tot openen keukendeur) en het tijdvak t=58 t/m t=68 (openen keukendeur en daarna).

### 8.2.1 Tijdvak t=0 t/m t=58

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	4 min 3 sec	59 min 40 sec
Stralingswarmte	5 min 2 sec	Einde test
CO en HCN	8 min 12 sec	14 min 12 sec
NOx	3 min 42 sec	13 min 48 sec
O2	5 min 33 sec	60 min 3 sec

### 8.2.2 Tijdvak t=58 t/m t=68

In het logboek is opgenomen dat om 11.35.14 (t=58 min 21 sec) de 'deur achterzijde geopend' is. Dit is echter het tijdstip waarop deze informatie is genoteerd. Dit impliceert dat vlak voordat deze notering is gemaakt, de keukendeur is geopend. Waar bijna 10 minuten voor dit tijdstip de temperatuur in de woonkamer tussen de 135 en 140 °C heeft geschommeld, zien we deze vanaf t=58 opeens boven de 140 °C uitkomen en oplopen. Daarom wordt t=58 als het tijdstip aangenomen waarop de keukendeur daadwerkelijk open is gezet.

In het tijdvak t=58 t/m t=68 vinden de volgende wijzigingen plaats in de metingen:

- Het percentage zuurstof begint te stijgen vanaf t=58 min 21 sec. Na het openen van de keukendeur heeft de 'verse' zuurstof echter enige tijd nodig om zich te verplaatsen van de keukendeur naar de sensor. Bovendien passeert de zuurstof dan eerst de brandende bank, die een deel van de zuurstof automatisch op gebruikt. Op t=58 min 27 sec bedraagt het percentage zuurstof 18,39 procent. Dat betekent dat het percentage zuurstof in een halve minuut is gestegen van 17,38 naar 18,39 procent. Op grond van literatuur<sup>13</sup> kan gesteld worden dat dit verschil in zuurstofpercentage voldoende is om een brand opeens snel te laten ontwikkelen in plaats van te onderhouden.
- De temperatuur stijgt van 140 °C op t=58 naar 154 °C op t=58 min 27 sec, en stijgt dan zeer snel naar 273,3 °C op t=59 min 27 sec en 687,7 °C op t=60 min 1 sec.

Op 50 cm hoogte wordt de temperatuur van 150 °C op t=59 min 40 sec gehaald. De grenswaarde van 6 kW/m<sup>2</sup> voor een niet meer overleefbare situatie wordt in de woonkamer op t=60 min 15 sec bereikt. De grens van 12800 ppm koolmonoxide (acute letaliteit) wordt op t=60 min 18 sec bereikt als de keukendeur twee minuten is geopend. Een concentratie van bijna 40.000 ppm koolmonoxide die enkele tijd later wordt gemeten, oftewel 4 volumeprocent, is zeer hoog. De zelfontbrandingstemperatuur van koolmonoxide bedraagt 605 °C. De explosiegrenzen van koolmonoxide bedragen 11-76 volumeprocent. De Lower explosion limit (LEL) van koolmonoxide bedraagt dus 11 volumeprocent en de 10 procent LEL dus 1,1 procent. De 10 procent LEL van koolmonoxide is dus ruim overschreden tijdens deze brandproef. Op het moment dat de concentratie koolmonoxide echter stijgt, neemt het percentage zuurstof sterk af.

<sup>13</sup> Beyler, C. (2002). Flammability Limits of Premixed and Diffusion Flames, Section Two: Chapter 7. *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (3rd Edition), 172-187.

## 8.3 Ouderslaapkamer

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	Einde test	Einde test
CO en HCN	5 min 15 sec	37 min
NOx	Einde test	Einde test
O2	59 min 24 sec	Einde test

## 8.4 Overloop

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	Einde test	Einde test
CO en HCN	18 min 6 sec	30 min 6 sec
NOx	5 min 57 sec	34 min 36 sec
O2	59 min 24 sec	Einde test

## 8.5 Babykamer

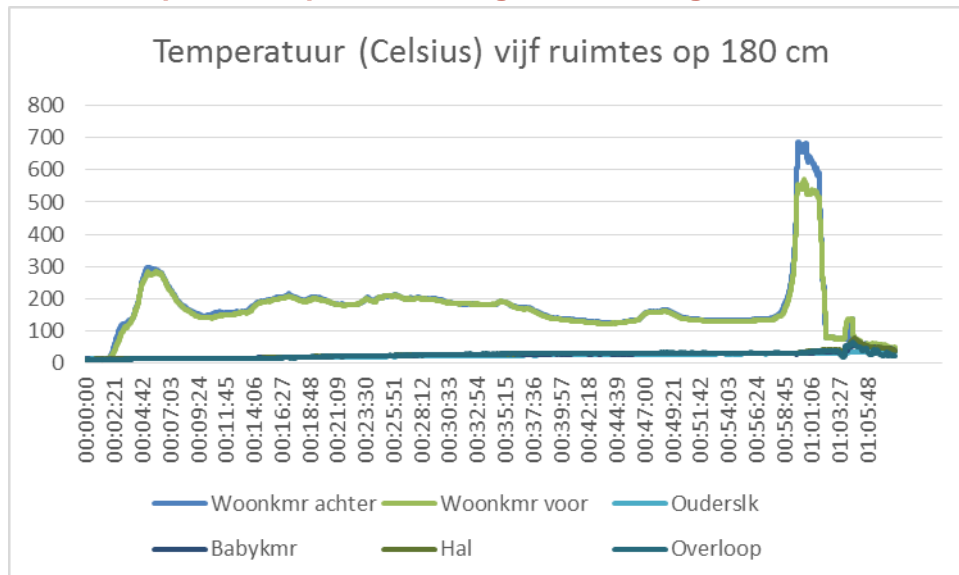
Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	Einde test	Einde test
CO en HCN	Einde test	Einde test
NOx	Einde test	Einde test
O2	Einde test	Einde test

## 8.6 Hal

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	Einde test	Einde test
CO en HCN	22 min 9 sec	46 min 9 sec
NOx	13 min 18 sec	45 min 48 sec
O2	Einde test	Einde test

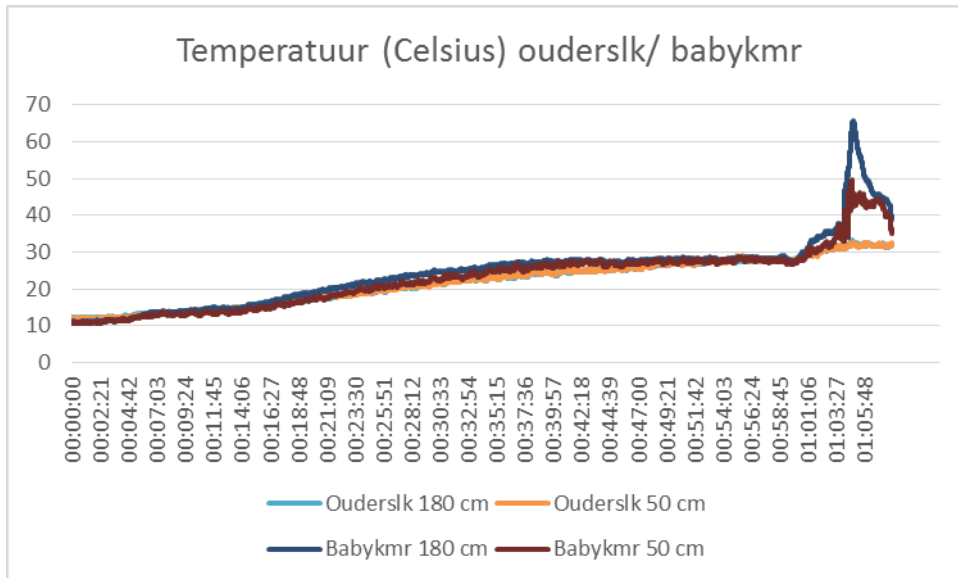
## 8.7 Samenvatting en analyse test 4

### 8.7.1 Temperaturopbouw in de gehele woning



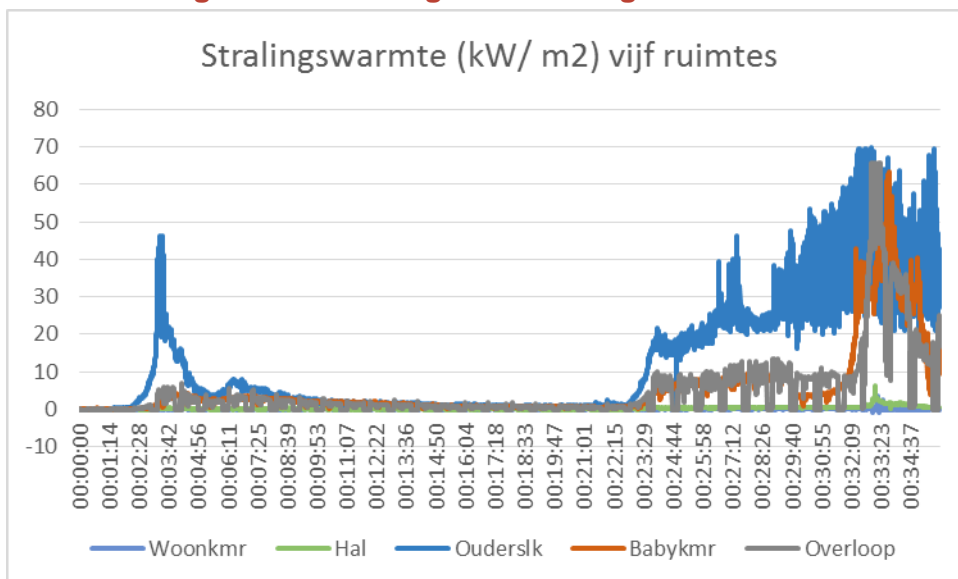
Er is een groot onderscheid tussen de temperaturopbouw in de woonkamer en de overige ruimtes in de woning. Dit onderscheid wordt bewerkstelligd door de gesloten deur (naar de hal) en door de verdiepingsvloer. In deze is het onderscheid met test 3 – waar de brand onder exact dezelfde condities is ontstoken met uitzondering van de geopende haldeur – goed zichtbaar en interessant.





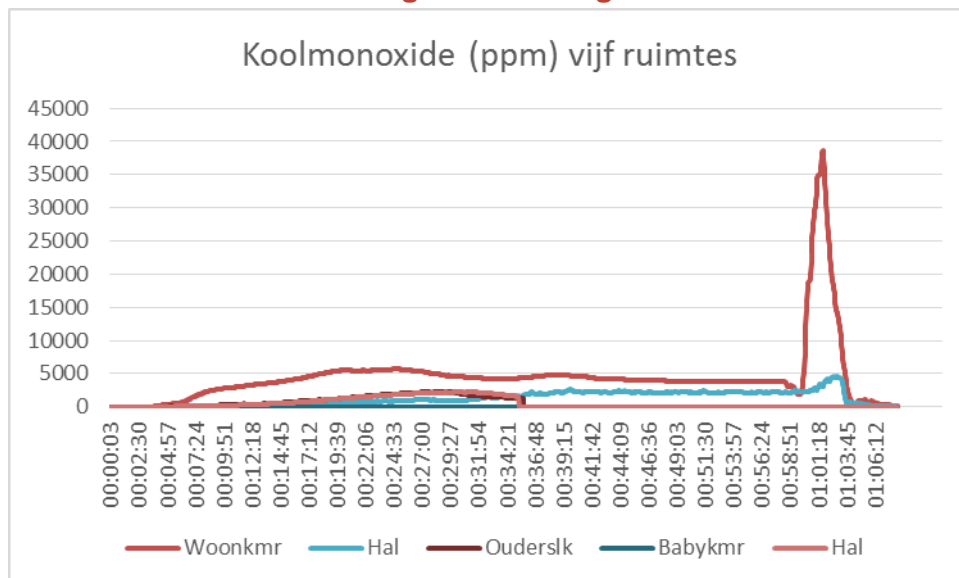
Zichtbaar is het verschil in temperatuuropbouw op de babykamer met de naastgelegen ouderslaapkamer: zowel voor als na het openen van de keukendeur en het starten van de offensieve binneninzet als daarna is er in de babykamer sprake van minder opgelopen temperatuur.

### 8.7.2 Stralingswarmte in de gehele woning



Evenals voor de opbouw van temperatuur geldt voor stralingswarmte een groot onderscheid tussen de temperatuuropbouw in de woonkamer en de overige ruimtes in de woning.

### 8.7.3 Koolmonoxide in de gehele woning



Een concentratie van bijna 40.000 ppm koolmonoxide, oftewel 4 volumeprocent, is hoog. De explosiegrenzen van koolmonoxide bedragen 11-76 volumeprocent. De Lower explosion limit (LEL) van koolmonoxide bedraagt dus 1,1 volumeprocent. De LEL van koolmonoxide is dus ruim overschreden tijdens deze brandproef.

### 8.7.4 Test 4: het geheel overziend

De gemeten waarden van temperatuur, koolmonoxide en NOx duiden (wederom) op aanzienlijk verschil in overleefbaarheid tussen brandruimte en overige ruimten in de woning. Alle ruimten in de woning zijn in vergelijking tot de brandruimte langer overleefbaar. In deze test was er één ruimte (de babykamer) die door twee deuren was gescheiden van de brandruimte en deze ruimte scoort wederom beter in overleefbaarheid dan de naastgelegen ouderslaapkamer waar de deur wel geopend was. Meerdere deuren als buffer tegen hitte en rook is dus (nog) beter dan één deur.

Ruimte(s)	Binnendeur	Ventilatie	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Bepaalde kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Woonkamer	Haldeur dicht	Geen	3 min 45 sec (NOx)	13 min 48 sec (NOx)
Hal	Haldeur dicht	Geen	13 min 18 sec (NOx)	45 min 48 sec (NOx)
Overloop	N.v.t.	Geen	5 min 57 sec (NOx)	30 min 6 sec (CO)
Ouderslaapkamer	Open	Raam op kier	5 min 15 sec (NOx)	29 min 18 sec (CO)
Babykamer	Dicht	Geen	Einde test	Einde test <sup>14</sup>

<sup>14</sup> Einde formele test; dus tot openen keukendeur.

Ruimte	Route	Ruimte + vluchtroute vrij tot:
Woonkamer	Hal (met extra uitgang via keuken)	3 min 45 sec
Ouderslaapkamer	Overloop, hal	5 min 15 sec
Babykamer	Overloop, hal	5 min 57 sec
Overloop	Hal	5 min 57 sec
Hal	N.v.t.	13 min 18 sec

# 9 Test 5: woonkamerbrand met voordeur open

## 9.1 Scenario en ontstaansbron

Dit scenario betreft een woning die wordt bewoont door een gezin bestaande uit een jong echtpaar met een baby. Het is zondagmiddag en het gezin doet een middagdutje. Vader op de bank in de woonkamer, moeder op de ouderslaapkamer aan de voorzijde en de baby op de babykamer aan de achterzijde. De deur van de ouderslaapkamer staat open; de deur van de babykamer is gesloten. Het raam van de ouderslaapkamer staat op een kier. Er breekt brand uit in de TV in de woonkamer en de vader wordt gealarmeerd door de rookmelder. De vader ziet nog net kans om via de voordeur de woning te verlaten en belt de brandweer. De deur tussen de woonkamer en de hal en de voordeur blijven open staan. Moeder en baby zijn nog boven in de woning aanwezig. Het is dan 2,5 minuut na het ontstaan van de brand.

### 9.1.1 Configuratie deuren en ventilatie

De buitendeuren zijn bij het ontstaan van de brand gesloten. Bij het vluchten heeft de vader echter de haldeur en de voordeur open laten staan. Dat betekent dat de voordeur op  $t=3$  min 54 sec open is gezet. Het raam op de ouderslaapkamer staat op een kier.

### 9.1.2 Meteo en tijdsverloop

Tijdens deze brandproef was er een NW wind van 6 m/s. De temperatuur bedroeg 11,7 °C en de relatieve vochtigheid was 71 procent.

De brandproef is gestart met gesloten voordeur, deze is 10 seconden na het afgaan van de rookmelder in de hal geopend op  $t=3$  min 54 sec om het vluchten van de bewoner te simuleren. Op  $t=27$  min 35 sec is de bank in de woonkamer dicht op de vuurhaard geplaatst, en is de deur naar de hal en de voordeur gesloten. Op  $t=44$  min 27 sec is de veiligheidsploeg gestart met de blussing.

## 9.2 Woonkamer

Op  $t=7$  minuten is een kleine ruit aan de achterzijde gesprongen en werd de brand uitslaand. Hierna leek de brand zichzelf 'leeg' te ventileren door de luchtstroom vanuit de voordeur, zeker aangezien op  $t=14$  minuten ook het grote raam eruit is gesprongen. Nadat de beschikbare brandstof op  $t=28$  min 10 sec op was, is brandstof verplaatst en de voordeur gesloten. Hierna is een zeer sterke stijging van de temperatuur en stralingswarmte te zien, waardoor zeer snel sprake is van een niet meer overleefbare situatie. Opvallend is dat er in de woonkamer nauwelijks sprake is van koolmonoxide en NOx. Vermoedelijk is dit te danken aan een forse *aanvoer* van zuurstof via de gesprongen ruiten, die een optimale verbranding mogelijk maakte en tegelijk de *afvoer* van verbrandingsgassen door de gebarsten ruit.

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	4 min 55 sec	29 min 33 sec
Stralingswarmte	11 min	29 min 16 sec
CO en HCN	Einde test	Einde test
NOx	Einde test	Einde test
O2	Einde test	Einde test

### 9.3 Ouderslaapkamer

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	30 min 44 sec	42 min 11 sec
Stralingswarmte	30 min 17 sec	31 min 47 sec
CO en HCN	Einde test	Einde test
NOx	Einde test	Einde test
O2	Einde test	Einde test

### 9.4 Overloop

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	29 min 57 sec	31 min 25 sec
Stralingswarmte	14 min 2 sec	31 min 58 sec
CO en HCN	Einde test	Einde test
NOx	Einde test	Einde test
O2	Einde test	Einde test

## 9.5 Babykamer

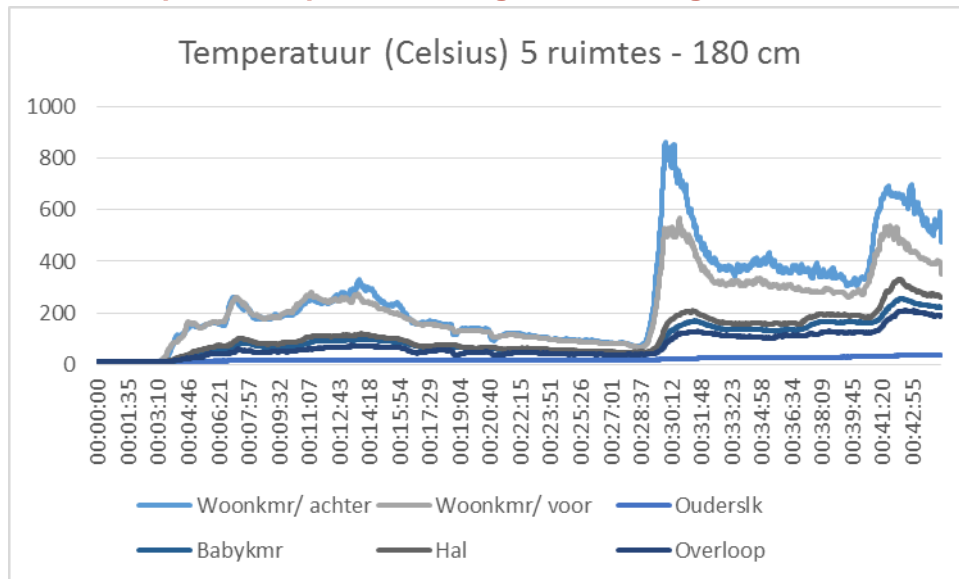
Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	Einde test	Einde test
CO en HCN	Einde test	Einde test
NOx	Einde test	Einde test
O2	Einde test	Einde test

## 9.6 Hal

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	30 min 46 sec	30 min 46 sec
Stralingswarmte	12 min 22 sec	30 min 28 sec
CO en HCN	Einde test	Einde test
NOx	Einde test	Einde test
O2	Einde test	Einde test

## 9.7 Samenvatting en analyse test 5

### 9.7.1 Temperatuuropbouw in de gehele woning

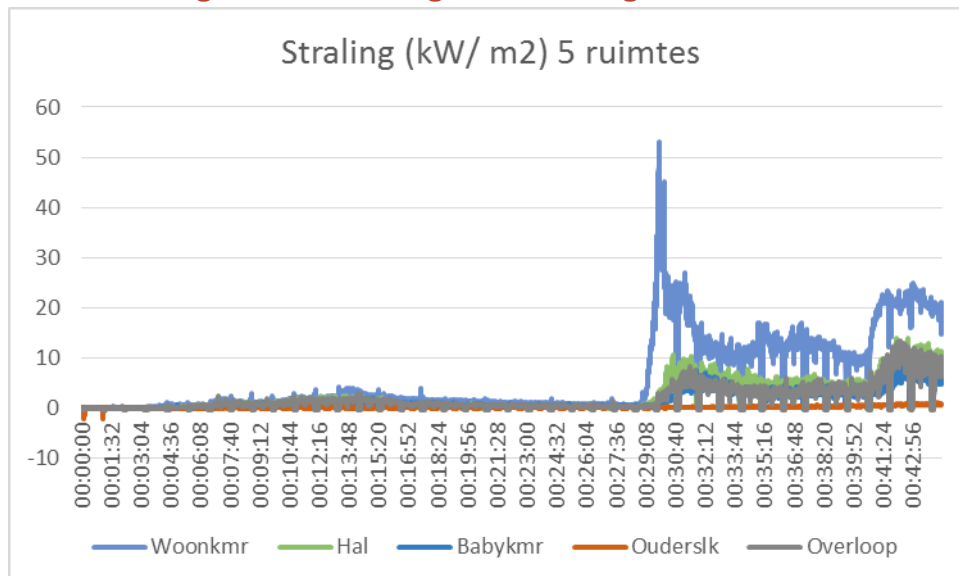


Onderscheid in opbouw temperatuur:

- Directe brandruimte (woonkamer)
- Andere ruimten in dezelfde woning die in (open) verbinding staan met de brandruimte (woonkamer): hal, overloop en ouderslaapkamer
- De babykamer, die middels een deur was afgesloten van de overloop die op zijn beurt in open verbinding stond met de brandruimte.

Opbouw temperatuur vindt het snelste plaats in de primaire brandruimte. Verbonden ruimten stijgen mee, maar minder snel en er is ook een minder hoge temperatuur waar te nemen. In de afgesloten ruimte vindt maar een zeer geleidelijke en lage temperatuuropbouw plaats.

### 9.7.2 Stralingswarmte in de gehele woning

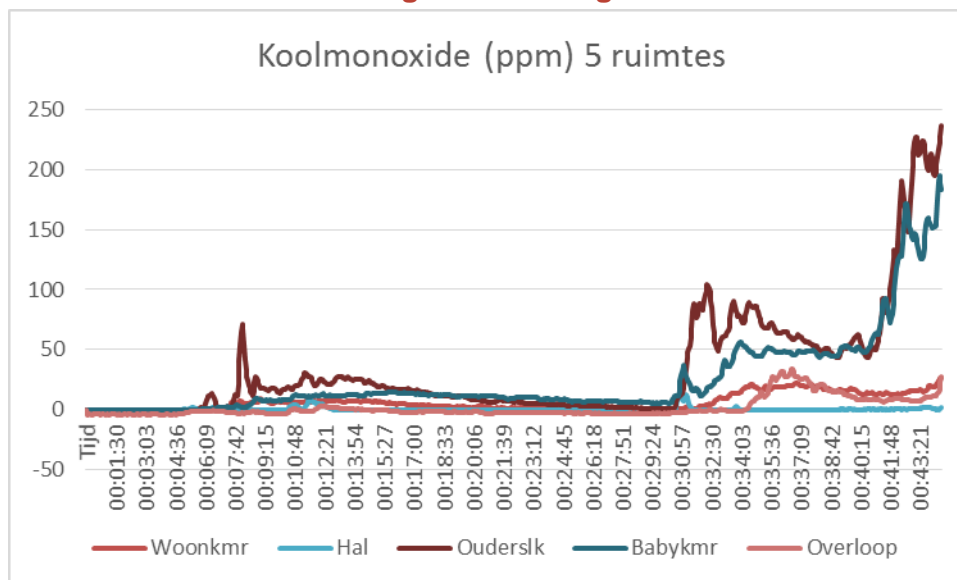


De grens voor een niet meer overleefbare situatie wordt pas bereikt nadat er een ingreep in het scenario heeft plaatsgevonden. Het beeld is dan dat er – net als bij temperatuur – een verschillende opbouw plaatsvindt:

- In de directe brandruimte (woonkamer) stijgt de straling het sterkst

- In de andere ruimten in dezelfde woning, die in open verbinding staan met de brandruimte (woonkamer): hal, overloop en ouderslaapkamer stijgt de straling ook fors, maar aanzienlijk minder dan in de primaire brandruimte
- In de babykamer, die middels een deur was afgesloten van de overloop die op zijn beurt in open verbinding stond van de brandruimte, is er nauwelijks sprake van een verhoging van de stralingswarmte.

### 9.7.3 Koolmonoxide in de gehele woning

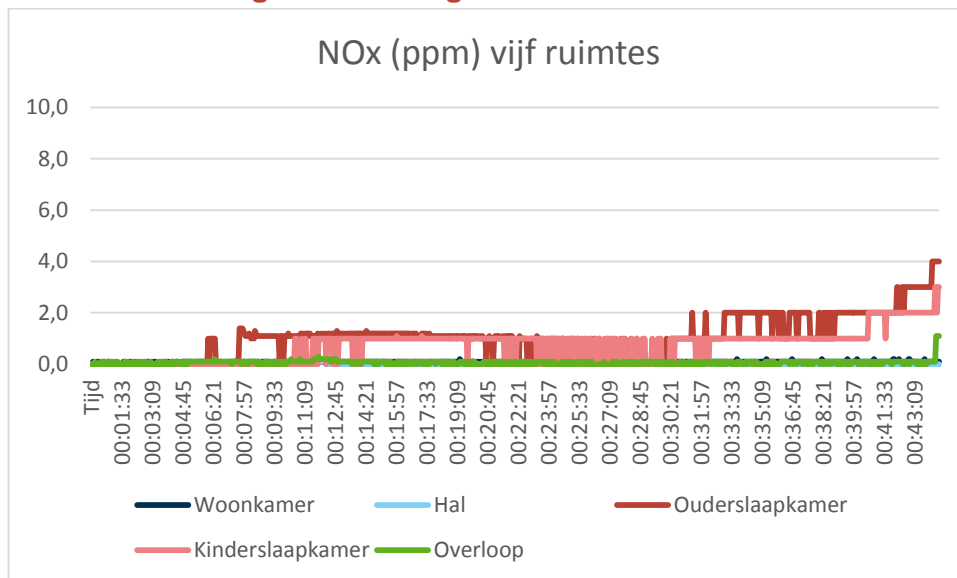


Totdat op 28 min 10 sec een ingreep plaatsvindt in de woonkamer, is er in de gehele woning nauwelijks sprake van een opbouw van koolmonoxide. Enkel op de ouderslaapkamer is kortstondig sprake van een lichte maar tegelijk korte verhoging. Dit is ook logisch: door de open voordeur kan een groot deel van de rook naar buiten ontsnappen en verse lucht binnenstromen.

Na de ingreep is er in de woonkamer nog steeds een zeer lage concentratie koolmonoxide; vermoedelijk als resultaat van een optimale verbranding die plaatsvindt doordat er onbeperkt zuurstof in een hete omgeving stroomt. Op de babykamer en ouderslaapkamer begint er dan een iets hogere concentratie koolmonoxide op te bouwen. Dit is, blijkens de videobeelden, een resultaat van rook die door de vloer heen geperst wordt en vermoedelijk ook van de vloer die uit aan het gassen is. Gezien de maximale concentratie van 250 ppm is deze concentratie echter nog steeds beperkt.



## 9.7.4 NOx in de gehele woning



Tijdens deze brandproef zijn slechts lage concentraties NOx gemeten. Dat is opmerkelijk in vergelijking tot eerdere testen, waar deze veel hoger lagen. Deze lagere concentratie is vermoedelijk een direct gevolg van het andere ventilatieprofiel tijdens de brand: de voordeur stond open en/of er was aanzienlijke ventilatie via het woonkamerraam aan de achterzijde. Daardoor kon er veel minder NOx opbouwen (concentraties verdwenen naar buiten) en vond er een schonere verbranding plaatsvinden (er ontstonden minder NOx).

## 9.7.5 De vijfde brandproef overziend

Ook de vijfde brandproef kende een opmerkelijk brandverloop. Dit gold zowel voor het traject voor als na de ingreep die op 28 minuten en 10 seconden plaatsvond.

*t=0 t/m t=28 min 10 sec*

Na het ontsteken van de brand is er in de woonkamer sprake van een snel stijgende temperatuur die – zodra de bank goed vlam heeft gevat – in vier minuten oploopt tot 262,7 °C, en doorstijgt naar 297 °C. Dan stopt de stijging van de temperatuur. Ondanks het gegeven dat de gehele ruimte vol rook staat, bedraagt het percentage zuurstof nog steeds 21 procent. Er kan dus ook geen andere conclusie getrokken worden dan dat dit een brandstof gecontroleerde brand is: de brand heeft onvoldoende brandstof om zich verder uit te breiden. Bij deze conclusie moet echter de factor ventilatie worden betrokken: op t=8 springt het kleine raam aan de achterzijde van de woonkamer, waardoor er een directe luchtstroom ontstaat van de voordeur naar het gesprongen raam aan de achterzijde. De (opgebouwde) warmte wordt met dit ventilatiepad mee naar buiten gevoerd, waardoor er zelfs een daling van de temperatuur plaatsvindt.

*t=28 min 10 sec t/m einde test*

Als de brandstof in de woonkamer iets dichterbij de brand is geplaatst en de haldeur is gesloten, begint vanaf t=28 min 40 sec de temperatuur te stijgen. Op t=29 min 54 sec wordt dan 861 °C gemeten op 180 cm hoogte (achter in de woonkamer). Dat betekent dat in 1 minuut de temperatuur 787 °C is gestegen. Deze forse piek in de temperatuur vindt overigens met name aan de achterzijde van de woning plaats; aan de voorzijde wordt een stijging van 500 °C gemeten. De forse piek in de temperatuuropbouw in de woonkamer vindt maar ten dele plaats in de andere ruimten van de woning.

Indicatie op basis van brandproef 5:

- In het tijdvak t=0 t/m t=298 min 10 sec zijn alle ruimtes in de woning overleefbaar. In de woonkamer wordt vluchten belemmerd vanaf t=4 min 55 sec, in de hal vanaf t=12

min 22 sec. De overige ruimtes kon men tot het einde van de test onbelemmerd ontvluchten.

- In het tijdvak t=28 min 10 sec tot het einde van de test treedt een forse verslechtering op in de omstandigheden voor ontvluchten en overleven. Enkel en alleen op de babykamer kon men toen nog overleven. Dit indiceert wederom het grote verschil tussen deur open en deur dicht in termen van overleefbaarheid.
- Tijdens de test werd een groot verschil bemerkt toen de bank op t=28 min 10 sec dicht bij de vuurhaard is geplaatst. Ook het feit dat de kleine buitenruit bij de TV snel sprong, had grote gevolgen. Op grond daarvan kan de conclusie getrokken worden dat kleine factoren in de configuratie van een woning grote gevolgen kunnen hebben voor brandverloop en overleefbaarheid. Deze configuratie betreft de opstelling van meubels, soort meubels en het ventilatieregime.

Ruimte(s)	Binnendeur	Ventilatie	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Woonkamer	Haldeur dicht	Geen	4 min 55 sec (temp)	29 min 16 sec (str)
Hal	Haldeur dicht	Geen	12 min 22 sec (str)	30 min 28 sec (str)
Overloop	N.v.t.	Geen	Einde test	Einde test
Ouderslaapkamer	Open	Raam op kier	Einde test	Einde test
Babykamer	Dicht	Geen	Einde test	Einde test

Ruimte	Route	Ruimte + vluchtroute vrij tot:
Woonkamer	Hal (met extra uitgang via keuken)	4 min 55 sec
Ouderslaapkamer	Overloop, hal	12 min 22 sec
Babykamer	Overloop, hal	12 min 227 sec
Overloop	Hal	12 min 22 sec
Hal	N.v.t.	12 min 22 sec

# 10 Test 6: slaapkamerbrand met binnendeuren open

## 10.1 Scenario en ontstaansbron

### 10.1.1 Scenario en ontstaansbron

Dit scenario betreft een woning die wordt bewoont door een gezin bestaande uit een jong echtpaar met een baby. De ouders slapen in de slaapkamer aan de voorzijde, de baby slaapt in de slaapkamer aan de achterzijde. De beide slaapkamerdeuren zijn geopend. Beide ramen op de ouderslaapkamer staan op een kier, evenals het raam op de babykamer. Er breekt in de nachtelijke uren, terwijl iedereen slaapt, brand uit als gevolg van een defect bij de elektrische deken. Er is geen werkende rookmelder aanwezig. Alle buitendeuren, evenals de deur tussen de woonkamer en de hal, zijn gesloten.

Het verschil tussen dit scenario en het scenario van test 1 betreft dus het geopend zijn van de deuren en ramen van de ouderslaapkamer en van de babyslaapkamer.

### 10.1.2 Configuratie deuren en ventilatie

Op de ouderslaapkamer staan twee raampjes op een kier aangezien zij van frisse lucht houden 's nachts. Op de babykamer staat het raam eveneens een klein stukje open. Met het oog op een recente inbraak golf waren alle buitendeuren en ramen op de begane grond gesloten. De deur van de woonkamer naar de hal is gesloten.

### 10.1.3 Meteo en tijdsverloop

Tijdens deze brandproef was er een ZZW wind van 5 m/s. De temperatuur bedroeg 11,5 °C en de relatieve vochtigheid was 90 procent.

Met het oog op het lage percentage zuurstof op de bovenverdieping is op t=14 min 3 sec het slaapkamerraam van de babykamer volledig geopend. Op t=21 min 36 sec is visueel in de ouderslaapkamer geconstateerd dat de brand nagenoeg uit was. Vervolgens is de kledingkast op de brand geplaatst. Op t=29 min 35 sec is de voordeur geopend om de start van een offensieve binneninzet te simuleren.

Vooraf aan de test is er een afwijking aan de meetcel voor koolmonoxide in de hal gesignaleerd; deze was echter niet op te lossen. Dit betekent dat deze cijfers met enige terughoudendheid moeten worden beschouwd.

## 10.2 Ouderslaapkamer (brandruimte)

De brand, die het eerste half uur van de test net niet beperkt is gebleven tot de ouderslaapkamer, heeft een aantal maal van brandregime gewisseld. De brand startte brandstof gecontroleerd en werd daarna zuurstofgecontroleerd, totdat het bed grotendeels was weggebrand, toen werd de brand wederom brandstof gecontroleerd. Nadat er brandstof bij geplaatst was, ging de brand snel weer even van brandstof gecontroleerd naar zuurstofgecontroleerd. Het openen van de deur veranderde het ventilatieprofiel. De brand kwam namelijk volledig tot flashover op de gehele bovenverdieping, met temperaturen tot boven de 1000 °C. Dit toont aan dat er sprake moet zijn van een goede balans tussen

brandstof en zuurstof om tot volledige ontwikkeling te komen. Tijdens deze test is vastgesteld dat brand niet verder zal ontwikkelen als er (te) weinig zuurstof is, maar ook dat brand zich niet verder zal ontwikkelen als de brandstof opraakt.

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	2 min 27 sec	3 min 10 sec
Stralingswarmte	2 min 24 sec	2 min 51 sec
CO en HCN	3 min 9 sec	6 min 9 sec
NOx	2 min 15 sec	12 min 24 sec
O2	2 min 42 sec	28 min 21 sec

### 10.3 Overloop

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	3 min 10 sec	27 min 9 sec
Stralingswarmte	3 min 15 sec	23 min 57 sec
CO en HCN	3 min 18 sec	6 min 18 sec
NOx	2 min 15 sec	12 min 24 sec
O2	2 min 42 sec	3 min 9 sec

### 10.4 Babykamer

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	2 min 56 sec	32 min 7 sec
Stralingswarmte	3 min 30 sec	24 min 40 sec
CO en HCN	3 min 9 sec	6 min 30 sec
NOx	2 min 24 sec	12 min 24 sec
O2	2 min 51 sec	3 min 36 sec

## 10.5 Hal

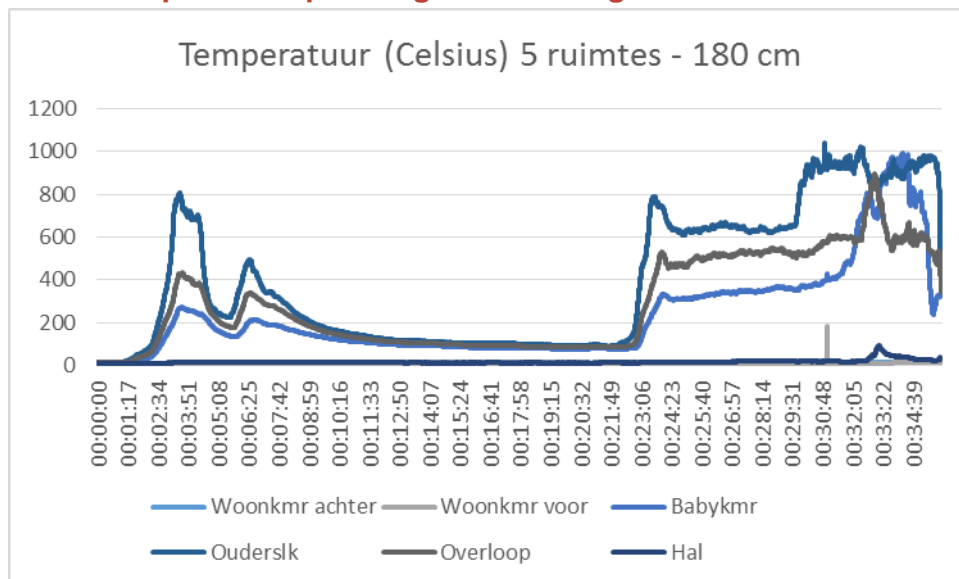
Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	33 min 1 sec	33 min 8 sec
CO en HCN	Einde test	Einde test
NOx	Einde test	Einde test
O2	Einde test	Einde test

## 10.6 Woonkamer

Factor	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Temperatuur	Einde test	Einde test
Stralingswarmte	33 min 15 sec	Einde test
CO en HCN	27 min 45 sec	Einde test
NOx	Einde test	Einde test
O2	Einde test	Einde test

## 10.7 Samenvatting en analyse test 6

### 10.7.1 Temperaturopbouw gehele woning



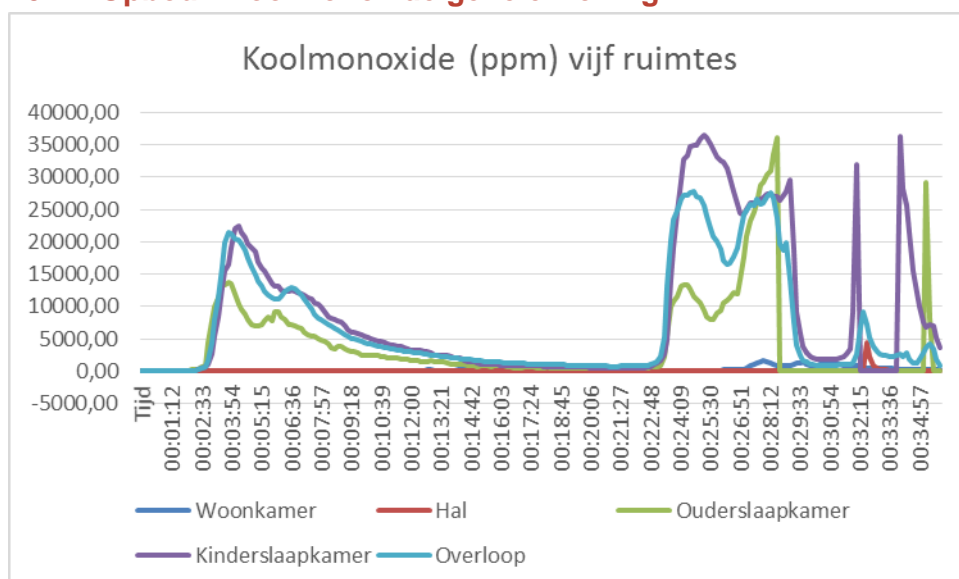
Er is bij deze brandproef een duidelijke zonerings zichtbaar in de temperaturopbouw:

- Brandruimte (ouderslaapkamer)
- Eerste gekoppelde ruimte (overloop)
- Tweede gekoppelde ruimte (babykamer)
- Beneden de brand (hal, woonkamer).

Deze zonerings werkt tot het moment dat flashover wordt bereikt in de babykamer; dan schiet de temperatuur omhoog.

Opmerkelijk is het verschil tussen de temperatuur in de hal en de overloop: terwijl deze met elkaar in open verbinding staan, is er een zeer groot verschil in temperaturopbouw. Dit verschil kan enkel worden verklaard door het hoogteverschil: de hal is namelijk drie meter lager dan de overloop.

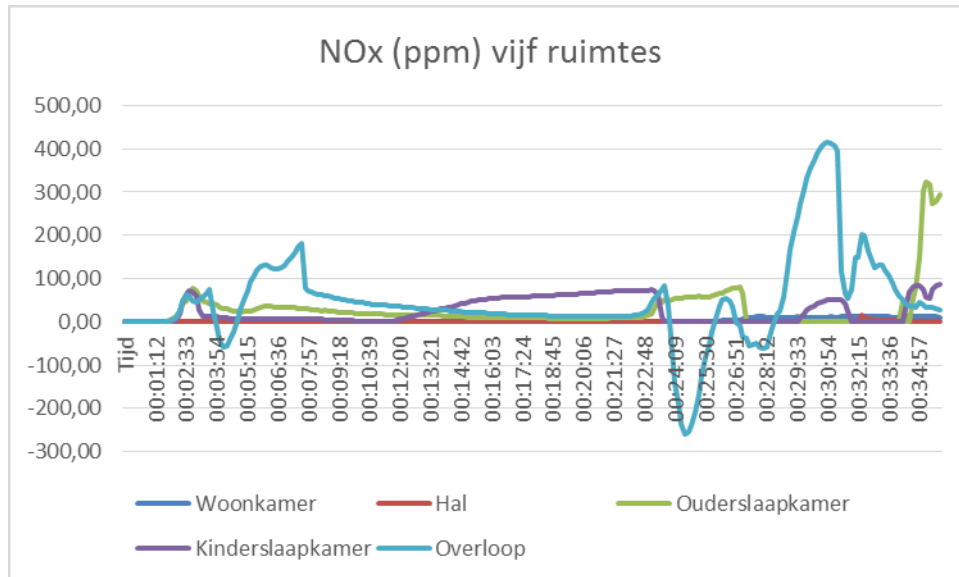
### 10.7.2 Opbouw koolmonoxide gehele woning



Er zijn gedurende deze brandproef zeer hoge waarden koolmonoxide gemeten, zowel tijdens de initiële brandontwikkeling als tijdens de brandontwikkeling nadat nieuwe brandstof is geplaatst. Vanaf het moment dat de voordeur is geopend neemt de concentratie NOx enige tijd zeer sterk af, waarna deze echter in de babykamer en de overloop ook weer stijgt.

Er is (wederom) een grote overeenkomst in opbouw van de koolmonoxide tussen de twee ruimtes die aan de brandruimte grenzen. Deze scoren hogere waarden dan de brandruimte zelf. In de hal en woonkamer is koolmonoxide nauwelijks een issue, zelfs op het moment dat de voordeur nog gesloten was.

### 10.7.3 Opbouw NOx gehele woning



De opbouw van NOx verloopt grillig tijdens de zesde brandproef. In de hal en woonkamer wordt er geen (significante) concentratie vastgesteld. Op de verdieping zijn er echter hoge concentraties NOx die aanvankelijk gelijk oplopen in ouderslaapkamer, babykamer en overloop, maar daarna aanzienlijk gaan divergeren.

### 10.7.4 Het geheel van test 6 overziend

De brand, die het eerste half uur van de test net niet beperkt is gebleven tot de ouderslaapkamer, heeft een aantal maal van brandregime gewisseld. De brand startte brandstof gecontroleerd en werd daarna zuurstofgecontroleerd, totdat het bed grotendeels was weggebrand, toen werd de brand wederom brandstof gecontroleerd. Nadat er brandstof bij geplaatst was, ging de brand snel weer even van brandstof gecontroleerd naar zuurstofgecontroleerd. Het openen van de deur veranderde het ventilatieprofiel. De brand kwam namelijk volledig tot flashover op de gehele bovenverdieping, met temperaturen tot boven de 1000 graden Celsius. Dit toont aan dat er sprake moet zijn van een goede balans tussen brandstof en zuurstof om tot volledige ontwikkeling te komen. Tijdens deze test is vastgesteld dat brand niet verder zal ontwikkelen als er (te) weinig zuurstof is, maar ook dat brand zich niet verder zal ontwikkelen als de brandstof opdraakt.

Opmerkelijk is het verschil tussen de temperatuur in de hal en de overloop. Terwijl beide ruimtes met elkaar in open verbinding staan, is er een zeer groot verschil in temperatuuroopbouw. Dit verschil kan enkel worden verklaard door het hoogteverschil: de hal is namelijk drie meter lager dan de overloop.

Ruimte(s)	Binnendeur	Ventilatie	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
Woonkamer	Haldeur dicht	Geen	27 min 45 sec (CO)	Einde test
Hal	Haldeur dicht	Geen	33 min 1 sec (str)	33 min 8 sec (str)
Overloop	N.v.t.	Geen	2 min 15 sec (NOx)	3 min 9 sec (O2)
Ouderslaapkamer	Open	Raam op kier	2 min 15 sec (NOx)	2 min 51 sec (str)
Babykamer	Open	Geen	2 min 24 sec (NOx)	3 min 36 sec (O2)

Ruimte	Route	Ruimte + vluchtroute vrij tot:
Woonkamer	Hal (met extra uitgang via keuken)	27 min 45 sec
Ouderslaapkamer	Overloop, hal	2 min 15 sec
Babykamer	Overloop, hal	2 min 24 sec
Overloop	Hal	2 min 15 sec
Hal	N.v.t.	33 min 1 sec



# 11 Een andere afloop?

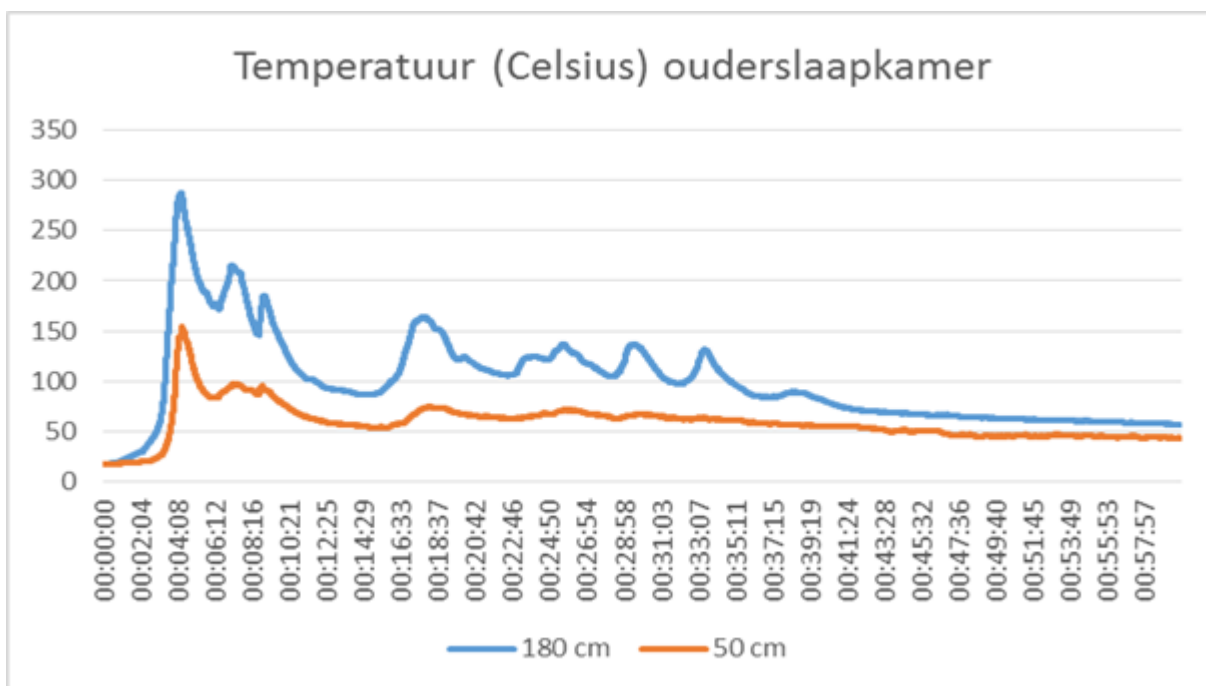
## 11.1 Inleiding

Eerder in dit rapport is al vastgesteld dat kleine verschillen in de configuratie van een woning voor een ander brandverloop – en daarmee een andere afloop van een brand – kunnen zorgen. Hierbij moet men denken aan een andere indeling van de kamer, een raam dat open in plaats van dicht zit of een andere type meubels met een andere vuurlast en vermogensontwikkeling. Dit is onder andere aangetoond in brandproef 2, waar het brandverloop aanzienlijk wijzigde toen de keukendeur half gesloten werd in plaats van helemaal open te staan.

Op basis van modellering in het kader van Fire Safety Engineering is een aantal alternatieve scenario's gesimuleerd, om een indruk te geven van 'een andere afloop' van het scenario wanneer er in de bouwkundige kenmerken of brandstofkenmerken iets verandert.

## 11.2 Alternatieve simulatie brandproef 1

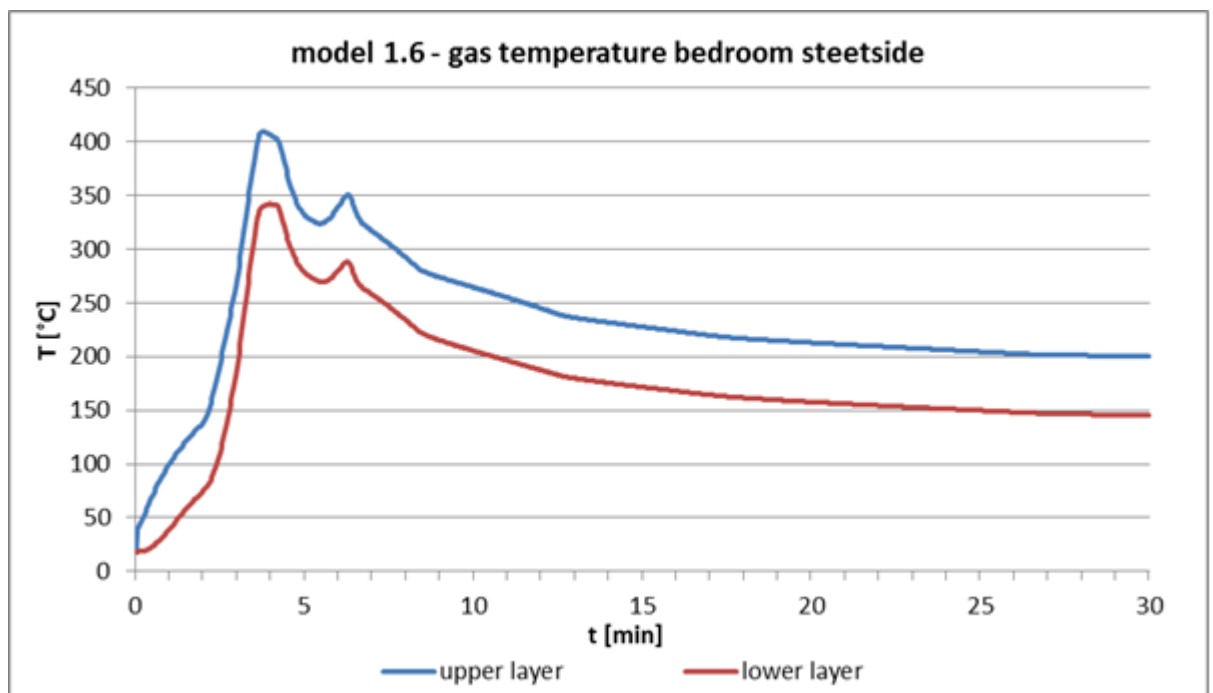
Tijdens brandproef 1 is in de ouderslaapkamer daadwerkelijk het volgende temperatuurverloop geconstateerd:



Tijdens de brandproef is op de ouderslaapkamer sprake van een snel ontwikkelende brand. De brand in de ouderslaapkamer is niet volledig tot ontwikkeling gekomen (flashover). Na een snelle stijging van de temperatuur naar 287,2 °C daalt deze al snel weer. Op het piekmoment van de temperatuur is het zuurstofpercentage nog 20 procent en daarmee lijkt zuurstof op het eerste gezicht niet de beperkende factor. Na het piekmoment neemt echter het zuurstofpercentage snel af naar 13,2 procent. Verder is de concentratie zuurstof

gemeten op een hoogte van 50 cm, terwijl de grootste verbranding van zuurstof plaatsvindt op grotere hoogte. Bovendien is er op het piekmoment nog voldoende brandstof aanwezig. Daarom wordt geconcludeerd dat deze brand is getemperd door een gebrek aan zuurstof en is gaan smeulen, totdat vrijwel de gehele matras (en dekbed) waren weggesmeuld. De beschikbare energie tijdens de verbranding is onvoldoende geweest om andere objecten in de ouderslaapkamer te ontsteken. Het geconstateerde brandverloop is prima verklaarbaar: bij een zuurstofpercentage van 13 procent is geen verbranding in het vlammenstadium mogelijk. Doordat er geen verbranding in het vlammenstadium (meer) plaatsvindt, nemen de temperatuur en straling vervolgens af.

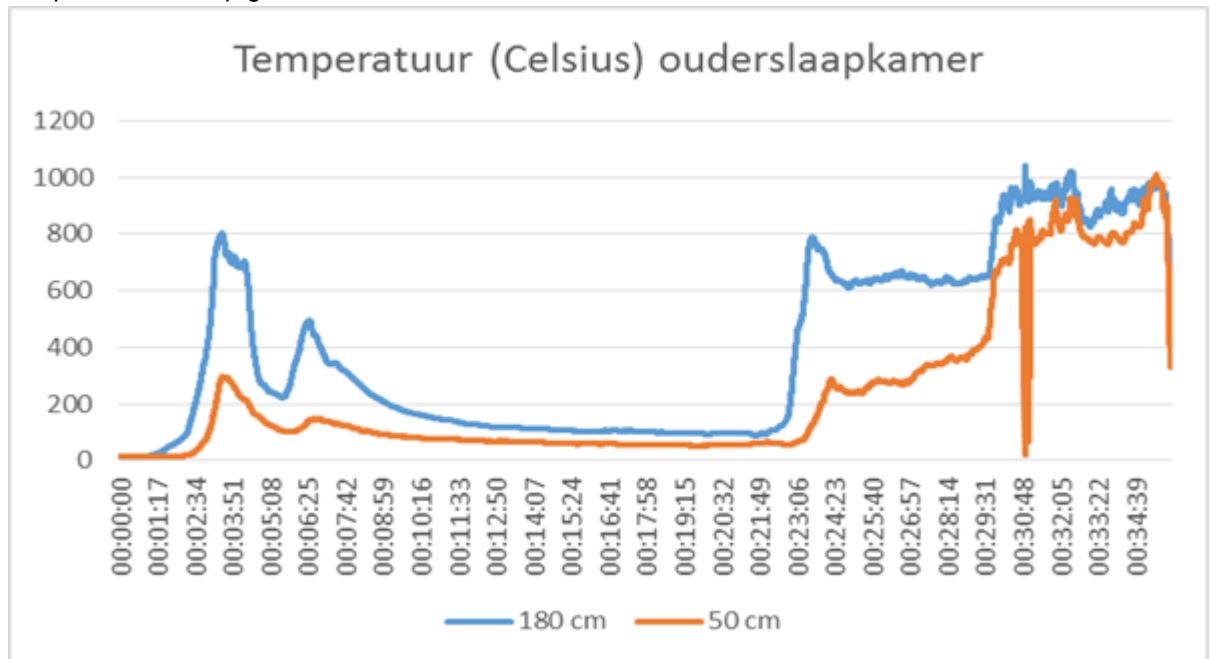
Vervolgens is een simulatie uitgevoerd waarin de natuurlijke ventilatie 'raam op een kier' is verdubbeld. De vuurlast is vervangen door een dik (boxspring) in plaats van een dun (binnenvering) matras. Er ontstaat dan een iets hogere piek in de temperatuur waardoor de kast en het nachtkastje ook ontvlammen.



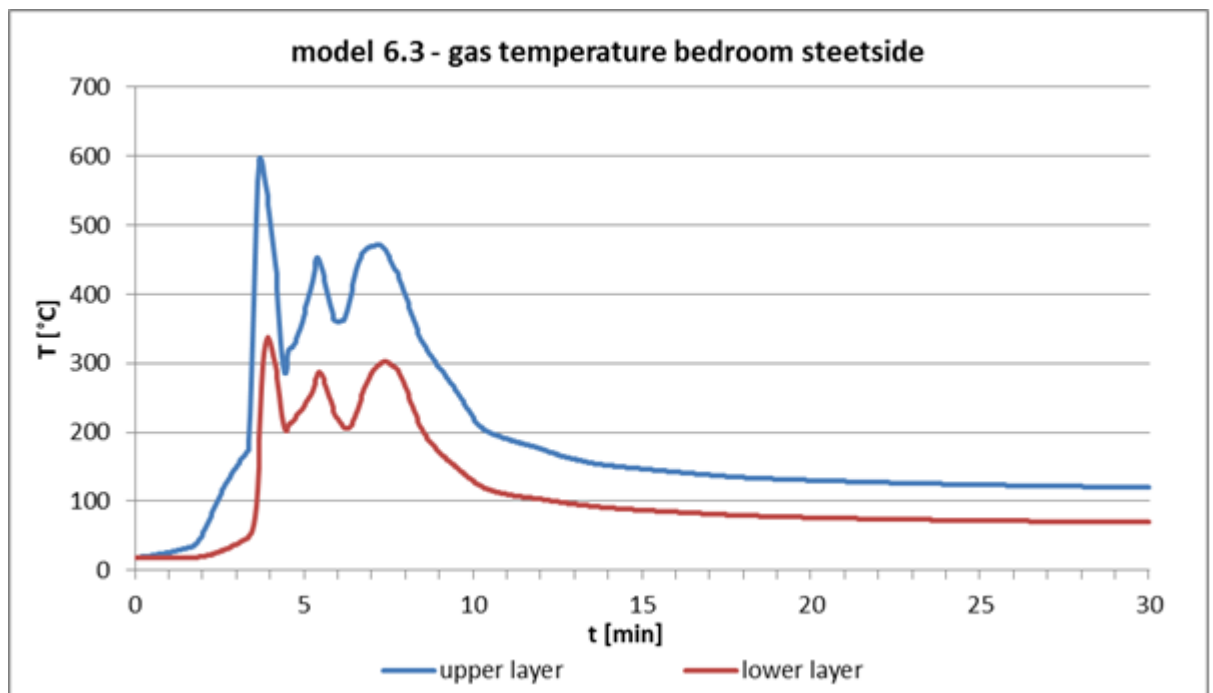
Geconcludeerd moet dus worden dat wijzigingen in de bouwkundige- of brandstofkenmerken tot een ander brandverloop leiden. Tegelijk moet worden vermeld dat de overlevingscondities op de ouderslaapkamer in dit geval ongeveer gelijk zouden zijn gebleven.

## 11.3 Alternatieve simulatie brandproef 6

Tijdens brandproef 6 is in de ouderslaapkamer daadwerkelijk het volgende temperatuurverloop geconstateerd:



Tijdens de brandproef bleef de brand in eerste instantie – ondanks de hoge temperatuur – beperkt tot de matras en het dekbed zelf. Het nachtkastje, de kleding in de kast alsmede de kledingkast zelf zijn pas gaan branden nadat deze dicht op de brand zijn geplaatst. Dit doet vermoeden dat stralingsafgifte van de vlammen verantwoordelijk is voor de branduitbreiding. Hoewel de temperatuur van de hete zone hoog is, is de stralingsflux vanaf de hete zone vanwege de beperkte afmetingen van de slaapkamer blijkbaar niet voldoende om het overige meubilair te laten ontbranden.



Indien de simulatie wordt uitgevoerd met een andere matras in dezelfde ruimte (boxspring in plaats van traditioneel binnenvering matras), laat het model zien dat nachtkastje en kledingkast wel worden ontstoken. Er is niet doorgerekend in hoeverre het ontbranden van

het nachtkastje en de kledingkast ook buiten de ouderslaapkamer andere gevolgen zouden kunnen hebben. Op basis van simulatie is het echter dus zeer aannemelijk dat een ander matras of bed tot een ander resultaat leidt.

# 12 Analyse en conclusies

## 12.1 Brandverloop

In deze paragraaf wordt de volgende onderzoeksvraag beantwoord:

*Hoe is het brandverloop bij een woonkamer-, keuken- en slaapkamerbrand in een woning die veel voorkomt in Nederland, met een inrichting die in veel huishoudens in Nederland gebruikelijk is en waarbij (binnen)deuren open en gesloten kunnen zijn?*

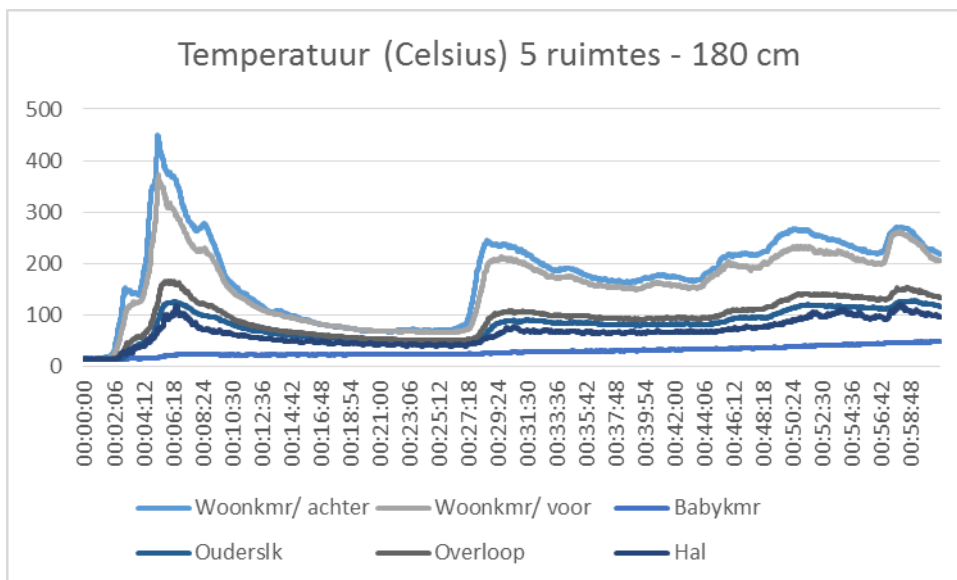
De zes proefbranden ontwikkelden zich snel. Deze snelle brandontwikkeling vond plaats in de woninginrichting: het stadium dat het gebouw zelf betrokken raakte bij de brand, trad pas later in. Deze snelle brandontwikkeling in de woninginrichting is eerder geconstateerd door de Brandweeracademie<sup>15</sup> en vrijwel zeker het gevolg van de toepassing van 'snelle' brandstoffen in meubels. Hierbij moet men denken aan schuimrubbers en andere kunststoffen. Deze brandstoffen bevatten zoveel energie die in korte tijd vrij kan komen, dat daardoor de brand zich snel kan ontwikkelen.

Tegelijkertijd vraagt deze snelle brandontwikkeling om een grote hoeveelheid zuurstof. Geconstateerd is dat – zelfs in de gebruikte woningen die maar deels geïsoleerd zijn – de zuurstofbehoefte van de brand groter is dan de aanvoer van zuurstof. Met andere woorden: in het geval van gesloten deuren of slechts deels geopende ramen, raakten de branden snel ventilatie gecontroleerd en gingen over naar een smeulstadium. Iedere brand ontwikkelde zich dus aanvankelijk snel, waarna het vervolgens sterk werd beïnvloed door het ventilatieprofiel: geopende of gesloten ramen en deuren.

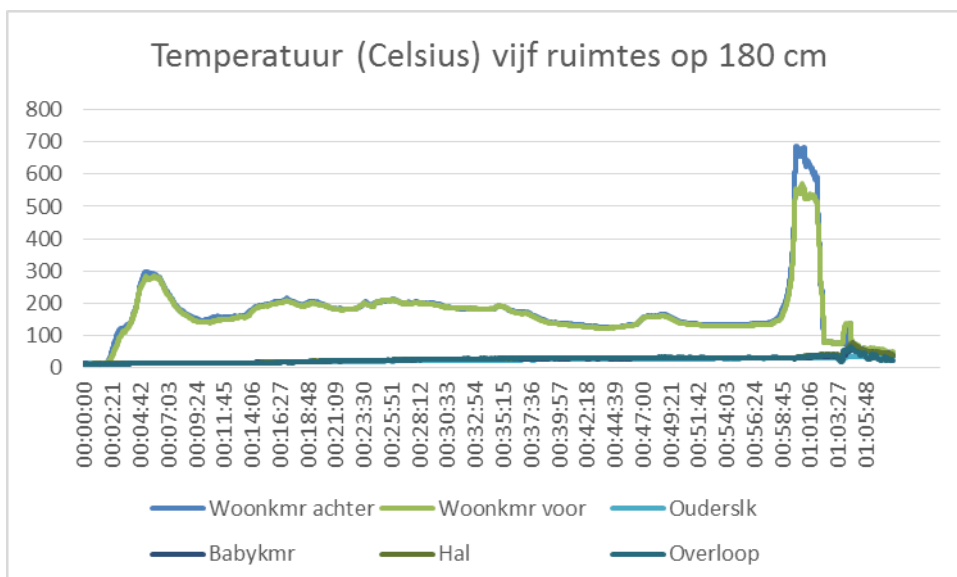
Hierbij zijn beide onderstaande grafieken tekenend: twee woonkamerbranden die beide werden ontstoken in dezelfde bank op dezelfde plek. Bij de eerste test stond de haldeur echter open, bij de tweede test was deze haldeur gesloten.

---

<sup>15</sup> Demonstratietest Nibra; maart 2002.



Figuur 12.1: Brand woonkamer, haldeur open



Figuur 12.2: Brand woonkamer, haldeur dicht

Bij bovenstaande vergelijking blijkt dat een gesloten (hal)deur zorg draagt voor een beperking van hitte (en rook) in de rest van de woning. Bovendien wordt het aanzuigen van zuurstof uit de rest van de woning beperkt, waardoor de piek van de brand minder heftig is. Voor de goede orde moet hier vermeld worden dat de piek van 700 °C op t=59 min het gevolg is van het openen van de keukendeur en het toestromen van zuurstof.

Bij de brandproeven hadden gesloten ramen en deuren binnen enkele minuten een ventilatie gecontroleerde brand tot gevolg, die overging in een smeulstadium. Bij voldoende beschikbaarheid van brandstof kon de brand – in een smeulstadium – makkelijk een uur woeden. Tevens is geconstateerd dat – indien een buitendeur geopend wordt zoals in figuur 12.2 – de brand zich in zeer korte tijd weer volledig kan ontwikkelen. Dit kan een potentieel zeer gevaarlijke situatie opleveren voor degene die de deur opent en de woning wil betreden. Een brand die bijna uit lijkt te zijn kan in enkele seconden na het aanvoeren van nieuwe zuurstof een temperatuurstijging geven van 500 °C en vrijwel direct uitslaand worden.

De invloed van het ventilatieprofiel gaat zo ver dat zelfs een groot verschil is geconstateerd tussen een (keuken)deur die open of half open stond. Daarnaast is ook vastgesteld dat veel ventilatie (met een in- en uitgang) bij kan dragen aan het afvoeren van hitte en brandstof (in de vorm van rookgassen) waardoor juist een brandstof gecontroleerde brand ontstaat.

Een brand in een woning met deuren (of meerdere ramen) *open* ontwikkelt zich dus fundamenteel anders dan een brand in een woning met *gesloten* ramen en deuren. Ook de wijze waarop de brandweer tijdens haar repressieve inzet de ventilatie beïnvloedt is zeer relevant voor het brandverloop en daarmee voor haar eigen veiligheid, met name als er wordt gekozen voor een binneninzet. Dit komt het meest tot uiting bij het openen van een buitendeur in het geval van een ventilatie beheerste brand. Dit lijkt tot nog toe in tactieken voor de brandweerinzet onvoldoende belicht. Soms is ventilatie wenselijk en soms niet; dit vergt inzicht in brandontwikkeling en inzetprocedures die bewust rekening houden met dit brandverloop en met het aanwezige, of door de inzet wijzigende, ventilatieprofiel.

Brandverloop is afhankelijk van kleine elementen in de configuratie van een woning en de wijze waarop de bewoners hun leefgewoonte hebben ingericht. Staat de deur open of niet? Is er sprake van een moderne of traditionele inrichting? Staat het slaapkamerraam op een kier of wijd open? Waar staat de bank? Is de bank voorzien van een (kunst)stoffen of lederen bekleding? Knapt er een ruit? Dit wordt onder andere bevestigd door internationaal onderzoek van Underwriters Laboratories in New York (Governors Island).

De conclusie is dat er geen standaard configuratie van de Nederlandse woning te bepalen is en er dus geen standaard brandverloop vastgesteld kan worden. De wijze waarop brandverloop plaatsvindt wordt grotendeels bepaald door enerzijds de bewuste en onbewuste keuzes die de bewoners van een woning maken bij het inrichten van hun leefgewoonte en woning en anderzijds – in beperkte mate – door de brandweer die na een brandmelding ter plaatse komt.

Verder moet worden vastgesteld dat de internationaal beroemde filmpjes van eerdere brandproeven waarmee snelle brandontwikkeling werd aangetoond (o.a. de bekende kerstboom), veelal niet kloppen in één fundamenteel aspect en dat is dat het geen afgesloten ruimtes zijn met een beperkt ventilatieprofiel. Op grond van de resultaten van de proeven in Zutphen mag worden geconcludeerd dat de flashover in 1-3 minuten simpelweg niet mogelijk is als er niet voldoende zuurstof beschikbaar is of komt. Dat wil echter niet zeggen dat branden daarom minder gevaarlijk zijn: de rookontwikkeling en -verspreiding is namelijk snel en beperkt de overleefbaarheid onder ongunstige condities (open deuren et cetera) alsnog tot enkele minuten.

Tot slot wordt hier opgemerkt dat rookverspreiding bij de zes brandproeven plaatsvond via de open verbinding (hal, overloop) maar ook door de vloer. Dit leidt tot de verwachting dat bij nieuwe woningen met betonnen vloeren (die beter rookwerend zijn uitgevoerd), rookverspreiding naar een boven- en ondergelegen ruimte zeer waarschijnlijk minder zal zijn. Leidingkokers en kanalen kunnen hier echter nog steeds zwakke schakels in de brand- en rookcompartimentering zijn.

## 12.2 Analyse vluchten en overleefbaarheid

In deze paragraaf wordt de volgende onderzoeksvraag beantwoord:

*Hoe is de overleefbaarheid voor slachtoffers bij een woonkamer-, keuken- en slaapkamerbrand in een woning die veel voorkomt in Nederland, met een inrichting die in*

veel huishoudens in Nederland gebruikelijk is en waarbij (binnen)deuren open en gesloten kunnen zijn?

Net zo belangrijk als de wijze waarop brandontwikkeling (en rookverspreiding) plaatsvinden is de mate waarin bewoners nog uit de woning kunnen vluchten of overleven als vluchten niet meer lukt. Om dat vast te stellen is in alle ruimten in de woning de concentratie koolmonoxide, NOx en zuurstof vastgesteld alsmede de temperatuur en stralingswarmte.

Tabel 12.1: Per brandproef en per ruimte weergegeven welke grenswaarde als eerste wordt bereikt

Proef	Ruimte(s)	Binnendeur	Ventilatie	Maximale vluchtmogelijkheid uit ruimte mogelijk voor 50% van de populatie	Beperkte kans op overleven voor 50% van de populatie of grote kans op lange termijn gezondheidsschade vanaf:
1	Ouderslaapkamer (brandruimte)	Haldeur dicht	Geen	3 min 33 sec (NOx)	4 min 21 sec (temp)
	Overloop	Haldeur dicht	Geen	29 min 45 sec (CO)	53 min 45 sec (CO)
	Babykamer	N.v.t.	Geen	39 min 6 sec (CO)	Einde test
	Hal	Open	Raam op kier	Einde test	Einde test
	Woonkamer	Dicht	Geen	Einde test	Einde test
2	Keuken (brandruimte)	Keukendeur open	Buitendeur half open	5 min 41 sec (temp)	Onbekend <sup>16</sup>
	Woonkamer	Haldeur dicht	Geen	12 min 42 sec (CO)	18 min 42 sec (CO)
	Hal	Haldeur dicht	Geen	20 min 45 sec (CO)	44 min 45 sec (CO)
	Overloop	N.v.t.	Geen	21 min 9 sec (CO)	45 min 9 sec (CO)
	Ouderslaapkamer	Deur open	Raam op kier	21 min 9 sec (CO)	45 min 9 sec (CO)
	Babykamer	Deur dicht	Geen	21 min 27 sec (CO)	45 min 27 sec (CO)
3	Woonkamer (brandruimte)	Haldeur open	Geen	2 min 53 sec (temp)	14 min 45 sec (NOx)
	Hal	Haldeur open	Geen	3 min 18 sec (NOx)	12 min 54 sec (CO)

<sup>16</sup> Alleen op 180 cm hoogte temperatuur gemeten; geen andere factoren



	Overloop	N.v.t.	Geen	3 min 33 sec (NOx)	13 min 3 sec (CO)
	Ouderslaapkamer	N.v.t.	Raam op kier	4 min 24 sec (NOx)	13 min 24 sec (CO)
	Babykamer	Deur open	Geen	9 min 33 sec (NOx)	27 min 6 sec (CO)
4	Woonkamer (brandruimte)	Haldeur dicht	Geen	3 min 45 sec (NOx)	13 min 48 sec (NOx)
	Hal	Haldeur dicht	Geen	13 min 18 sec (NOx)	45 min 48 sec (NOx)
	Overloop	N.v.t.	Geen	5 min 57 sec (NOx)	30 min 6 sec (CO)
	Ouderslaapkamer	Deur open	Raam op kier	5 min 15 sec (NOx)	29 min 18 sec (CO)
	Babykamer	Deur dicht	Geen	Einde test	Einde test
5	Woonkamer (brandruimte)	Haldeur open	Geen	4 min 55 sec (temp)	29 min 16 sec (str)
	Hal	Haldeur open	Geen	12 min 22 sec (str)	30 min 28 sec (str)
	Overloop	N.v.t.	Geen	14 min 2 sec (str)	31 min 25 sec (temp)
	Ouderslaapkamer	Deur open	Raam op kier	30 min 17 sec (str)	31 min 47 sec (str)
	Babykamer	Deur dicht	Geen	Einde test	Einde test
6	Ouderslaapkamer (brandruimte)	Deur open	Twee ramen op kier	2 min 15 sec (NOx)	3 min 10 sec (temp)
	Overloop	N.v.t.	Geen	2 min 15 sec (NOx)	3 min 9 sec (O2)
	Babykamer	Deur open	Raam op kier/ later volledig open	2 min 24 sec (NOx)	3 min 36 sec (O2)
	Hal	Haldeur dicht	Geen/ later voordeur open	33 min 1 sec (str)	33 min 8 sec (str)
	Woonkamer	Haldeur dicht	Geen	27 min 45 sec (CO)	Einde test

Dit leidt tot de voorzichtige conclusie dat het ventilatieprofiel en het beïnvloeden daarvan een zeer belangrijke factor is in brandontwikkeling. De waarneming na zes brandproeven is dat opbouw van temperatuur en rook (inclusief schadelijke verbrandingsgassen) in drie zones plaatsvindt:

- De primaire brandruimte
- De ruimten naast en boven de primaire brandruimte, die via een open verbinding zijn verbonden met de primaire brandruimte
- De ruimten naast en boven de primaire brandruimte, die door een deur of verdiepingsvloer zijn afgeschermd van de primaire brandruimte en de ruimte(n) onder de primaire brandruimte.

Aangetoond is dat ruimten die in open verbinding staan met de brandruimte in zeer korte tijd worden gevuld met rook en dat daarmee de mogelijkheden voor vluchten en overleven zeer beperkt worden. Tegelijk is vastgesteld dat in ruimten die *niet* in open verbinding staan met de brandruimte, condities voor vluchten en overleven gedurende enige tijd aanzienlijk beter zijn. Het sluiten van een deur is in termen van overleefbaarheid dus zeer significant. Eerste indicatie is dat achter een gesloten deur nog tenminste 10 minuten sprake is van een overleefbare situatie. Meerdere deuren als buffer tegen hitte en rook werken daarbij (nog) beter dan één deur.

Opmerkelijk is dat naast koolmonoxide ook NO<sub>x</sub> (één van de voornaamste 'standaard' verbrandingsprodukten van een moderne woninginrichting) snel na het ontstaan van de brand hoge waardes bereikt. De geconstateerde relevantie van NO<sub>x</sub> maakt dat nader onderzoek naar andere veel voorkomende verbrandingsgassen (HCN/HCL) bij toekomstige experimenten wenselijk is.

In de brandruimte zelf wordt binnen enkele minuten na ontstaan van de brand een niet meer overleefbare waarde gemeten. Dit kan al na twee minuten zijn, maar ook pas na vijf minuten.

## 12.3 Alles overziend

Brandverloop en mogelijkheden tot overleven bij woningbranden zijn afhankelijk van kleine elementen in de configuratie van een woning en de wijze waarop de bewoners hun leefgewoonte hebben ingericht. Staat de deur open of niet? Is er sprake van een moderne of traditionele inrichting? Staat het slaapkamerraam op een kier of wijd open? Waar staat de bank? Is de bank voorzien van een (kunst)stoffen of lederen bekleding? Knaapt er een ruit?

De conclusie is dat er geen standaard configuratie van de Nederlandse woning te bepalen is en er dus geen standaard brandverloop vastgesteld kan worden. De wijze waarop brandverloop plaatsvindt en de mate waarin een bewoner bij brand nog kan overleven, wordt grotendeels bepaald door enerzijds de bewuste en onbewuste keuzes die de bewoners van een woning maken bij het inrichten van hun leefgewoonte en woning en anderzijds – in beperkte mate – door de brandweer die na een brandmelding ter plaatse komt.

Om gezamenlijk te werken aan het beperken van de risico's die optreden bij woningbranden, kunnen op grond van de zes brandproeven in Zutphen de volgende aangrijpingspunten worden aangegeven voor bewoners en brandweer.

### *Lessen voor burgers in het kader van brandveilig leven*

- Sluit deuren van woonkamer en slaapkamer(s) voordat je gaat slapen.
- Het belang van rookmelders blijft onverminderd groot; de Brandweeracademie doet ook onderzoek naar de optimale plaatsing van rookmelders en de resultaten daarvan worden begin 2015 gepubliceerd.
- Indien je – door de rookmelder – wordt gealarmeerd dat er brand is, probeer dan zo snel mogelijk te vluchten. Als je vluchtweg vrij is: ga direct naar buiten en sluit deuren achter je zodat de brand niet verder kan ontwikkelen.

- Als je wordt gealarmeerd en niet meer kan vluchten, ga naar de ruimte zo ver mogelijk weg van de brand en rook, en sluit de deur. Bel de brandweer en vertel dat je niet meer kan vluchten, waar je je bevindt en of er eventueel nog meer mensen aanwezig zijn.

#### *Lessen voor de brandweer*

- In de woning waar de brand zich voordoet en waar nog slachtoffers binnen zijn, kan zich nog een overleefbare situatie voordoen als bewoners zich achter een deur hebben verschanst en tijdig zijn gealarmeerd door een rookmelder. De kans dat de brandweer bij woningbranden levensreddend kan optreden wordt fors vergroot indien de startcondities (rookmelders aanwezig en deuren dicht) gunstig zijn.
- Een brand anno nu heeft veel zuurstof nodig om tot snelle en volledige ontwikkeling te komen. Ventilatie is naast de hoeveelheid brandstof *het* item vanaf het moment van ontstaan tot en met de inzet van de brandweer. Dit maakt dat de brandweer zich bewust moet zijn van de specifieke eigenschappen en risico's over de inzet bij een ventilatie gecontroleerde brand: test 4 heeft laten zien dat zelfs een ventilatie gecontroleerde brand in een kleine woonkamer risico's met zich mee kan brengen als ondoordacht wordt gekozen voor de offensieve binneninzet. Nadenken over het handelingsperspectief bij een ventilatie gecontroleerde brand *en* het trainen op deze situatie dienen belangrijk aandachtspunt te worden.

# 13 Bijvangst

Bij de brandproeven waren dagelijks twee veiligheidsploegen samengesteld, bestaande uit collega's van het korps IJsselstreek en ervaren brandweermensen uit twaalf brandweerregio's. Voor veel van de aanwezige brandweermensen waren de brandproeven een eyeopener: niet eerder hadden zij zo goed waar kunnen nemen hoe brandverloop onder realistische omstandigheden plaatsvindt, en hoe een ventilatie gecontroleerde brand optreedt. Dit is – los van de onderzoeksvraag van dit onderzoek – op zichzelf een waardevolle observatie: blijkbaar is de bestaande kennis over de verschillende brandregimes nog niet voldoende ingeburgerd bij de brandweer in Nederland. Hierbij moet echter opgemerkt worden dat de faciliteiten om deze brandregimes te kunnen oefenen op dit moment ook verre van optimaal zijn. De meeste oefencentra bieden momenteel geen faciliteiten aan om op ware grootte ventilatie gecontroleerde branden te oefenen.

De Brandweeracademie gaat de resultaten van de proeven in Zutphen zo interactief en visueel mogelijk door ontwikkelen, om collega's in heel Nederland in de gelegenheid te stellen de opgedane kennis op te nemen. Tegelijkertijd dient echter opgemerkt te worden dat deze digitale oefening slechts de eerste stap kan zijn. Wil de brandweer – met de veiligheid van brandweermensen in het achterhoofd – effectief optreden bij brand, dan moet dit effectief optreden onder realistische omstandigheden kunnen worden geoefend. Realistische omstandigheden betekent in dit verband een reële vuurlast met reële rookontwikkeling in een reëel pand. In het onderzoek is vastgesteld dat de ventilatie gecontroleerde brand naar de toekomst steeds vaker zal optreden; dat betekent dat de brandweer reëel moet kunnen oefenen in het herkennen en bestrijden van een dergelijk fenomeen. Immers: alleen aan de hand van deze *situational awareness* kan aan de hand van het kwadrantenmodel een goede keus voor inzetactiek gemaakt worden.

# 14 Literatuurlijst

Adviesraad Gevaarlijke Stoffen (2012). *Visie op ontwikkeling van letselcriteria voor preventief gebruik door hulpverleningsdiensten*.

Alarie, Y. (2002). Toxicity of fire smoke. *Critical reviews in Toxicology*, 32(4), 259-289.

Beyler, C. (2002). Flammability Limits of Premixed and Diffusion Flames, Section Two: Chapter 7. *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (3rd Edition), 172-187.

CBS, Brandweerstatistiek 2012

DeHaan, J.D. & Icove, D.J. (2012). *Kirk's fire investigation*. New Jersey: Prentice Hall.

Duyvis, M.G., Groenewegen-Ter Morsche, K., Kobes, M., Mertens, C. & Rossum, W. van (2013). *Fatale woningbranden 2008 t/m 2012: een vergelijking*. Arnhem: IFV.

Gann, R.G., Averill, J.D., Butler, K.M., Jones, W.W., Mulholland, G.W., et al. (2001). *International Study of the Sublethal Effects of Fire Smoke on Survivability and Health (SEFS): Phase I Final Report*. Washington: NIST.

International Organization for Standardization (2007). *Lifethreatening components of fire – guidelines for the estimation of time available for escape using fire data*. Geneva: International Organization for Standardization.

Jin, T. & Yamada, T. (1985). Irritating effects on fire smoke visibility. *Fire science and technology*, 5(1), 79-89.

Lambert, K. & Baaij, S. (2012). *Brandverloop – technisch bekeken, tactisch toegepast*. Den Haag: Sdu Uitgevers.

Linssen, J.P.A. (2011). *Brand in huis - "Overleven of overlijden"*. Bachelorscriptie, Hanzehogeschool Groningen.

Meulenbelt, J., Vries, I. de & Joore, J.C.A. (1996). *Behandeling van acute vergiftingen, praktische richtlijnen*. Houten: Bohn, Stafleu Van Loghum.

Purser, D. (2002). Toxicity Assessment of Combustion Products. In: *SFPE handbook of fire protection engineering*, P.J. DiNenno (Ed.). Quincy: National Fire Protection Association.

Raaij, M.T.M. van & Schefferlie, G.J. (2006). *De veiligheids- en gezondheidseffecten van werken in een besloten hypoxische omgeving*. Utrecht: RIVM/SIR.

Stichting COB (2004). *Leidraad scenarioanalyse ongevallen in tunnels*. Gouda: Stichting COB.

Struttman, T., Scheerer, A., Prince, S. & Goldstein, L. (1998). Unintentional carbon monoxide poisoning from an unlikely source. *Journal of the American board of family practice*, 11, 481-484.

Wang, Z., Jia, F. & Galea, E.R. (2010). A generalized relationship between the normalized yields of carbon monoxide and hydrogen cyanide. *Fire Mater*, 35(8), 577-591.

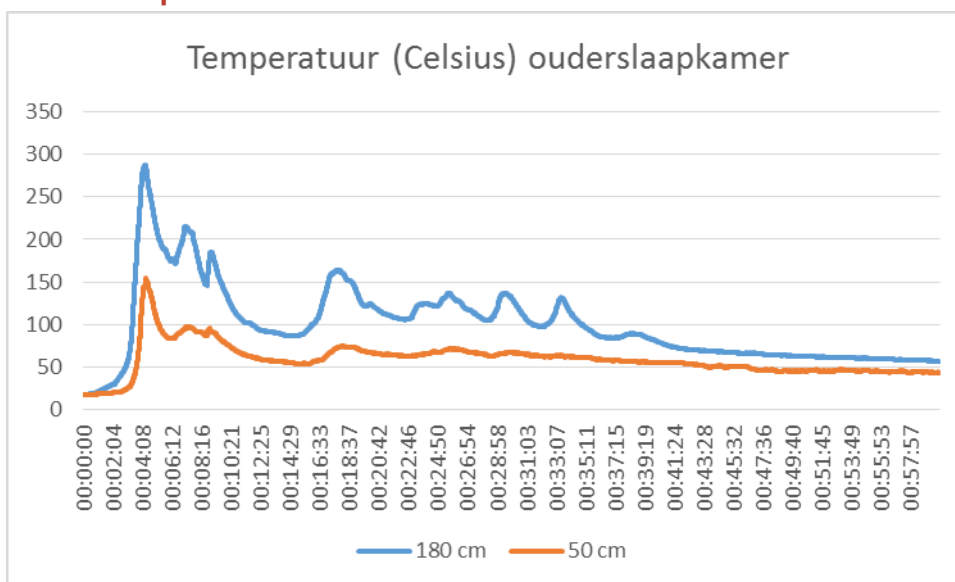
# 15 Bijlage 1: Metingen test 1

## 15.1 Ouderslaapkamer (brandruimte)

### 15.1.1 Vastgelegde visuele waarneming

De brand wordt aangestoken op de punt van het bed. Binnen een minuut na aansteken zijn er vlammen van 5 centimeter hoogte zichtbaar op de hoek van het bed waar de brand is aangestoken. Twee minuten na de brand is er al een duidelijke rooklaag zichtbaar in de ruimte en is het dekbed zichtbaar aan het uitgassen. Vier minuten na de start van de brand zijn de hoogtemarkers nauwelijks meer zichtbaar door de dichte rook en staan er vlammen van 1 meter hoogte op het dekbed. Om 14.09.30 uur is de gehele ruimte vol met zwarte rook en is het vuur nog amper zichtbaar. Om 14.11 uur is het beeld geheel zwart.

### 15.1.2 Temperatuur



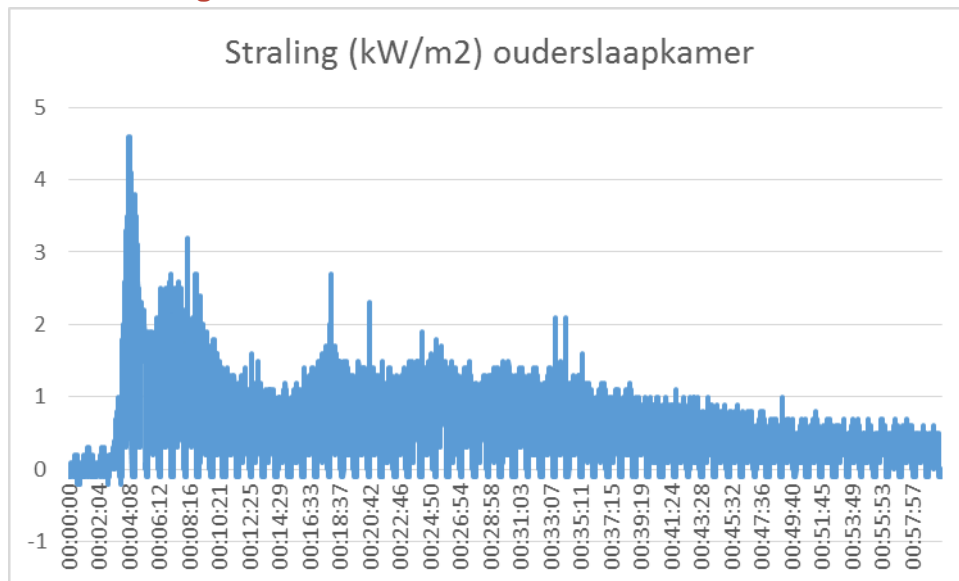
Na het aansteken van het bed loopt de temperatuur in de ouderslaapkamer op 180 cm hoogte snel op van 18 graden Celsius om 14.05 uur tot een piek van 287,2 graden Celsius op  $t=4$  min 18 sec. Hierna daalt de temperatuur weer sterk om vervolgens weer een aantal keer te stijgen (en wederom te dalen). Dit patroon (stijgende en dalende temperatuur) herhaalt zich vervolgens tot  $t=39$  min, waarna er een vrijwel constante daling optreedt tot 56,5 graden Celsius bij einde test.

Op een hoogte van 50 cm wordt er eveneens een piek gemeten om  $t=4$  min 23 sec van 154,4 graden Celsius. Na deze piek zet een daling van de temperatuur in tot 83,8 graden Celsius op  $t=6$  min 16 sec, waarna de temperatuur weer iets stijgt naar 97,7 graden Celsius op  $t=7$  min 14 sec. Na deze piek vindt er een daling van de temperatuur plaats met nog 1 beperkte stijging op  $t=18$  min.

De pieken en dalen in temperatuur in de ouderslaapkamer vinden op de hoogte van 180 cm en 50 cm vrijwel op hetzelfde moment plaats; enkel de waarde varieert.

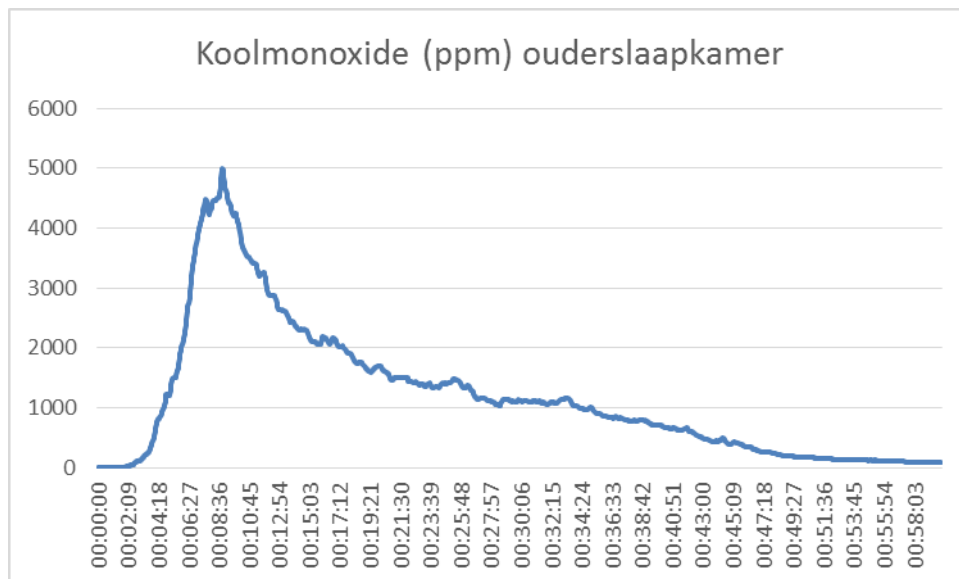
In de ouderslaapkamer was qua temperatuur de situatie tot t=3 min 36 sec ontvluchtbaar. Tot t=4 min 21 sec kon men qua temperatuur in de ouderslaapkamer overleven. Hierna was er een niet meer overleefbare situatie.

### 15.1.3 Stralingswarmte



De stralingswarmte in de ouderslaapkamer begint vanaf t=3 min 40 sec op te lopen en bereikt al op t=4 min 14 sec een piek van 4,6 KW/ m2. Na deze piek loopt de stralingswarmte sterk terug, om vervolgens weer te pieken op t=7 min 35 sec (2,6 KW/ m2). Na de twee echte pieken in hittestraling, start er een proces van geleidelijk toe- en afnemen. Op t=59 min 48 sec (nog voor einde test) bedraagt de hittestraling 0 KW/ m2. De maximale grens om onbelemmerd te kunnen vluchten van 2 kW/ m2 is op t=3 min 49 sec overschreden. De grens waarboven qua warmtestraling de ouderslaapkamer niet meer overleefbaar zou zijn geweest, is niet bereikt.

### 15.1.4 Koolmonoxide

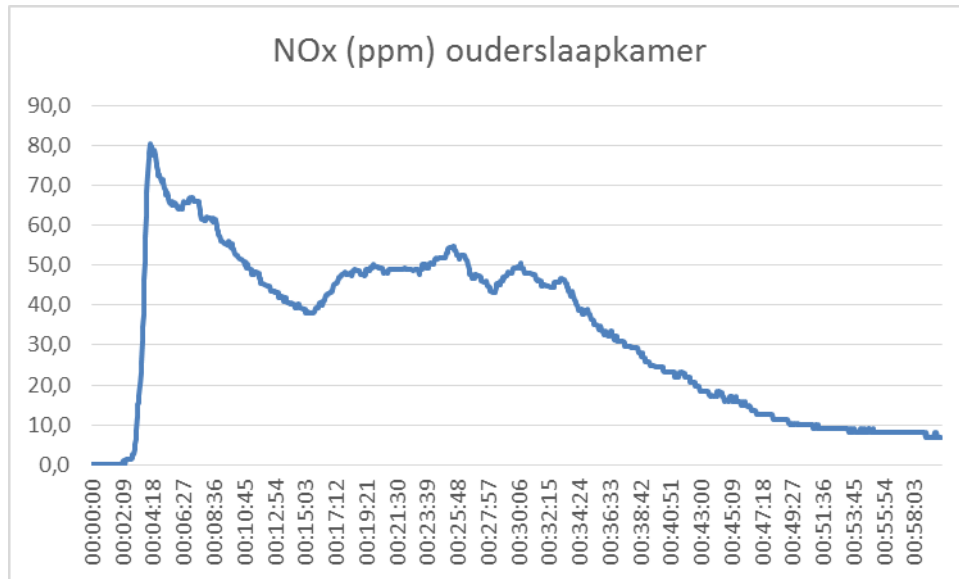


Na het begin van de brand loopt de concentratie koolmonoxide in de ouderslaapkamer snel op om een piek van 4520 ppm te bereiken t=8 min 36 sec. Na deze piek neemt de concentratie koolmonoxide geleidelijk af tot 91 ppm bij einde test.



Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevlucht worden vanaf t=6 min, 39 sec. Vermoedelijk kan er dan nog ongeveer 6 minuten, dus tot t=12 min 39 sec overleefd worden.

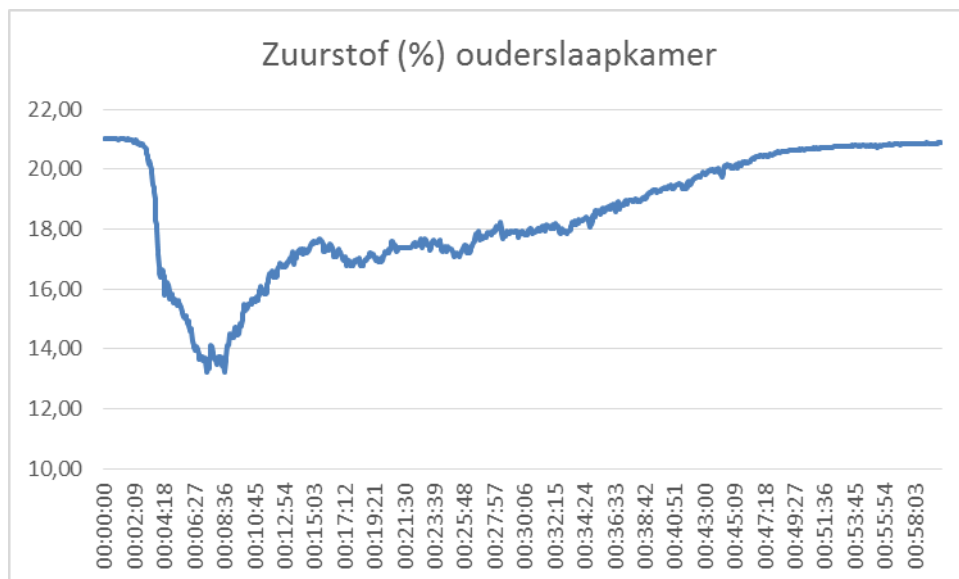
### 15.1.5 NOx



Na start van de brand begint de concentratie NOx vanaf t=2 min 3 sec uur op te lopen en bereikt om t=4 min 6 sec een piek van 80,4 ppm. Na deze piek loopt de concentratie geleidelijk terug, waarbij er om t=25 min 15 sec en t=30 min 12 sec nog sprake is van een kortstondige piek van respectievelijk 54,6 ppm en 50,4 ppm. Bij einde test bedraagt de concentratie NOx nog 7 ppm.

Op basis van de gemeten NOx-concentraties treedt snel vluchthinder op. AEGL-2 voor 10 minuten wordt overschreden vanaf t=3min, 24 sec en AEGL-3 voor 10 minuten vanaf t=3 min, 33 sec. Aangenomen wordt daarom dat de kans op overleven na t=13 min 33 sec fors is afgenomen. Mogelijk kan een bewoner nog wel vertraagd vluchten, maar kan ten gevolge van de blootstelling aan NOx later nog sterfte optreden.

### 15.1.6 Zuurstof



Twee minuten na het begin van de brand begint het zuurstofpercentage in de ouderslaapkamer te dalen en bereikt dan op t=7 min 24 sec een minimum van 13,2 %.

Hierna stijgt het zuurstofpercentage weer geleidelijk en bereikt om t=48 min 30 sec uur een waarde van 20,6% die daarna nog doorstijgt tot het einde van de test.

De grenswaarde voor onbelemmerd vluchten is op t=6 min 42 sec onderschreden, om vervolgens op t=7 min 39 sec alweer te worden overschreden.

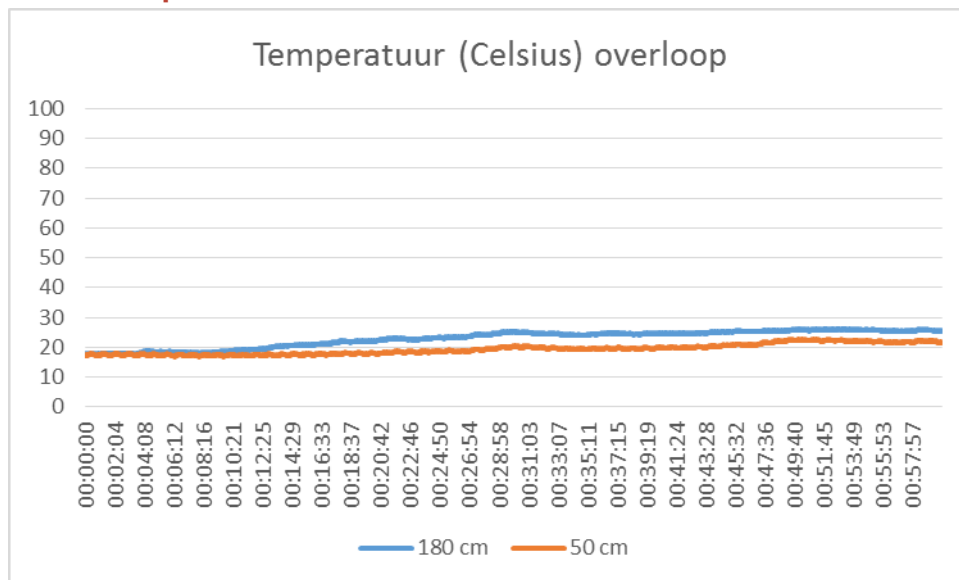
Op grond hiervan mag worden gesteld dat qua aanwezige zuurstof de situatie in de ouderslaapkamer tot het einde van de test overleefbaar is geweest. In de periode van t=6 min 42 sec – t=7 min 39 sec was er een situatie waarin bewoners qua zuurstof niet meer onbelemmerd konden vluchten. Buiten dit tijdspad was er in de ouderslaapkamer voldoende zuurstof om onbelemmerd te kunnen vluchten. Door de afname van het zuurstofpercentage wordt het effect van de asfyxiërende stoffen groter.

## 15.2 Overloop

### 15.2.1 Vastgelegde visuele waarneming

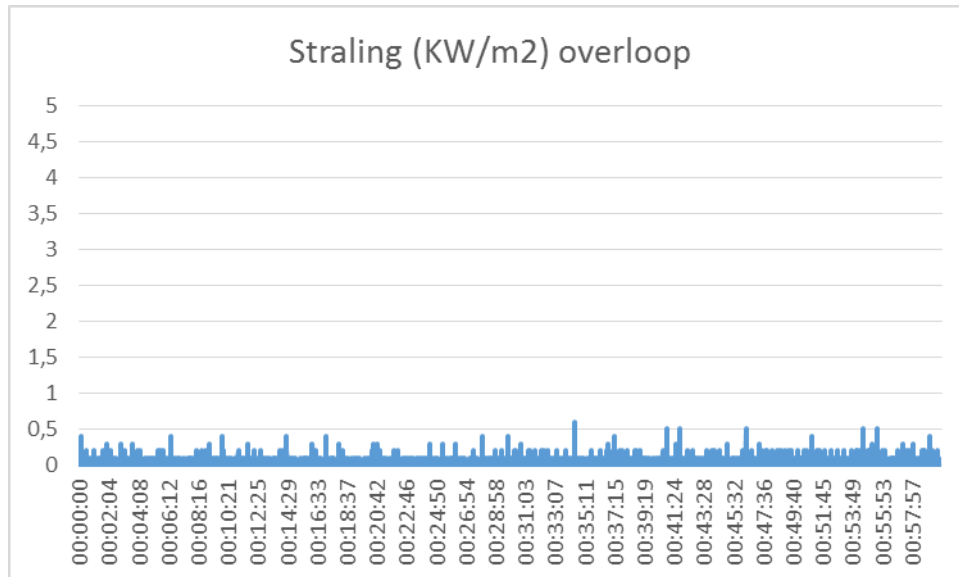
Zeven minuten na start brand zijn op de overloop de eerste rookverschijnselen zichtbaar. De rook trekt vooral in de richting van de hal. Op t=11 min is er sprake van een behoorlijke rooklaag tussen overloop en hal (trapgat). Op t=21 min is er ook op de overloop een behoorlijke rookverdichting; zodanig dat het schilderij aan de andere wand moeilijk zichtbaar wordt. Vanaf t=45 min wordt de rooklaag op de overloop weer langzaam minder dik.

### 15.2.2 Temperatuur



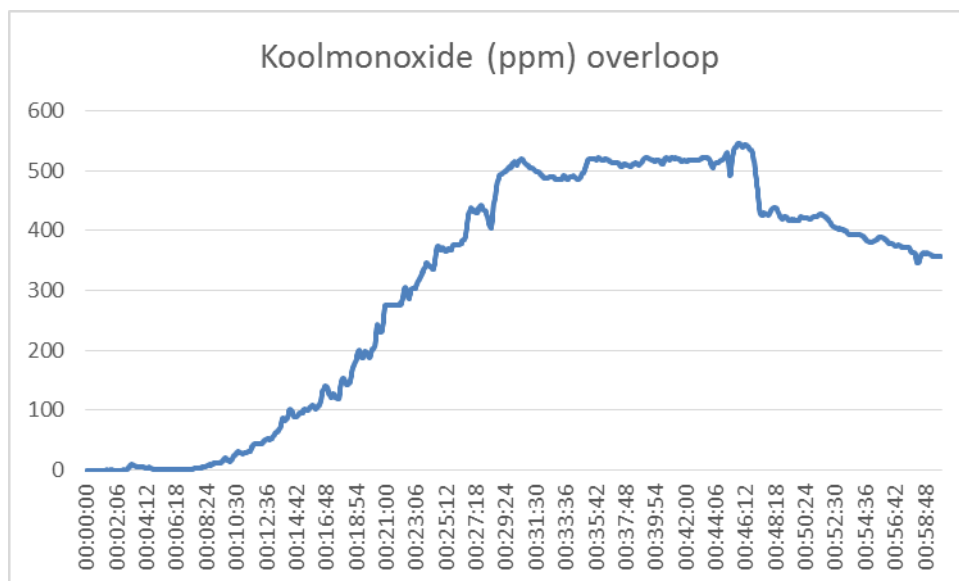
De temperatuur op de overloop loopt na start van de proef langzaam op van 17,6 graden Celsius naar 25,5 graden op 180 cm en 21,8 graden op 50 cm hoogte bij einde test. Daarmee is tot het einde van de test op de overloop een veilig ontvluchtbare en overleefbare situatie geweest.

### 15.2.3 Stralingswarmte



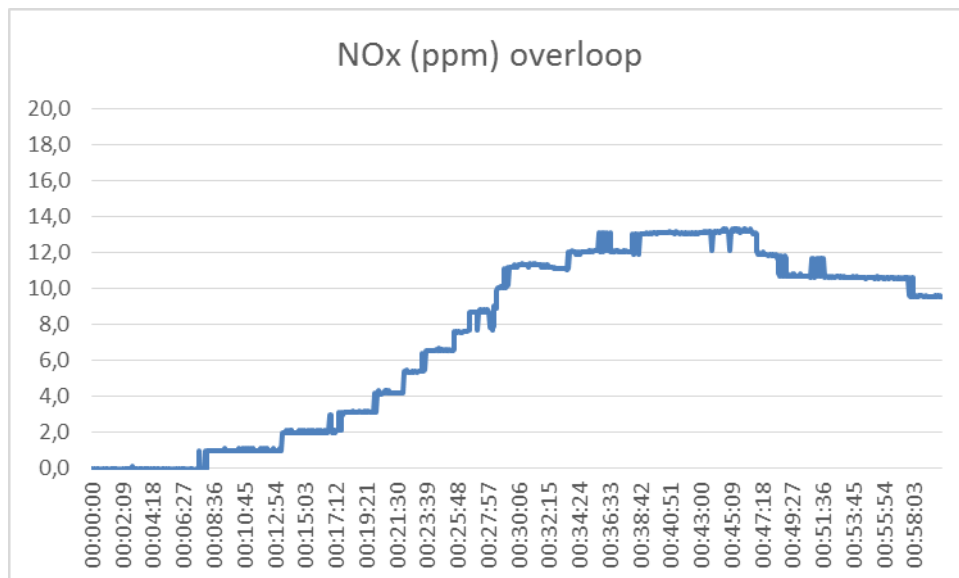
Op de overloop is geen sprake geweest van een significante stijging van de stralingswarmte. Daarmee kon tot het einde van de test veilig worden ontvlucht vanaf de overloop en was de situatie tevens prima overleefbaar.

### 15.2.4 Koolmonoxide



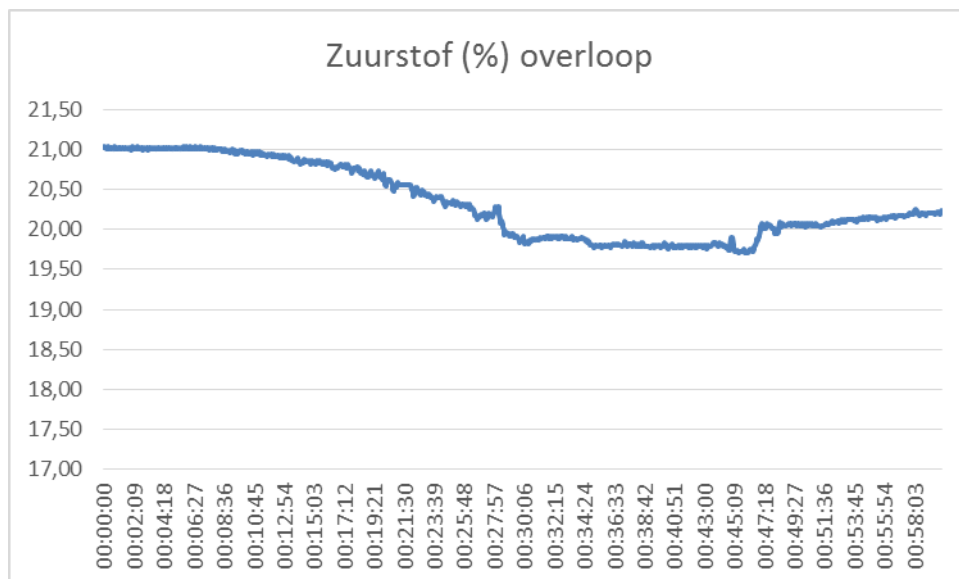
Vanaf  $t=2$  min 57 sec begint de concentratie koolmonoxide gestaag te stijgen en bereikt op  $t=30$  min 36 sec een piek van 519 ppm. Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevlucht worden vanaf  $t=29$  min, 45 sec.

## 15.2.5 NOx



Na het begin van de brand om begint de concentratie NOx vanaf t=8 min 9 sec gestaag op te lopen en bereikt vanaf t=33 min 36 sec een piek op 12 ppm. De AEGL-2 en de AGW worden in combinatie met de bijbehorende blootstellingstijden weliswaar niet overschreden, maar de overige irriterende stoffen en de combinatie met visuele hinder kan wel zorgen voor een vertraagde ontvluchting en mogelijk blijvende gezondheidsklachten.

## 15.2.6 Zuurstof



Na het begin van de brand blijft het percentage zuurstof op de overloop aanvankelijk constant, om vanaf t=8 min 30 sec heel geleidelijk te gaan dalen tot de waarde van 19,8 % die vanaf t=30 min 6 sec wordt bereikt en dan enige tijd vrij constant blijft. Het dalen van het percentage zuurstof kan mogelijk worden toegeschreven aan het aanzuigen van zuurstof door de brand op de ouderslaapkamer.

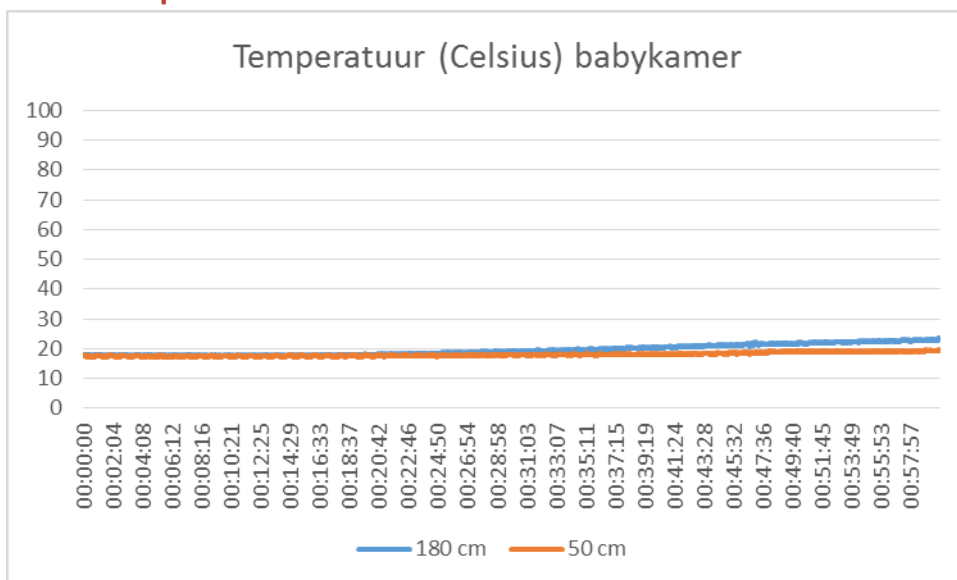
Tot einde test kon van de overloop qua aanwezige zuurstof onbelemmerd worden gevlucht en was de situatie tevens ruimschoots overleefbaar.

## 15.3 Babykamer

### 15.3.1 Vastgelegde visuele waarneming

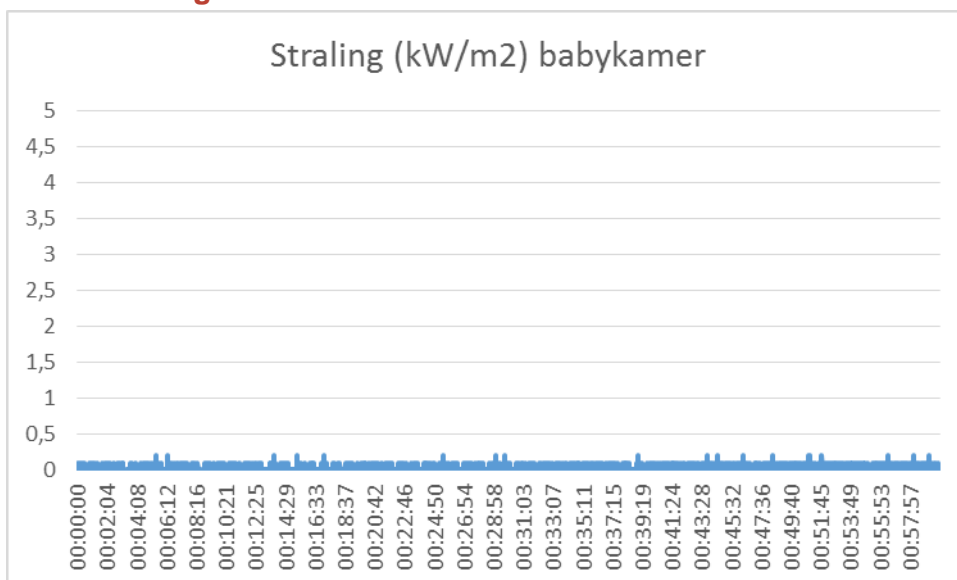
Op  $t=7$  min wordt de eerste lichte rook door de deur van de babykamer naar binnen geperst. Op  $t=10$  min is door middel van de hoogtelampjes zichtbaar dat ook op een hoogte van 50 cm een lichte rookwaas hangt. Een kwartier na de brand is er in de babykamer nog steeds alleen sprake van lichte rookontwikkeling, die wel toe begint te nemen. Op  $t=20$  min is de hele babykamer gevuld met lichte rook en worden de hoogtelampjes moeilijker zichtbaar. De maximale rookverdikking wordt bereikt omstreeks  $t=50$  min.

### 15.3.2 Temperatuur



De temperatuur in de babykamer loopt op hoogte 180 cm zeer langzaam op van 18 graden Celsius naar 23,2 graden Celsius bij einde test. Daarmee was de situatie qua temperatuur zowel ontvluchtbaar als overleefbaar.

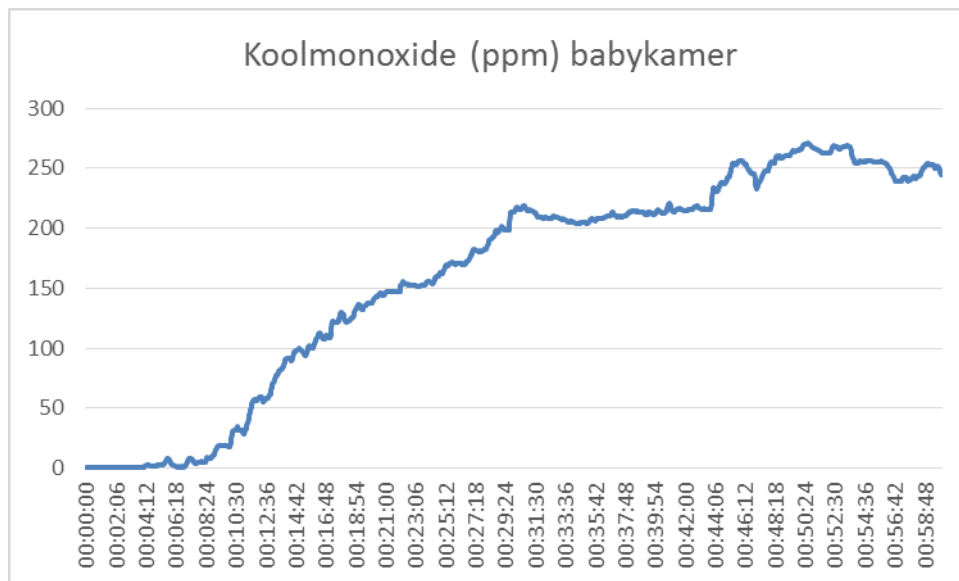
### 15.3.3 Stralingswarmte



De gemeten straling in de babykamer kent –zoals alle stralingsmetingen– enige fluctuatie maar dat heeft vooral te maken met het feit dat het gevoelige apparaat betreft die snel reageert op luchtstromen. De gemeten waarden (van -0,1 tot 0,2) geven aan dat er tot het

einde van de test geen significante verhoging van stralingswarmte in de babykamer is geweest. Daarmee was de situatie zowel ontvluchtbaar als overleefbaar.

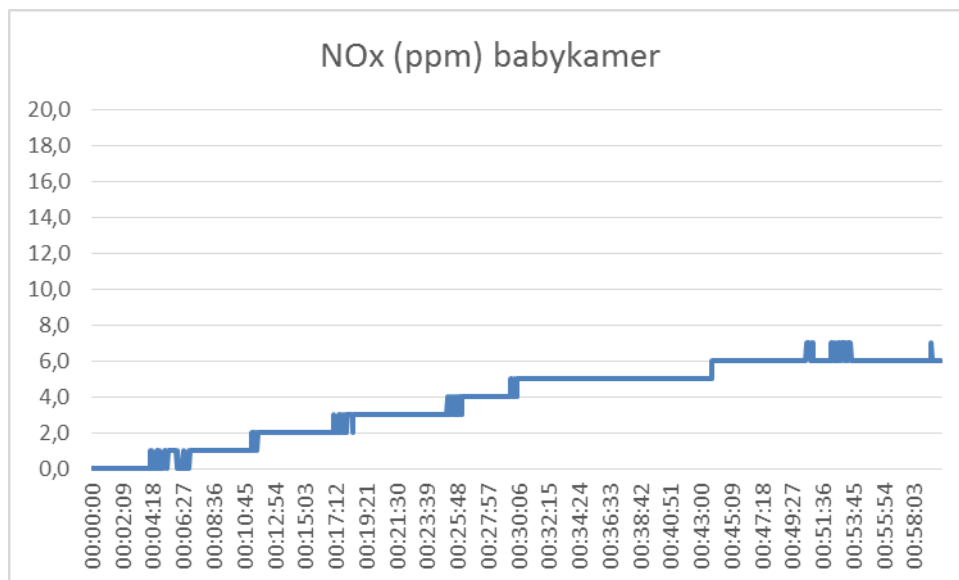
### 15.3.4 Koolmonoxide



De concentratie koolmonoxide begint vanaf t=3 min 30 sec significant op te lopen en stijgt dan behoorlijk lineair naar 270 ppm op t=50 min 39 sec.

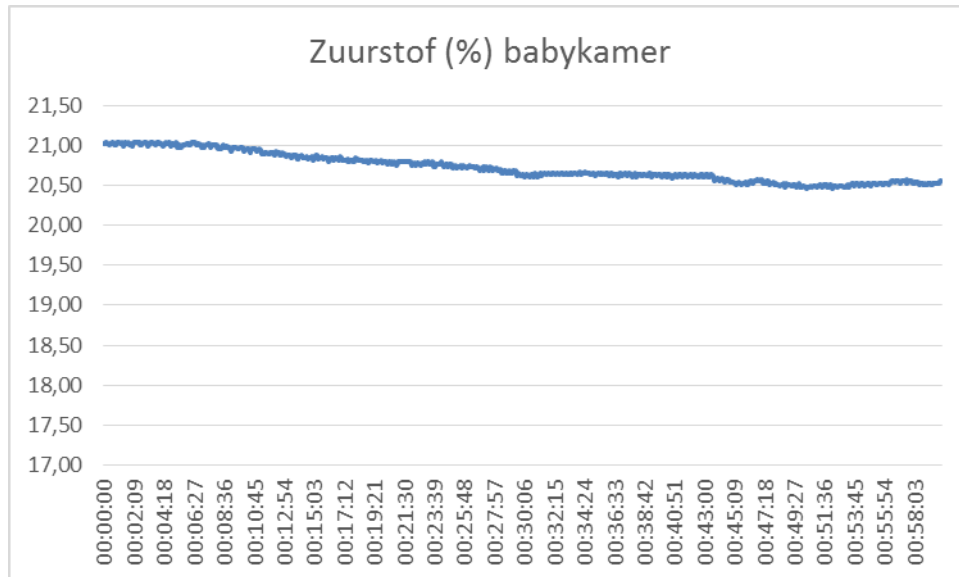
Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevlucht worden vanaf t=39 min, 6 sec. Let wel deze conclusie is gebaseerd op een niet meer vluchten voor een gemiddelde bevolking. Het is aannemelijk dat deze grens voor een baby eerder zou liggen. De maximale overlevingstijd schatten wij in tot tenminste 24 minuten na het bereiken van de FED, oftewel einde test.

### 15.3.5 NOx



Na het begin van de brand om 14.05 uur begint de concentratie NOx vanaf t=5 min 3 sec gestaag op te lopen en bereikt vanaf t=50 min 27 sec een piek op 6 a 7 ppm. De AEGL-2 en de AGW worden in combinatie met de bijbehorende blootstellingstijden weliswaar niet overschreden, maar de overige irriterende stoffen en de combinatie met visuele hinder kan wel zorgen voor een vertraagde ontvluchting en mogelijk blijvende gezondheidsklachten.

### 15.3.6 Zuurstof



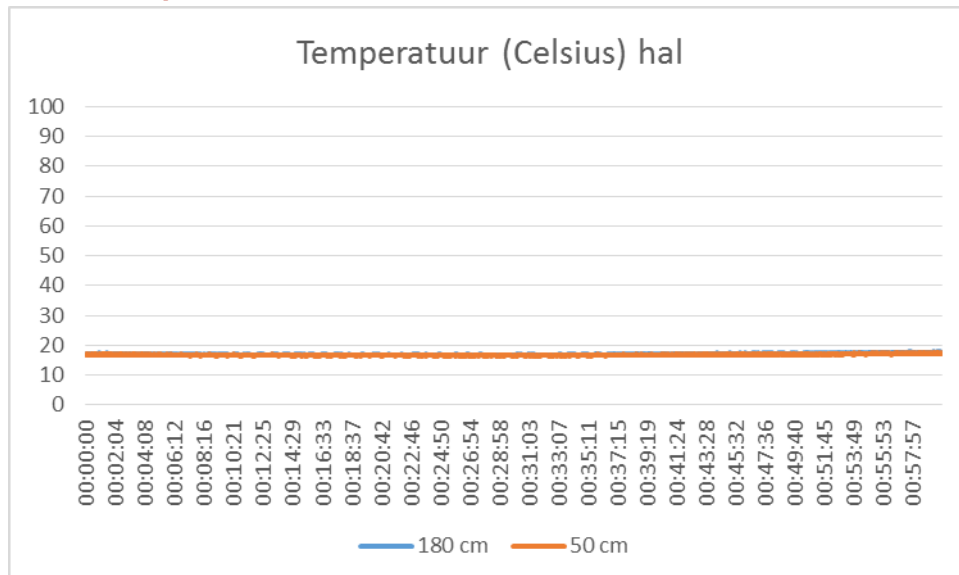
Het percentage zuurstof in de babykamer neemt na het begin van de brand licht af, mogelijk doordat de brand in de ouderslaapkamer zuurstof aanzuigt. Het percentage zuurstof zakt gedurende de proef echter niet onder de 20,4 %. Daarmee kon tot einde test van de babykamer qua aanwezige zuurstof onbelemmerd worden gevluht en was de situatie tevens ruimschoots overleefbaar.

## 15.4 Hal

### 15.4.1 Vastgelegde visuele waarneming

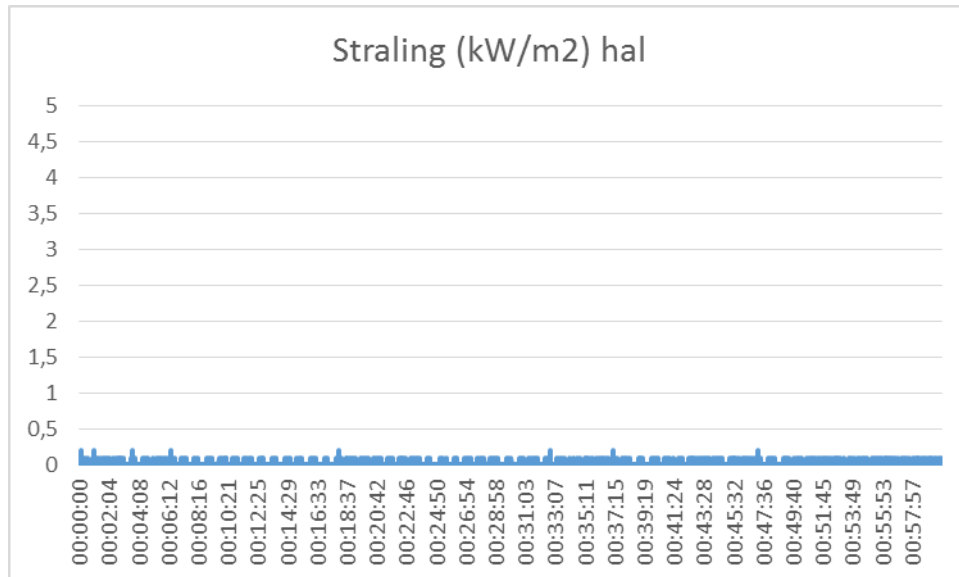
Vanaf  $t=13$  min wordt er in de hal een lichte rookwaas zichtbaar. Tot einde test is er verder geen daadwerkelijke rookverdikking zichtbaar.

### 15.4.2 Temperatuur



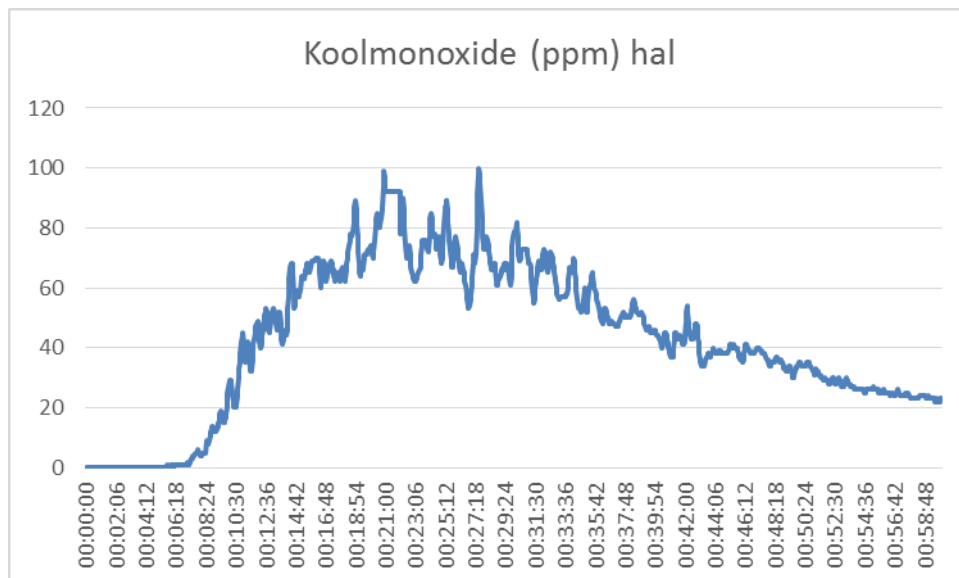
In de hal is sprake van aanvankelijk een zeer lichte daling en daarna lichte stijging van de temperatuur. Pas aan het einde van de test lijkt de temperatuur iets op te lopen, maar dit is niet significant en moet eerder worden toegeschreven aan de zon die doorbreekt. De situatie in de hal is dus qua temperatuur eigenlijk normaal en daarmee zowel ontvluchtbaar als overleefbaar.

### 15.4.3 Stralingswarmte



De gemeten straling in de hal kent –zoals alle stralingsmetingen- enige fluctuatie maar dat heeft vooral te maken met het feit dat het gevoelige apparaat betreft die snel reageert op luchtstromen. De gemeten waarden (van -0,2 tot 0,2) geven aan dat er tot het einde van de test geen significante verhoging van stralingswarmte in de hal is geweest. Daarmee was de situatie zowel ontvluchtbaar als overleefbaar.

### 15.4.4 Koolmonoxide

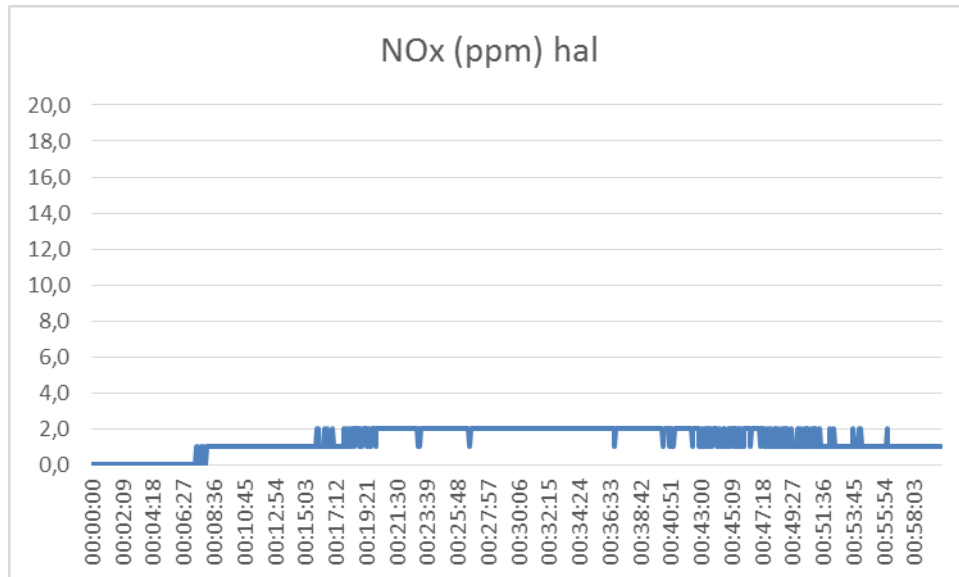


Zes minuten na begin van de brand begint de concentratie koolmonoxide in de hal redelijk lineair op te lopen om een eerste piek van 97 ppm te bereiken op t=20 min 57 sec. Hierna daalt de concentratie licht om een tweede piek (100 ppm) te bereiken op t=27 min 33 sec. Na de tweede piek neemt de concentratie CO eerst sterk en daarna langzaam af tot een waarde van 23 ppm bij einde test.

Op basis van blootstelling aan alleen koolmonoxide of koolmonoxide in combinatie met aangenomen HCN-concentraties treedt geen vluchthinder op.



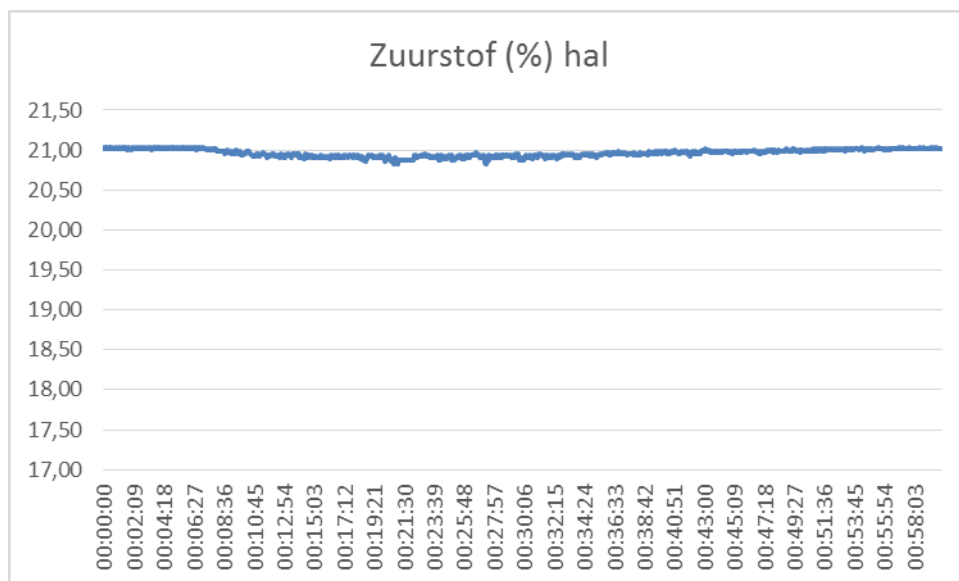
### 15.4.5 NOx



In de hal begint t=8 min 6 sec een beperkte concentratie NOx te ontstaan, die de piek van 2 ppm het eerst bereikt op t=15 min 51 sec en daarna 40 minuten constant blijft met enige fluctuatie tussen 1 en 2 ppm.

In de hal zijn de grenswaarden voor onbelemmerd vluchten en overleven voor NOx niet bereikt. Daarmee is in de hal tot het einde van de test een situatie geweest waaruit bewoners onbelemmerd konden vluchten en desnoods zouden kunnen overleven.

### 15.4.6 Zuurstof



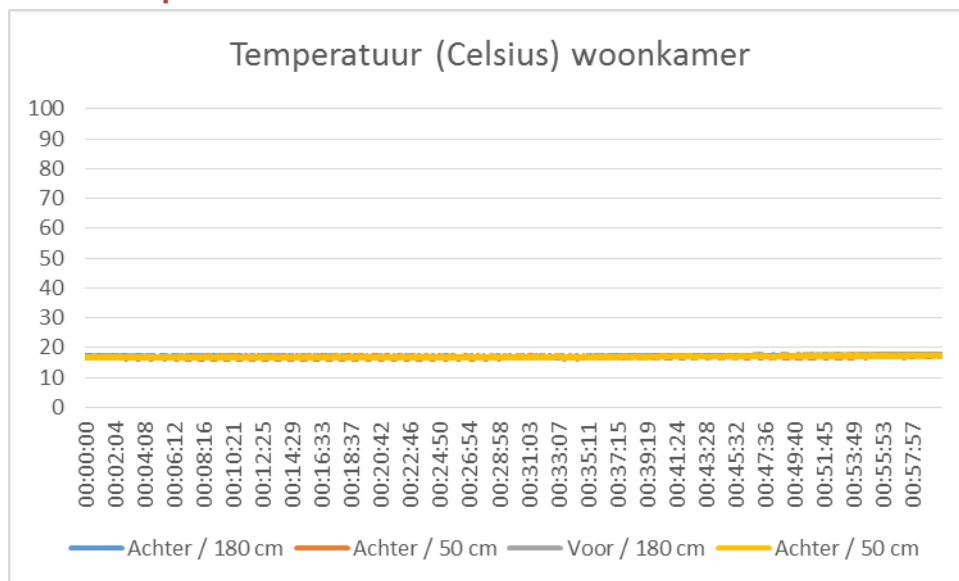
Het zuurstofpercentage in de hal is gedurende de test iets gedaald, mogelijk omdat de brand in de ouderslaapkamer via kieren lucht aanzooog vanuit overloop en hal, maar is slechts zeer kortstondig onder de 20,85 % geweest. Daarmee is qua zuurstof de situatie in de hal tot einde test ontvluchtbaar en overleefbaar geweest.

## 15.5 Woonkamer

### 15.5.1 Vastgelegde visuele waarneming

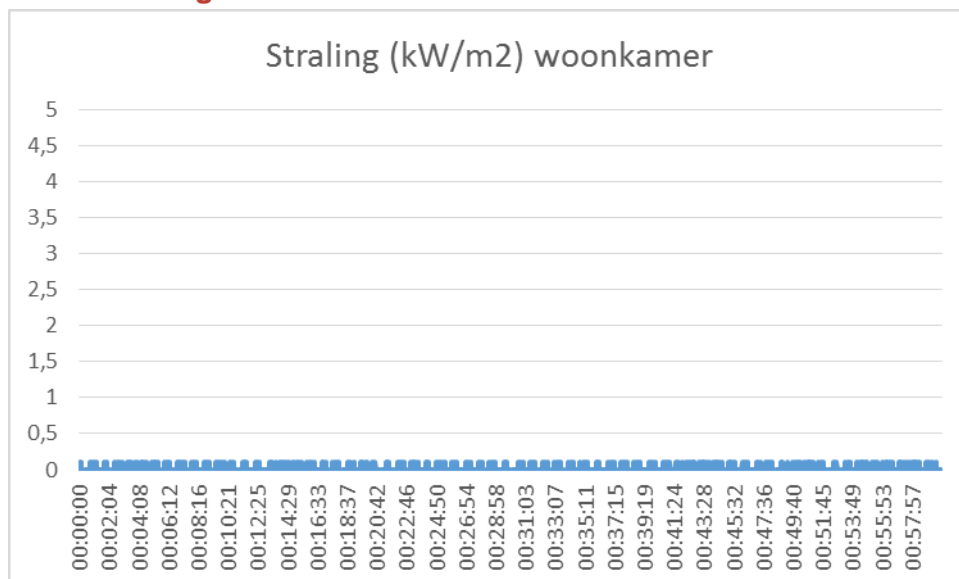
In de woonkamer is tot einde test geen rookontwikkeling zichtbaar.

### 15.5.2 Temperatuur



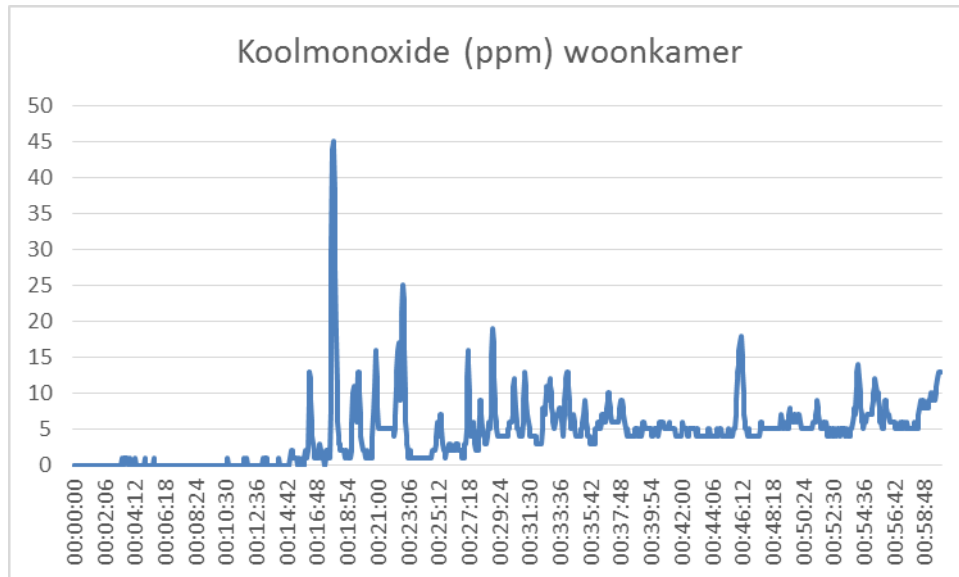
In de woonkamer is sprake van een vrijwel constante temperatuur. Pas aan het einde van de test lijkt de temperatuur iets op te lopen, maar dit is niet significant en moet eerder worden toegeschreven aan de zon die doorbreekt. De situatie in de woonkamer is dus qua temperatuur eigenlijk normaal en daarmee zowel ontvluchtbaar als overleefbaar.

### 15.5.3 Stralingswarmte



De gemeten straling in de woonkamer kent –zoals alle stralingsmetingen- enige fluctuatie maar dat heeft vooral te maken met het feit dat het gevoelige apparaat betreft die snel reageert op luchtstromen. De gemeten waarden (van -0,1 tot 0,1) geven aan dat er tot het einde van de test geen significante verhoging van stralingswarmte in de woonkamer is geweest. Daarmee was de situatie zowel ontvluchtbaar als overleefbaar.

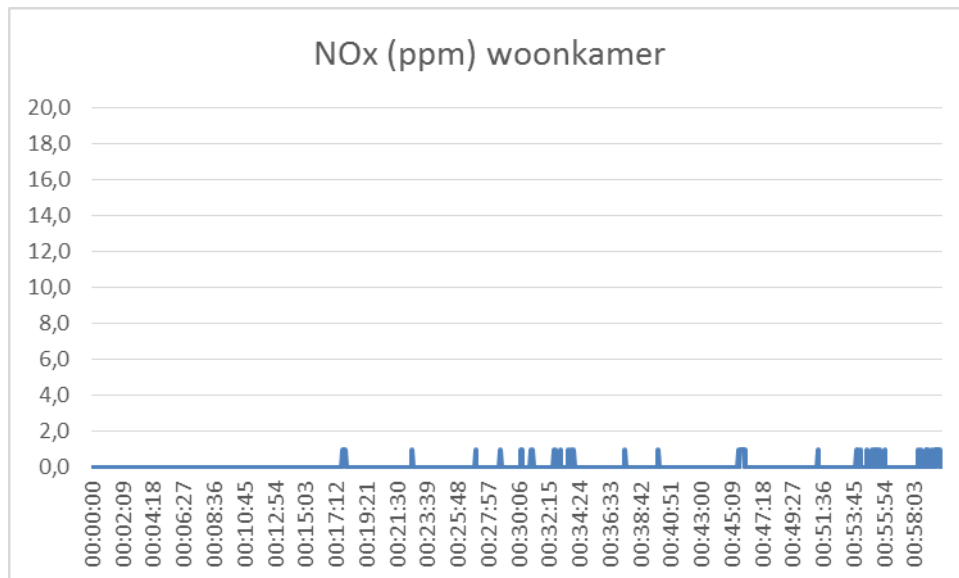
### 15.5.4 Koolmonoxide



Gedurende de test is de concentratie koolmonoxide vanaf t=14 min 57 sec uur significant op gaan lopen en heeft pieken bereikt op t=17 min 57 sec (45 ppm), t=22 min 45 sec (25 ppm) en t=28 min 57 sec (19 ppm). Opvallend in deze grafiek zijn de uitschieters qua waarden. Vermoedelijk hebben deze te maken met luchtstromen in de woonkamer waardoor concentraties koolmonoxide niet constant zijn geweest.

De grenswaarden voor veilig vluchten en overleven zijn zelfs op de piekmomenten niet bereikt. Op grond daarvan mag worden geconcludeerd dat tot het einde van de test in de woonkamer een ontvluchtbare en overleefbare situatie is geweest.

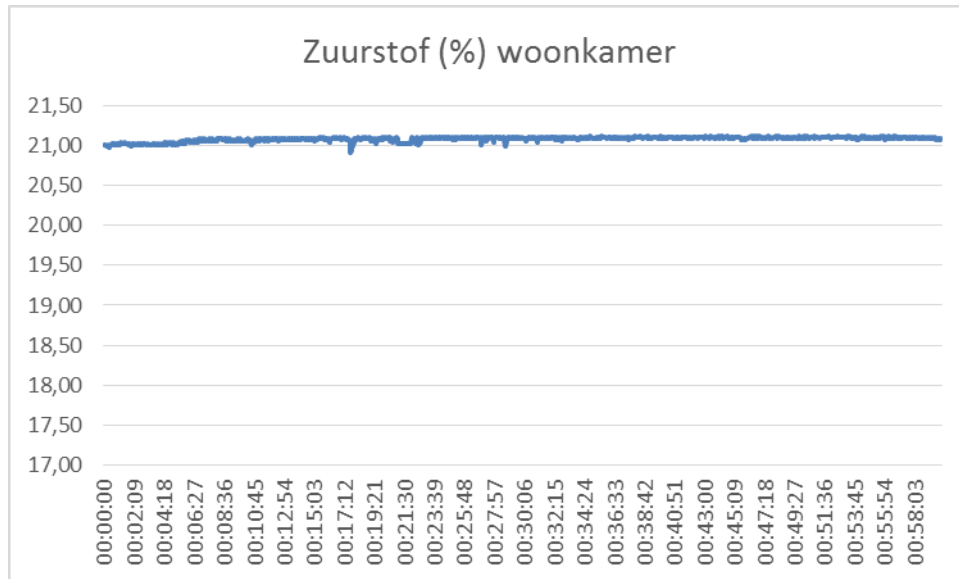
### 15.5.5 NOx



Gedurende de test is er een lage concentratie aan NOx in de woonkamer geweest omstreeks de TGG-15 minuten. Evenals bij koolmonoxide moet geconstateerd worden dat de concentratie niet continu en/ of overal constant is geweest, maar dat de lage concentratie met luchtstromen door de kamer is verplaatst.

Aangezien er nooit een hogere (en kortstondige) waarde dan 1 ppm is geconstateerd, is de situatie in de woonkamer op het aspect NOx tot het einde van de test ontvluchtbaar en overleefbaar geweest.

### 15.5.6 Zuurstof



Ondanks enige fluctuatie die vooral wordt toegeschreven aan meetfouten, mag geconstateerd worden dat er gedurende de gehele test ruim voldoende zuurstof in de woonkamer aanwezig was om te vluchten en te overleven.

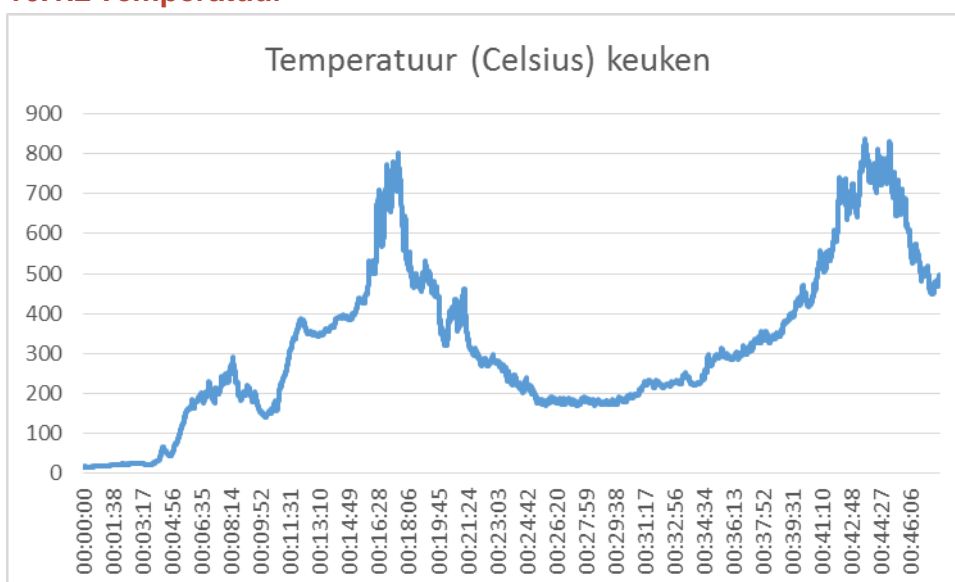
# 16 Bijlage 2: metingen test 2

## 16.1 Keuken (brandruimte)

### 16.1.1 Vastgelegde visuele waarneming

Na het ontsteken van de friteuse volgt een brand die zich snel ontwikkelt. Binnen twee minuten hangt er een dikke rooklaag tegen het plafond van de keuken, die zich uit begint te breiden naar de woonkamer. De eerste keukenkastjes worden binnen twee minuten door de brand bereikt. De brand in de keuken woedt eerst in de keukenkastjes boven het aanrecht; daarna worden ook de keukenkastjes onder het aanrecht bij de brand betrokken. Gedurende het scenario slaat de brand door het gips plafond en begint zich in het dak (van de keuken) te verspreiden zodat er dikke rook onder het pannendak van de keuken naar buiten wordt geperst.

### 16.1.2 Temperatuur



De brand is enige tijd in het voorwerp van ontstaan (friteuse) gebleven. Als het voorwerp van ontstaan (de friteuse) volledig bij de brand betrokken raakt, is er sprake van een redelijk snel stijgende temperatuur die stabiliseert en zelfs iets afneemt als de friteuse volledig brandt en de keukenkastjes betrokken raken bij de brand. Nadat de keukendeur op  $t=11$  min 57 sec in plaats van wijd open half gesloten wordt, is er sprake van een snel stijgende temperatuur die oploopt tot 800 graden Celsius. Op dat moment brandt een groot deel van de keukeninrichting. De temperatuur neemt dan gestaag af, totdat de keuken (het gebouw) zelf begint te branden waarna een nieuwe temperatuurpiek van 812,4 graden Celsius wordt bereikt op  $t=44$  min 18 sec. De brand verplaatst zich hierna richting het dak van de keuken, waarbij de temperatuur in de keuken zakt tot ongeveer 500 graden.

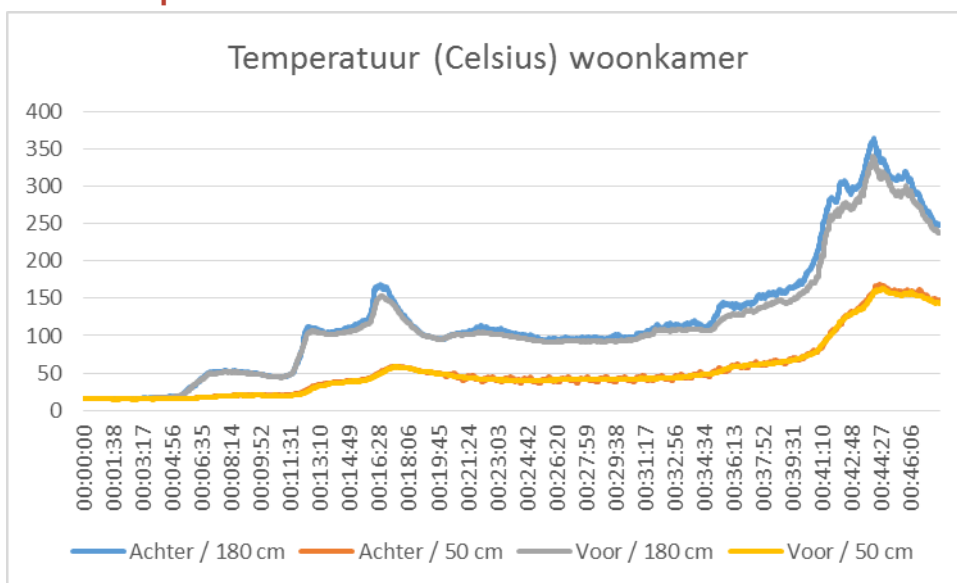
Op  $t=47$  min 42 sec dreigt de brand naar de kap van de woning over te slaan, en zet de veiligheidsploeg in. De temperatuur in de keuken wordt dan –op 180 cm hoogte- vrijwel direct terug gebracht van 500 naar 100 graden Celsius.

## 16.2 Woonkamer

### 16.2.1 Vastgelegde visuele waarneming

De woonkamer vult zich na start van de brand snel met rook. Op t=4 min vindt er een aanzienlijke verdikking en verlaging van de rooklaag in de woonkamer plaats, gecombineerd met een sterke ontwikkeling van de brand in de keuken. In de keuken is tot op vloerniveau vuur zichtbaar. In de woonkamer is op t=7 min de rookmarker van 180 cm amper meer zichtbaar en de overige vier markers zijn enkel zichtbaar omdat deze licht uitstralen. Op t=8 min zijn in de woonkamer losse roetdelen zichtbaar die door de kamer zweven. Op t=10 min is de rook in de woonkamer zodanig dicht dat de brand in de keuken niet meer zichtbaar is. Op t=13 min is er geen enkele rookmarker meer zichtbaar. Op t=17 min treedt er een verdunning op in de rooklaag en is er meer sprake van grijze dan zwarte rook. Objecten zijn echter niet zichtbaar. Op t=48 min barst het binnenraam van de woonkamer aan de achterzijde (zijde van de keuken). Vanaf t=49 min uur zijn de rookmarkers in de woonkamer door de grijze rook heen weer identificeerbaar.

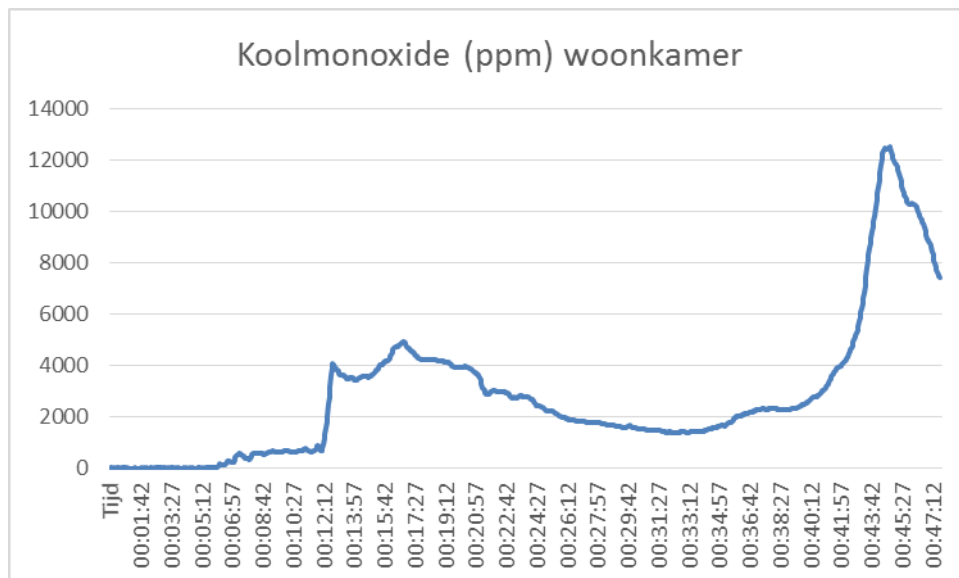
### 16.2.2 Temperatuur



Opvallend is dat de stijging van de temperatuur in de woonkamer op 'hoog' niveau (1.80 meter) en 'laag' niveau (0.50 meter) aan de voor- en achterzijde vrijwel gelijk verloopt. De temperatuur in de woonkamer loopt vanaf start van de brand langzaam op, totdat deze vanaf t=11 min een snelle stijging laat zien. Dit is vermoedelijk te refereren aan het half sluiten van de keukendeur, waardoor warmte niet naar buiten ontsnapt maar in de woning stroomt. Na deze stijging stabiliseert de temperatuur ongeveer op t=19 min. Bij t=31 min gaat de temperatuur weer stijgen totdat deze een maximum bereikt van 365,2 graden Celsius om op t=44 min 3 sec. Na dit moment gaat de temperatuur in de woonkamer afnemen. Dit is onafhankelijk van de inzet van de veiligheidsploeg, die op t=47 min 42 sec start.

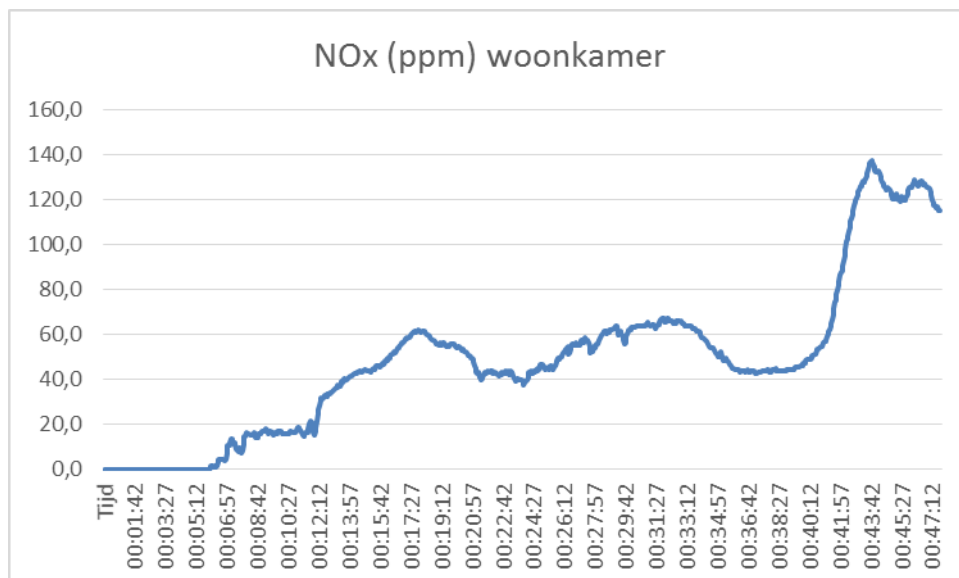
De kritische temperatuur in de woonkamer wordt op 180 cm hoogte op t=16 min 9 sec bereikt, maar daalt binnen de minuut ook weer tot onder de 150 graden. Op 50 cm hoogte wordt in de woonkamer de kritische temperatuur van 150 graden pas op t=43 min 45 sec bereikt, en begint snel na het bereiken van deze piek ook alweer te dalen. Op grond hiervan moet geconcludeerd worden dat op de factor temperatuur de kritische grens waarbij onbelemmerd vluchten overgaat in letaliteit 43 minuten 45 sec na begin brand wordt bereikt.

### 16.2.3 Koolmonoxide



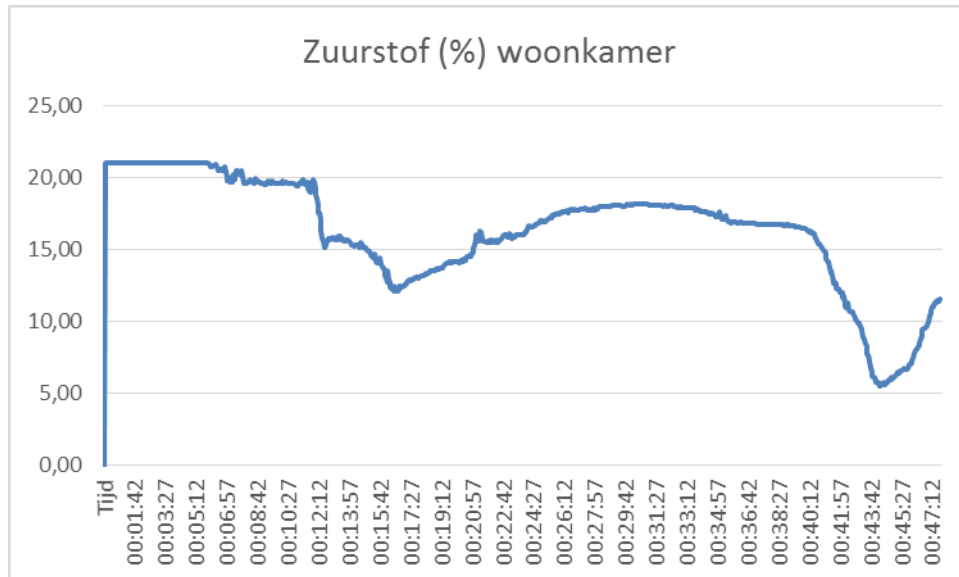
De eerste 5 minuten na begin van de brand is er in de woonkamer nauwelijks sprake van koolmonoxide (ca 10 ppm). Vanaf ongeveer  $t=6$  min loopt de concentratie op naar circa 500 ppm op  $t=7$  min. Het percentage CO in de woonkamer loopt –vermoedelijk met het half sluiten van de keukendeur- vanaf  $t=12$  min 12 sec vervolgens sterk op naar een waarde van 4000 en even later 5000 ppm koolmonoxide. De grenswaarde van 1200 ppm –waarbij gezondheidsschade optreedt en vluchten belemmerd wordt- wordt op  $t=12$  min 18 sec overschreden. Opvallend is de afname van de concentratie koolmonoxide in het tijdvak  $t=20$  min/  $t=34$  min. Hierna loopt de waarde weer sterk op naar 12500 ppm op  $t=44$  min 45 sec. Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevlucht worden vanaf  $t=12$  min, 42 sec. Na  $t=18$  min 42 sec mag worden aangenomen dat overlevingskansen fors zijn afgenomen.

### 16.2.4 NOx



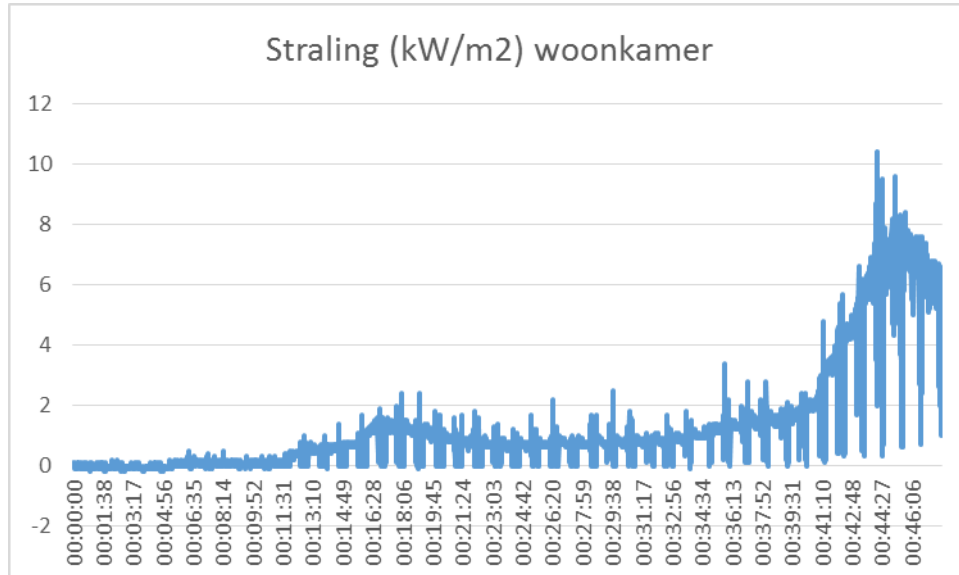
Vanaf  $t=6$  min begint de concentratie NOx in de woonkamer langzaam te stijgen en bereikt op  $t=17$  min 54 sec een eerste piek van 61,7 ppm. Op basis van de gemeten NOx-concentraties treedt snel vluchthinder op. AEGL-2 voor 10 minuten wordt overschreden vanaf  $t=11$  min, 39 sec en AEGL-3 voor 10 minuten vanaf  $t=12$  min, 48 sec. Mogelijk kan een bewoner nog wel vertraagd vluchten, maar kan ten gevolge van de blootstelling aan NOx later nog sterfte optreden.

## 16.2.5 Zuurstof



Het zuurstofpercentage in de woonkamer blijft tot ongeveer t=6 min 21 sec vrij constant om vervolgens scherp te zakken naar 15,32% op t=12 min 32 sec. Hierna daalt het percentage naar 12,1 % op t=16 min 39 sec. Na deze daling stijgt het zuurstofpercentage weer naar 17,8 % op t=27 min 17 sec. Vanaf t=40 min 12 sec is er weer een sterke daling zichtbaar, met een dieptepunt van 5,5 % op t=44 min 12 sec. De waarde van 14% (vluchten wordt belemmerd) wordt in de woonkamer op t=15 min 45 sec uur bereikt. De acuut levensbedreigende waarde van 6% zuurstof wordt op t=44 min gemeten. Door de afname van het zuurstofpercentage wordt het effect van de asfyxiërende stoffen groter en zal een levensbedreigende situatie eerder worden bereikt.

## 16.2.6 Straling



De maximale grens om onbelemmerd te kunnen vluchten van 2 kW/ m<sup>2</sup> is op t=40 min 24 sec overschreden. De grens waarboven qua warmtestraling de woonkamer niet meer overleefbaar zou zijn geweest, is bereikt op t=43 min 40 sec.

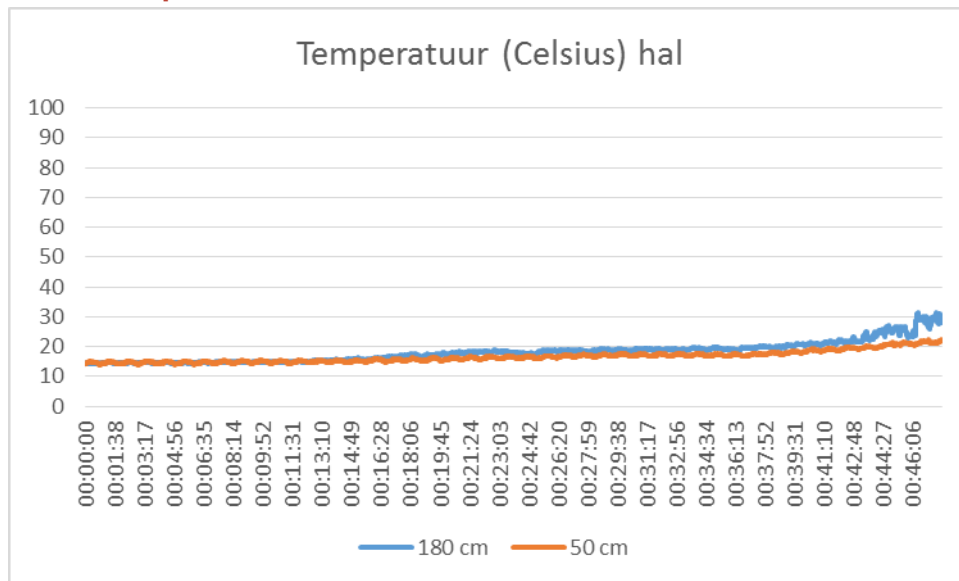


## 16.3 Hal

### 16.3.1 Vastgelegde visuele waarneming

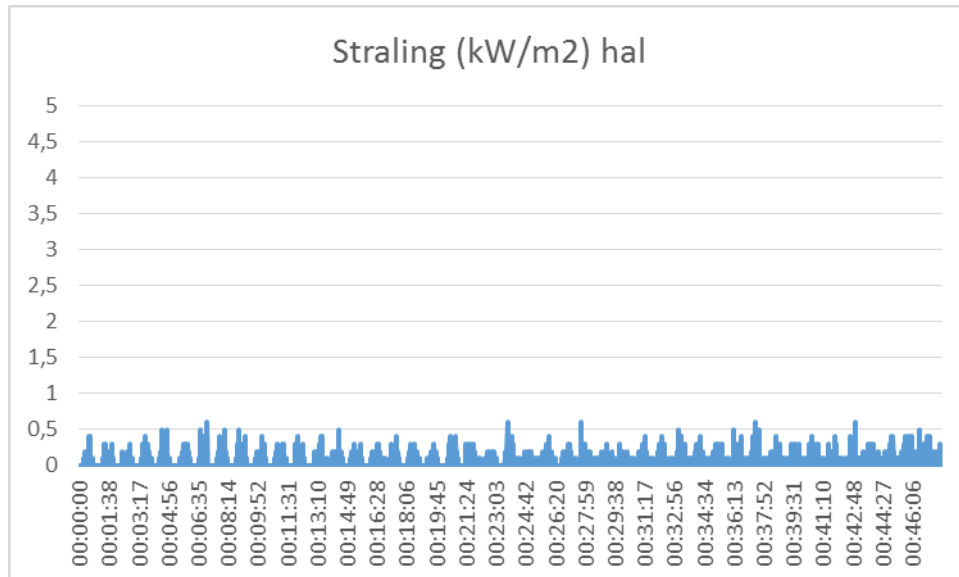
Vanaf  $t=11$  min is er een lichte rookontwikkeling in de hal zichtbaar, als gevolg van rook die door de kier van de haldeur heen wordt geperst. De rooklaag wordt snel dikker; op  $t=12$  min is er duidelijk rook zichtbaar die de hal in wordt geperst. De hal is dan volledig gevuld met lichte grijze rookontwikkeling. Op  $t=23$  min zijn de rookmarkers moeilijk zichtbaar en is dus sprake van aanzienlijke rookverdichting. Op  $t=43$  min treedt verdere verdichting van de rooklaag op en zijn de markers alleen nog zichtbaar omdat deze fel licht uitstralen. Op het moment dat de blussing wordt gestart, neemt het zicht nog verder af.

### 16.3.2 Temperatuur



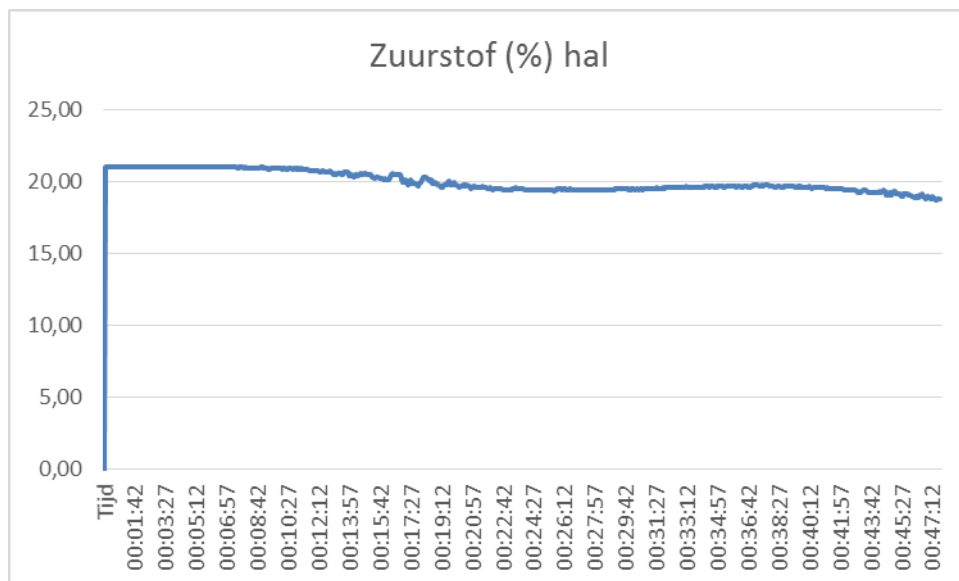
In de hal is slechts sprake van een langzaam oplopende temperatuur. Pas op  $t=17$  min is er sprake van enige temperatuurverhoging. De maximaal bereikte temperatuur –vlak voor einde test- bedraagt 29,5 graden Celsius. Er is dus tot het einde van de test in de hal qua temperatuur sprake geweest van een situatie waaruit men zelfstandig kan vluchten en langdurig kan overleven.

### 16.3.3 Straling



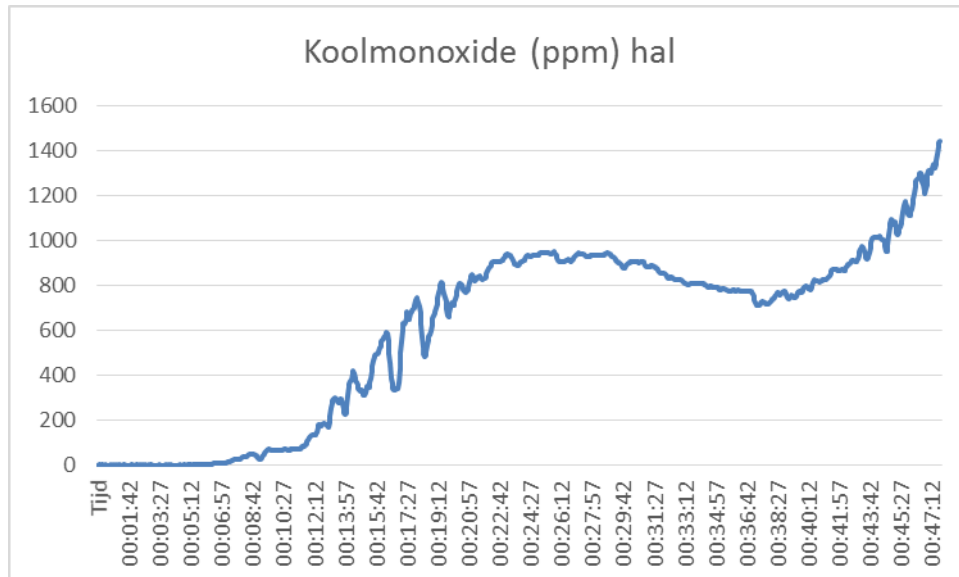
De gemeten straling in de hal kent –zoals alle stralingsmetingen- enige fluctuatie maar dat heeft vooral te maken met het feit dat het gevoelige apparaat betreft die snel reageert op luchtstromen. De gemeten waarden (van -0,6 tot 0,6) geven aan dat er geen stralingswarmte in de hal is geweest.

### 16.3.4 Zuurstof



Het zuurstofpercentage in de hal is gedurende de test redelijk constant afgenomen van 21% bij start test naar 18,8% bij einde test. Daarmee is tot het einde van de test qua aanwezige zuurstof een overleefbare situatie geweest en was ook het vluchten niet belemmerd.

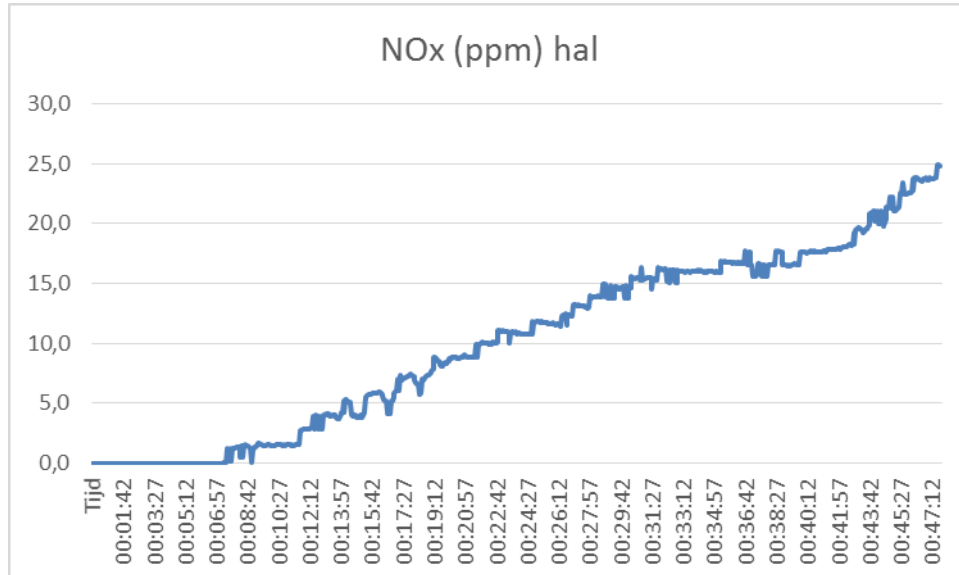
### 16.3.5 Koolmonoxide



De concentratie ppm's koolmonoxide in de hal blijft na start van de brand tot t=7 min 51 sec laag: circa 10 ppm. Hierna loopt de concentratie fors op naar 940 ppm op t=23 min 6 sec. Vervolgens is er een lichte afname van de concentratie, waarna deze weer stijgt tot 1443 ppm koolmonoxide bij einde test.

Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevlucht worden vanaf t= 20 min, 45 sec. Na t=44 min 45 sec mag worden aangenomen dat overlevingskansen fors zijn afgenomen.

### 16.3.6 NOx



Vanaf t=7 min 51 sec begint de concentratie NOx in de hal te stijgen en bereikt vrij constant bij einde test een waarde van 24,8 ppm. De waarde van 10 ppm (vluchten wordt belemmerd) wordt op t=21 min 48 sec overschreden. De levensbedreigende waarde van 26 ppm wordt niet bereikt. De maximale gemeten waarde was bij einde test (t=47 min 39 sec) en bedraagt 24,8 ppm.

De AEGL-2 en de AGW worden in combinatie met de bijbehorende blootstellingstijden weliswaar niet overschreden, maar de overige irriterende stoffen en de combinatie met

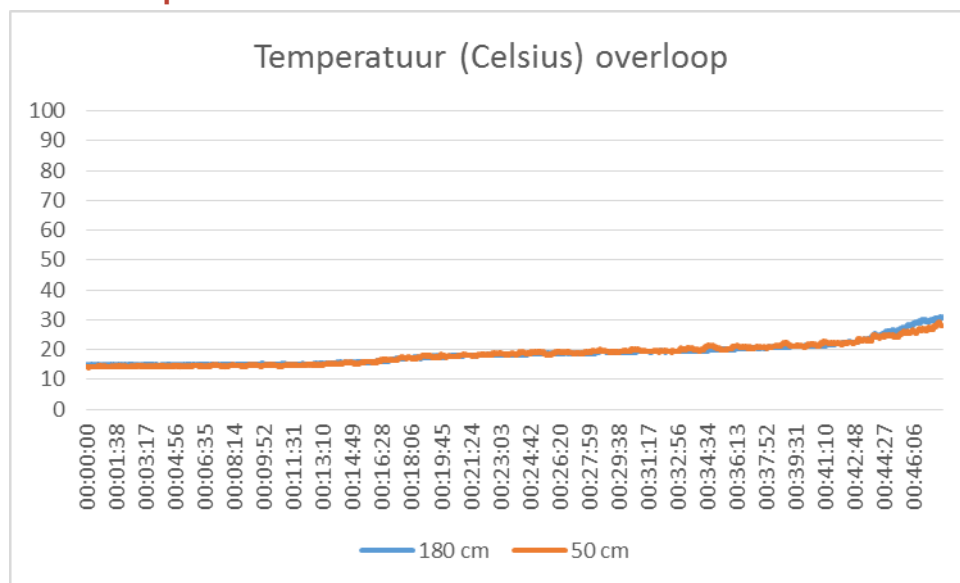
visuele hinder kan wel zorgen voor een vertraagde ontvluchting en mogelijk blijvende gezondheidsklachten.

## 16.4 Overloop

### 16.4.1 Vastgelegde visuele waarneming

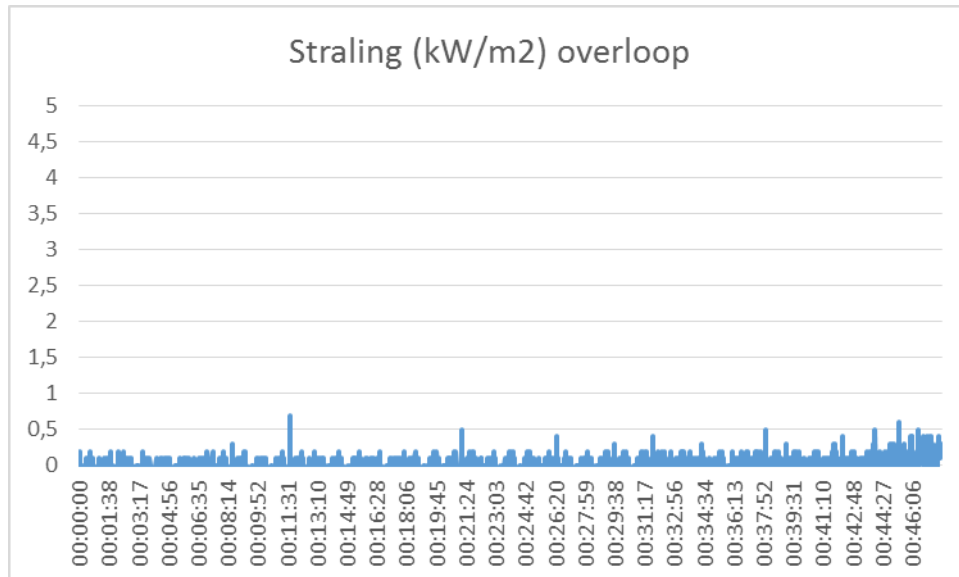
Op de overloop wordt de eerste lichte (grijze) rookontwikkeling zichtbaar op t=9 min. Op t=11 min neemt de rookverdichting toe en lijkt de bovenverdieping met lichte grijze rookwaas gevuld te zijn. Vanaf t=21 min staat de overloop volledig gevuld met grijze rook en is de tegenoverliggende muur nauwelijks meer zichtbaar. Hierna verdunt de rook weer enigszins; op t=40 min neemt de rookontwikkeling echter weer toe met als resultaat dat bij einde test op t=47 min er vrijwel geen hand voor ogen meer zichtbaar is.

### 16.4.2 Temperatuur



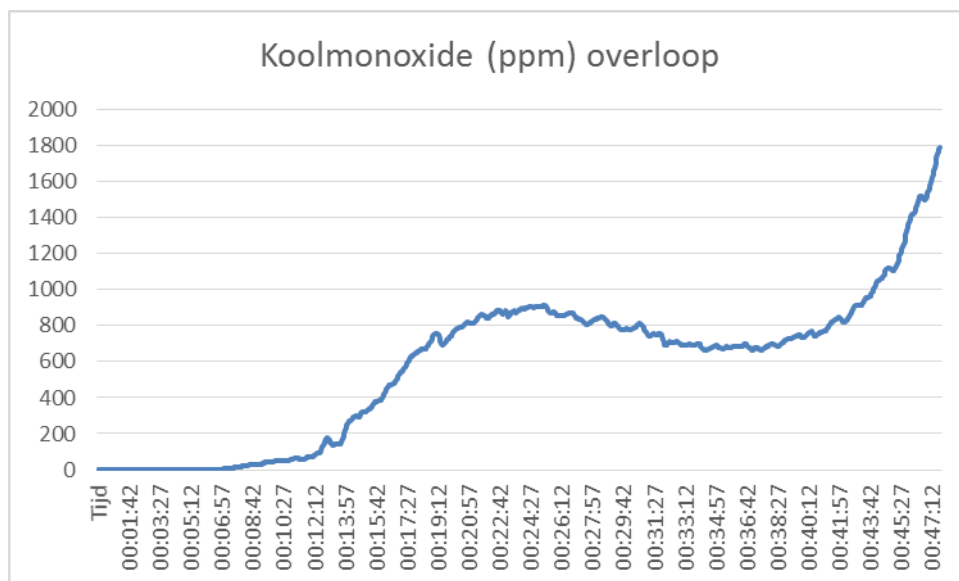
Op de overloop is slechts sprake van een langzaam oplopende temperatuur. Pas op t=17 min is er –net als in de hal- sprake van enige temperatuurverhoging. De maximaal bereikte temperatuur –vlak voor einde test- bedraagt 30,9 graden Celsius. Er is dus tot het einde van de test in de hal qua temperatuur sprake geweest van een situatie waaruit men zelfstandig kan vluchten en langdurig kan overleven.

### 16.4.3 Straling



De gemeten straling op de overloop kent –zoals alle stralingsmetingen- enige fluctuatie maar dat heeft vooral te maken met het feit dat het gevoelige apparaat betreft die snel reageert op luchtstromen. De gemeten waarden (van -0,6 tot 0,6) geven aan dat er tot het einde van de test geen significante verhoging van stralingswarmte op de overloop is geweest. Daarmee was de situatie zowel ontvluchtbaar als overleefbaar.

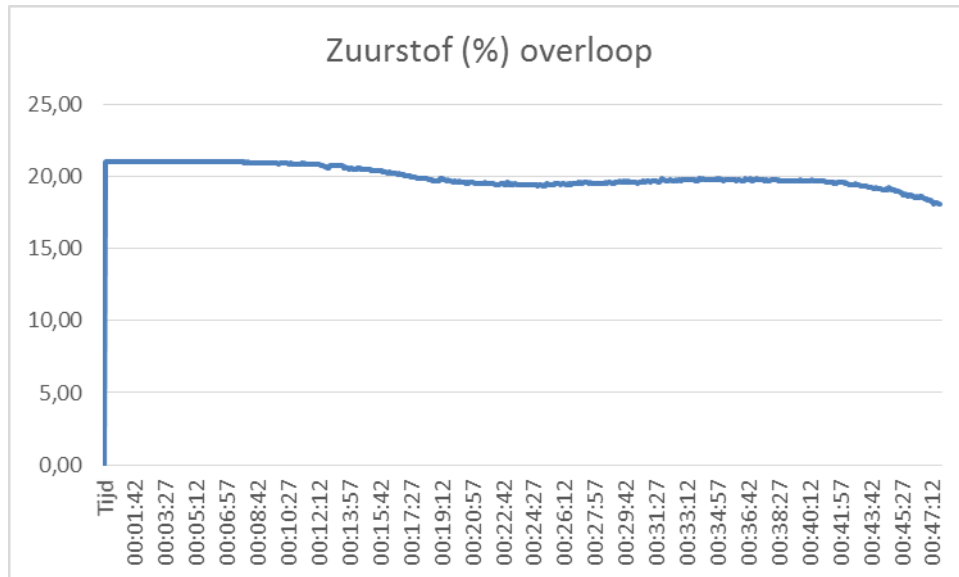
### 16.4.4 Koolmonoxide



Vanaf t=7 min 36 sec (10 ppm) begint de concentratie koolmonoxide op de overloop op te lopen naar een (eerste) piek van 916 ppm op t=25 min 18 sec . Na deze piek daalt de concentratie naar 666 ppm op t=37 min 33 sec, waarna deze weer oploopt naar 1794 ppm bij einde test t=47 min 39 sec.

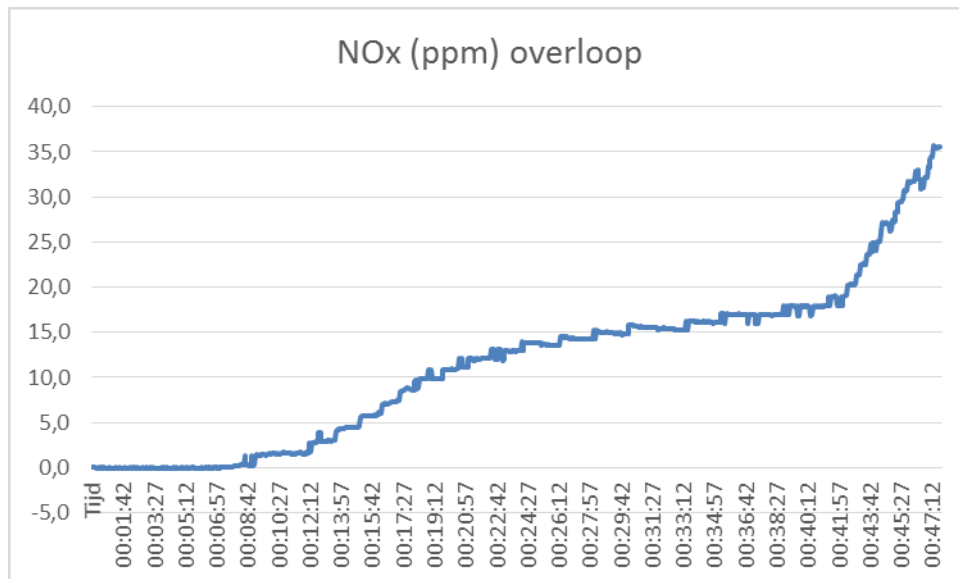
Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevlucht worden vanaf t=21 min 9 sec. Vanaf t=45 min 9 sec mag worden aangenomen dat de overlevingskans fors is afgenomen.

## 16.4.5 Zuurstof



Het zuurstofpercentage op de overloop is gedurende de test afgenomen van 21% bij start test naar 18,1% bij einde test. Daarmee is tot het einde van de test qua aanwezige zuurstof een overleefbare situatie geweest en was ook het vluchten niet belemmerd.

## 16.4.6 NOx



Op de overloop begint de concentratie NOx vanaf t=9 min 9 sec (1 ppm) vrij constant te stijgen naar 17,9 ppm op t=40 min. Na deze vrij constante –geleidelijke– stijging vindt een sterke stijging plaats naar 35,6 ppm bij einde test op t=47 min 39 sec.

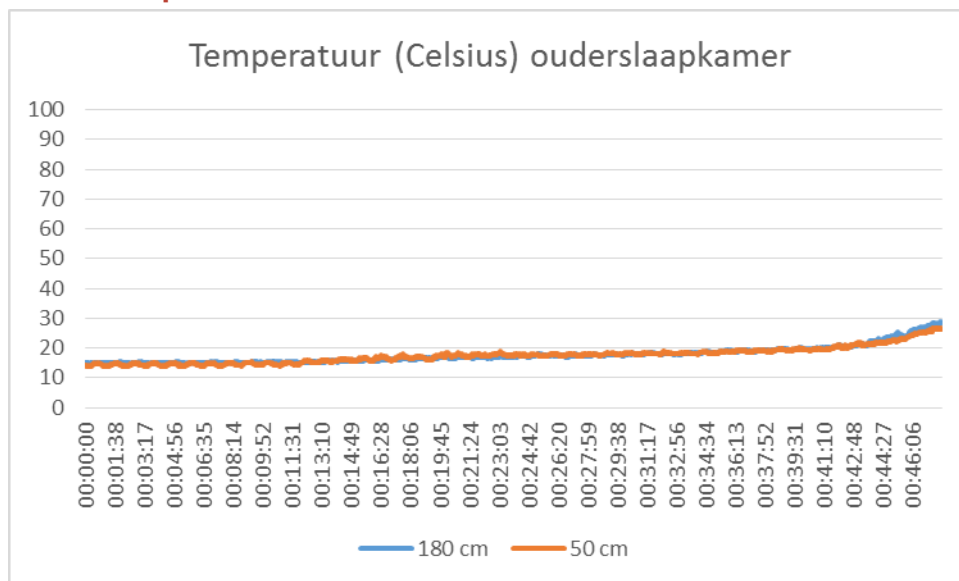
De AEGL-2 en de AGW voor NOx worden in combinatie met de bijbehorende blootstellingstijden weliswaar niet overschreden, maar de overige irriterende stoffen en de combinatie met visuele hinder kan wel zorgen voor een vertraagde ontvluchting en mogelijk blijvende gezondheidsklachten.

## 16.5 Ouderslaapkamer

### 16.5.1 Vastgelegde visuele waarneming

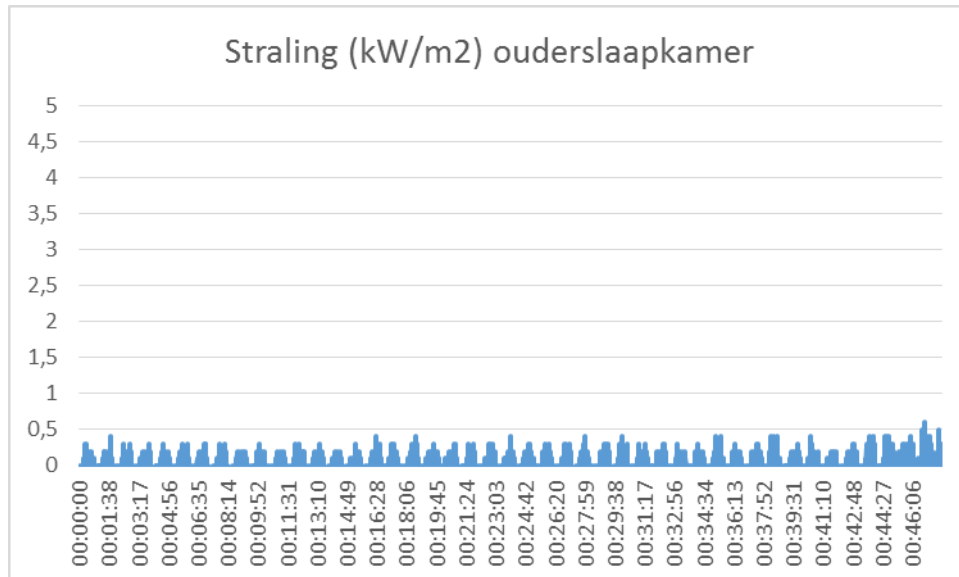
Op t=8 min wordt de eerste rookontwikkeling zichtbaar, die door de vloer de ouderslaapkamer in wordt geperst. In de ouderslaapkamer is –door de rook die door de vloer heen komt- al op t=9 min sprake van een lichte rookwaas in de hele ruimte. Vanaf t=12 min vindt continu verdichting van de rook plaats; rond t=16 min is de hele ruimte gevuld met grijze rook en zijn de rookmarkers zichtbaar, maar wordt het moeilijk om de deur (waarop de markers zijn bevestigd) te onderscheiden. Op t=23 min zijn de rookmarkers nog net zichtbaar door de grijze rook. Vanaf t=28 min treedt een zekere verdunning van de rook op, waarna deze vanaf t=37 min weer dichter wordt. Op t=43 min uur zijn de rookmarkers amper te identificeren door de dichte rook. Op t=47 min 39 sec is er niks zichtbaar.

### 16.5.2 Temperatuur



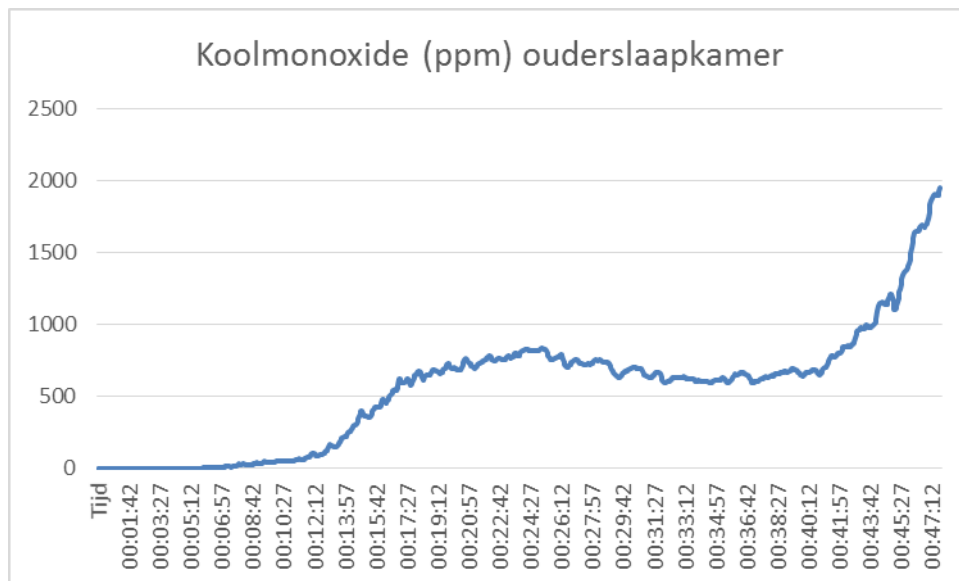
De temperatuur in de ouderslaapkamer loopt zeer langzaam op na het begin van de brand. Zelfs op t=47 min 39 sec, vlak voor de inzet van de veiligheidsploeg omdat de brand de kap dreigt te bereiken, is de temperatuur nog onder de 30 graden hoewel deze dan een iets sterkere stijging vertoont. De situatie op de ouderslaapkamer was qua temperatuur dus zowel ontvluchtbaar als overleefbaar.

### 16.5.3 Straling



De gemeten straling op de ouderslaapkamer kent –zoals alle stralingsmetingen- enige fluctuatie maar dat heeft vooral te maken met het feit dat het gevoelige apparaat betreft die snel reageert op luchtstromen. De gemeten waarden (van -0,6 tot 0,6) geven aan dat er tot het einde van de test geen significante verhoging van stralingswarmte op de ouderslaapkamer is geweest. Daarmee was de situatie zowel ontvluchtbaar als overleefbaar.

### 16.5.4 Koolmonoxide

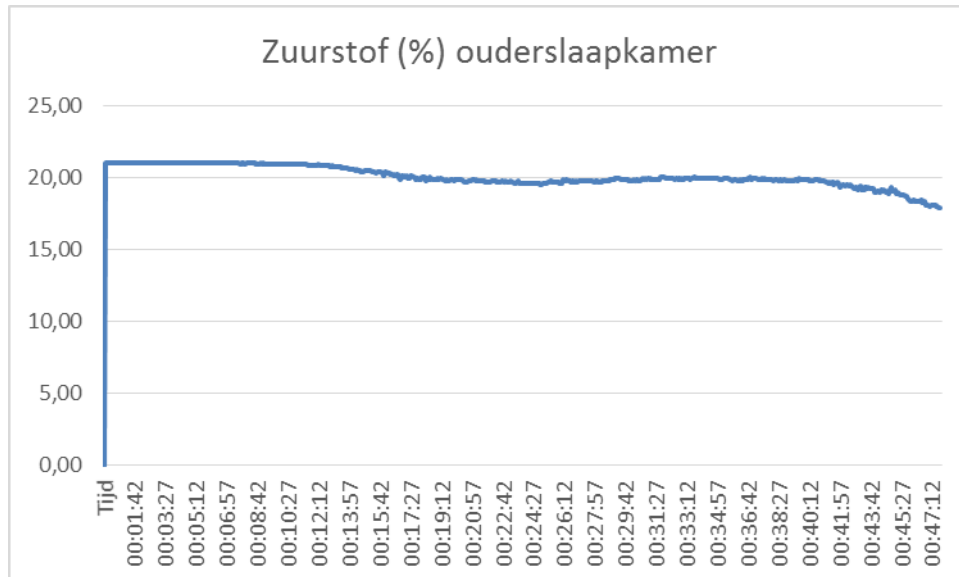


Op de ouderslaapkamer wordt vanaf begin brand heel geleidelijk tussen t=5 min en t=7 min een concentratie van koolmonoxide opgebouwd van 10 ppm. Dan begint vanaf t=7 min 9 sec de concentratie koolmonoxide fors op te lopen naar 838 ppm op t=25 min 3 sec, waarna de waarde weer iets zakt. Vanaf t=41 min 6 sec stijgt de concentratie koolmonoxide weer snel en bereikt zijn piek van 1953 ppm bij einde test op t=47 min 39 sec.

Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevlucht worden vanaf t= 21min, 9 sec. Vanaf t=45 min 9 sec mag worden aangenomen dat de overlevingskans fors is afgenomen.

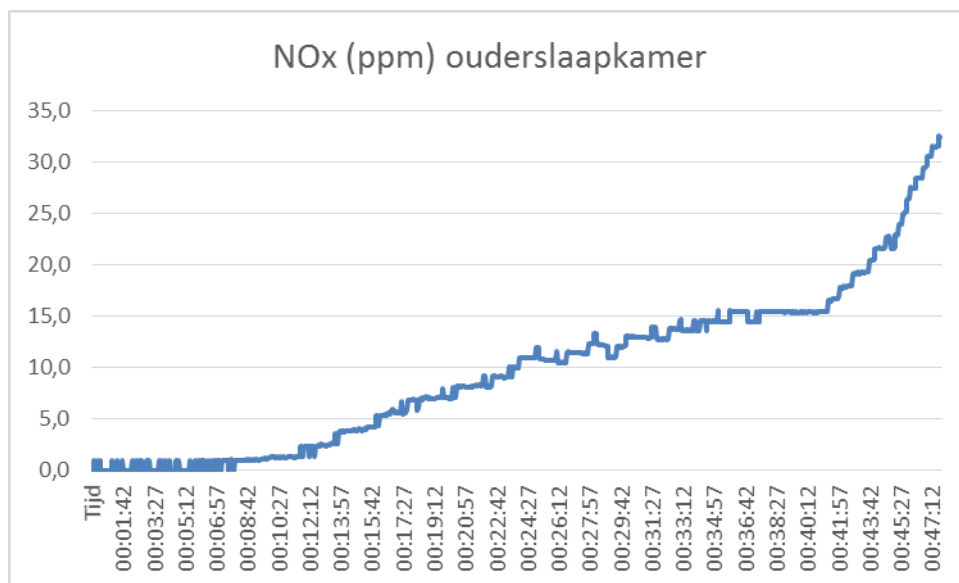


### 16.5.5 Zuurstof



Het zuurstofpercentage op de ouderslaapkamer is gedurende de test afgenomen van 21% bij start test naar 17,9% bij einde test. Daarmee is tot het einde van de test qua aanwezige zuurstof een overleefbare situatie geweest en was ook het vluchten niet belemmerd.

### 16.5.6 NOx



Op de ouderslaapkamer begint de concentratie NOx vanaf t=6 min 42 sec (1 ppm) vrij constant te stijgen naar 15 ppm op t=35 min. Na deze vrij constante –geleidelijke- stijging vindt een sterke stijging plaats naar 32,5 ppm bij einde test om t=47 min 39 sec.

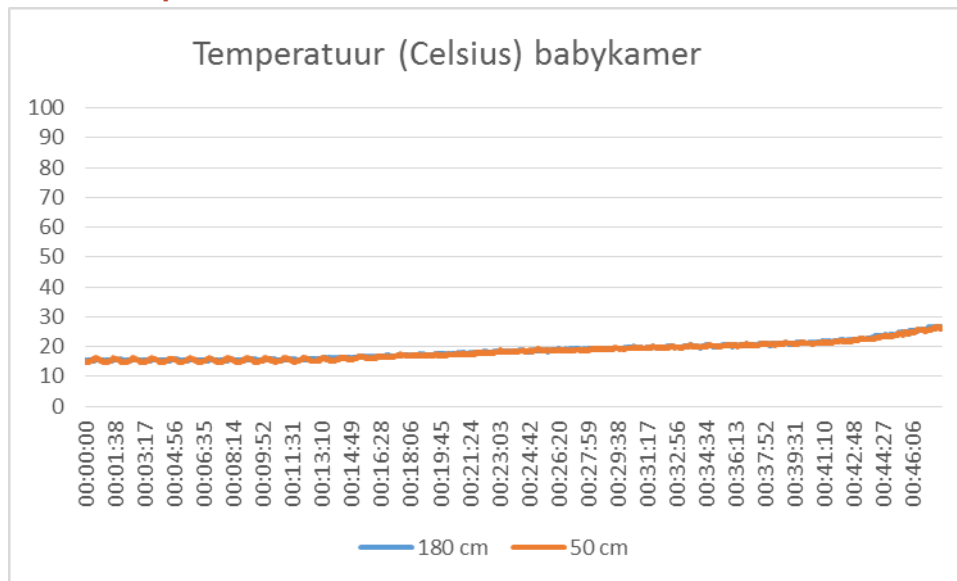
De AEGL-2 en de AGW worden in combinatie met de bijbehorende blootstellingstijden weliswaar niet overschreden, maar de overige irriterende stoffen en de combinatie met visuele hinder kan wel zorgen voor een vertraagde ontvluchting en mogelijk blijvende gezondheidsklachten.

## 16.6 Babykamer

### 16.6.1 Vastgelegde visuele waarneming

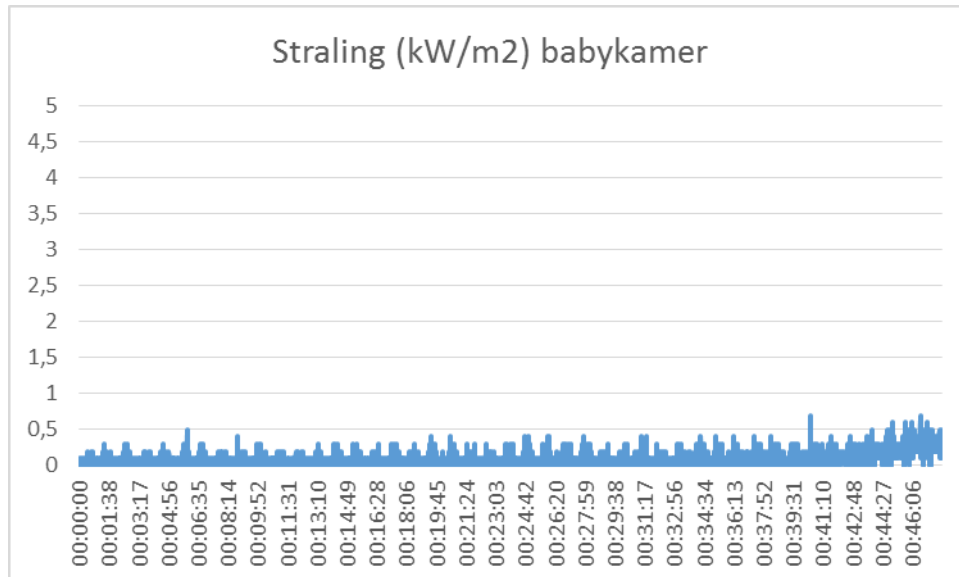
Op t=8 min is zichtbaar dat er rook door de vloer in de babykamer wordt geperst. De ruimte is op t=10 min met lichte rookontwikkeling gevuld. De verdichting van de rooklaag gaat echter vrij snel: op t=20 min is de babykamer geheel gevuld met grijze rook en zijn alleen nog de rookmarkers zichtbaar aan de andere zijde van de woning. Op t=38 min is de bovenste rookmarker (180 cm) niet meer zichtbaar. Op t=43 min verdwijnt ook de tweede rookmarker uit beeld. Op t=45 min zijn alle rookmarkers niet meer zichtbaar.

### 16.6.2 Temperatuur



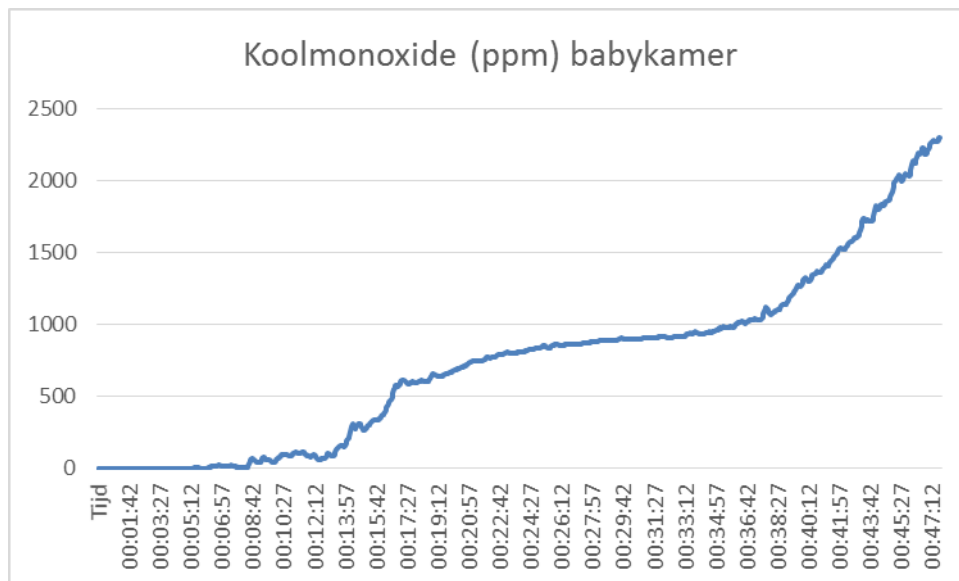
De temperatuur in de babykamer loopt zeer langzaam op na het begin van de brand. Zelfs op t=47 min 39 sec, vlak voor de inzet van de veiligheidsploeg omdat de brand de kap dreigt te bereiken, is de temperatuur nog onder de 30 graden hoewel deze dan een iets sterkere stijging vertoont. Daarmee was de situatie op de babykamer qua temperatuur zowel ontvluchtbaar als overleefbaar.

### 16.6.3 Straling



De gemeten straling op de baykamer kent –zoals alle stralingsmetingen- enige fluctuatie maar dat heeft vooral te maken met het feit dat het gevoelige apparaatuur betreft die snel reageert op luchtstromen. Bij einde test is er sprake van een zeer lichte verhoging van stralingswarmte op de babykamer. Daarmee was de situatie zowel ontvluchtbaar als overleefbaar.

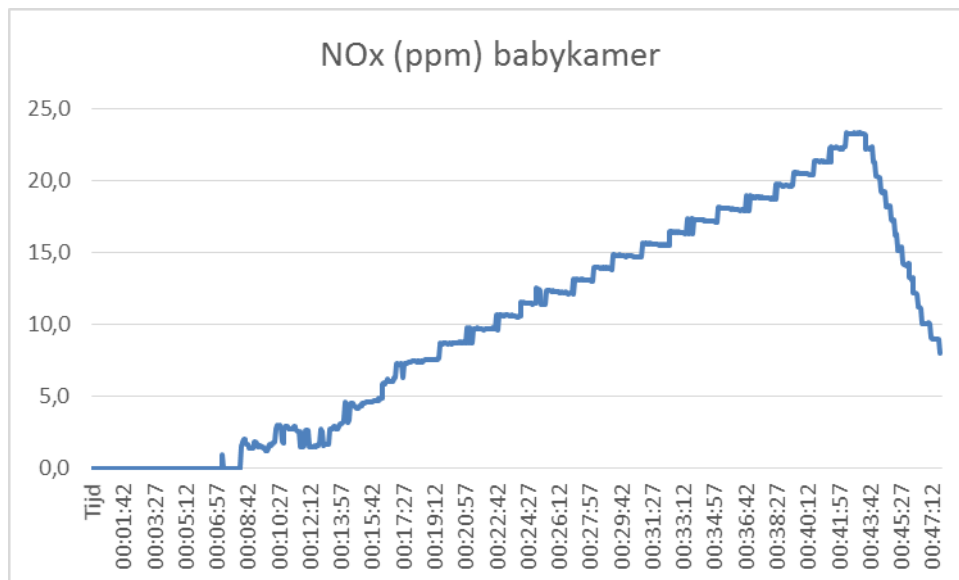
### 16.6.4 Koolmonoxide



Op de babykamer wordt vanaf t=5 min 21 sec een concentratie van koolmonoxide opgebouwd die snel oploopt van 4 ppm op t=5 min 21 sec naar 613 ppm op t=17 min 15 sec. Na deze snelle stijging vlakt de opbouw van koolmonoxide af, om vanaf t=38 min weer snel op te lopen naar een piek van 2305 ppm bij einde test.

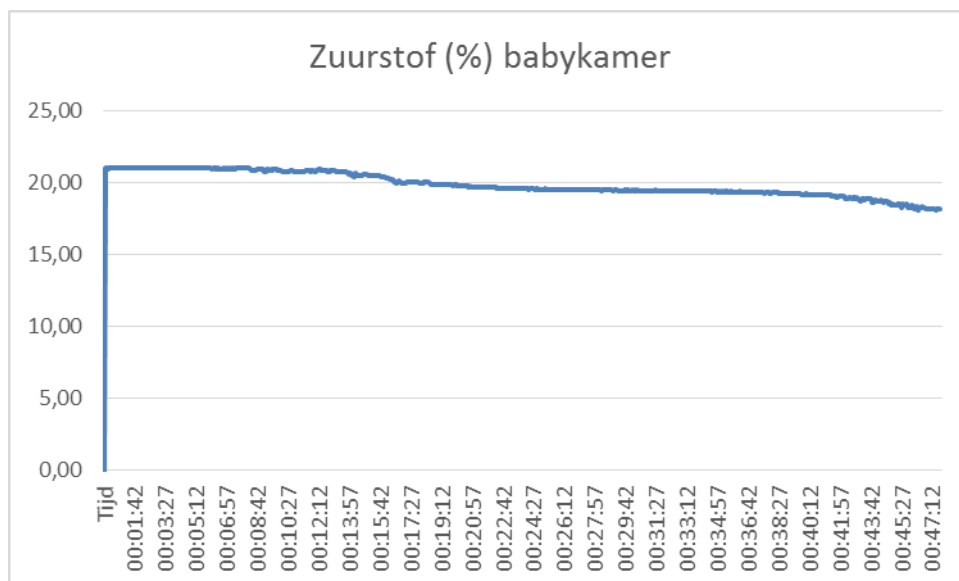
Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevlucht worden vanaf t= 21min 27 sec. Vanaf t=45 min 27 sec mag worden aangenomen dat de overlevingskans fors is afgenomen.

### 16.6.5 NOx



Op de babykamer begint de concentratie NOx vanaf t= 8 min 27 sec (2 ppm) vrij constant te stijgen naar 23,4 ppm op t=42 min 51 sec. De AEGL-2 en de AGW worden in combinatie met de bijbehorende blootstellingstijden weliswaar niet overschreden, maar de overige irriterende stoffen en de combinatie met visuele hinder kan wel zorgen voor een vertraagde ontvluchting en mogelijk blijvende gezondheidsklachten. Daarbij komt nog dat een baby en zelf niet in staat is de kamer te ontvluchten en bovendien als klein kind gevoeliger is voor intoxicaties.

### 16.6.6 Zuurstof



Het zuurstofpercentage op de babykamer is gedurende de test afgenomen van 21% bij start test naar 18,2% bij einde test. Daarmee is tot het einde van de test qua aanwezige zuurstof een overleefbare situatie geweest en was ook het vluchten niet belemmerd.

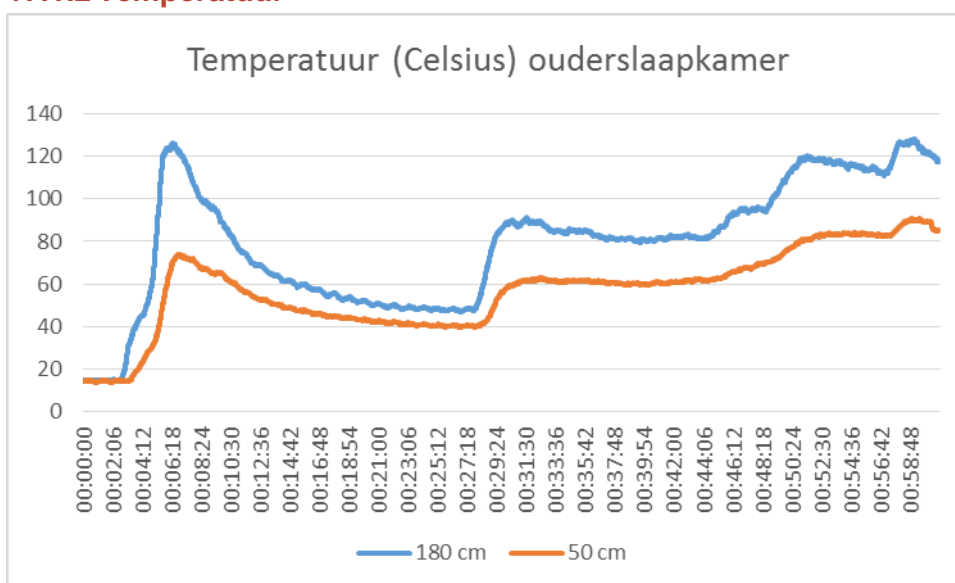
# 17 Bijlage 3: metingen test 3

## 17.1 Ouderslaapkamer

### 17.1.1 Vastgelegde visuele waarneming

Op  $t = 2$  min 30 sec komt de eerste rook de ouderslaapkamer binnen, die zich dan snel vult met rook. Op  $t = 5$  min worden de rookmarkers moeilijk zichtbaar door de dichte, zwarte rook. Op  $t = 7$  min zijn de rookmarkers niet meer zichtbaar. Vanaf  $t = 20$  min wordt de rook langzaam iets minder dicht, op  $t = 25$  min is er weer enige lichtinval door het raam zichtbaar. Vanaf  $t = 29$  min wordt de rook weer dichter.

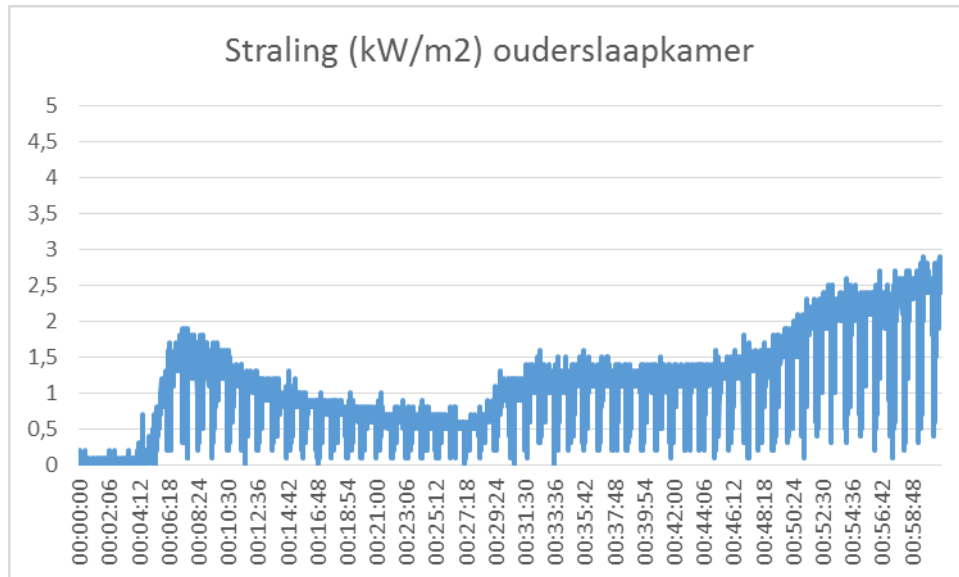
### 17.1.2 Temperatuur



Na het begin van de brand blijft de temperatuur in de ouderslaapkamer de eerste drie minuten na ontsteken van de brand bijna constant en gaat dan snel oplopen naar 126,1 graden Celsius op  $t = 6$  min 19 op hoogte 180 cm. Tussen het laatste moment dat de temperatuur nog constant was tot het piekmoment zitten slechts 3 minuten en in deze periode is de temperatuur 111 graden Celsius opgelopen. Op 50 cm hoogte vindt vrijwel op hetzelfde moment dezelfde piek in de temperatuuropbouw plaats; het maximum bedraagt hier echter 70 graden Celsius. Na de piek  $t = 6$  min 19 sec begint de temperatuur weer snel te dalen. Op  $t = 18$  min 22 sec is de temperatuur gedaald tot 52,3 graden Celsius, waarna deze weer (snel) gaat stijgen. Op  $t = 58$  min 1 sec wordt dan een nieuwe piek bereikt van 126,8 graden Celsius op 180 cm hoogte. De temperatuur op de beide gemeten hoogtes stijgt en daalt op dezelfde momenten en zelfs behoorlijk in dezelfde mate.

De kritische temperatuur van 150 graden Celsius op 180 cm hoogte wordt in de ouderslaapkamer niet bereikt. Op 50 cm hoogte blijft de temperatuur gedurende de gehele test zelfs onder de 90 graden Celsius. Conclusie is dat de situatie qua temperatuur in de ouderslaapkamer tot einde test onbelemmerd vluchten en overleven mogelijk maakte.

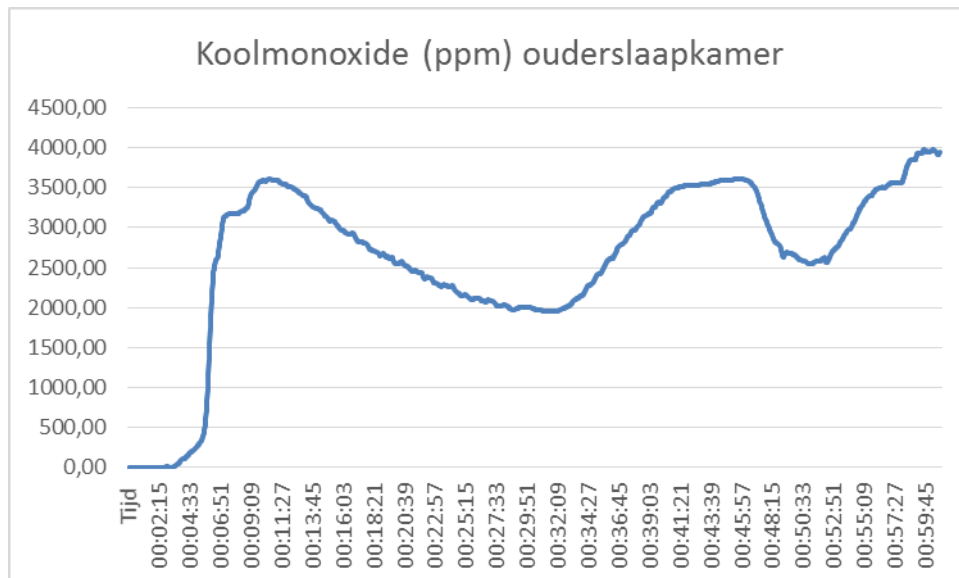
### 17.1.3 Stralingswarmte



De straling op de ouderslaapkamer blijft na het begin van de brand ongeveer drie minuten constant (0 kW/ m2) om vervolgens in vijf minuten te stijgen naar 1,8 kW/ m2 op t=7 min 52 sec. Na deze piek neemt de stralingswarmte af, om van t=29 min weer toe te gaan nemen. De stralingswarmte bereikt bij einde test de piek van 2,6 kW/ m2.

De grenswaarde voor veilig vluchten qua stralingswarmte (2 kW/ m2) wordt op t=52 min 15 sec overschreden. De situatie op de ouderslaapkamer blijft echter tot het einde van de test overleefbaar.

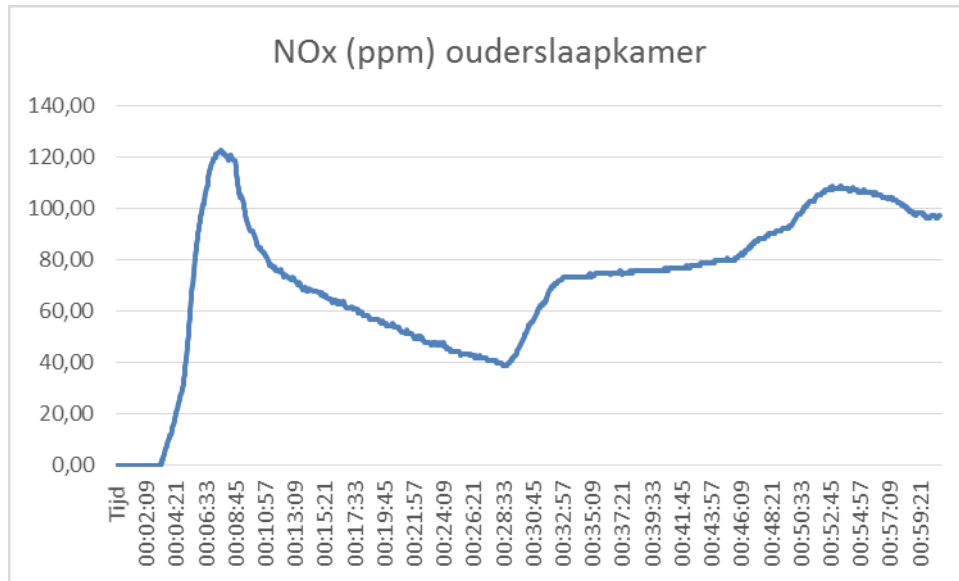
### 17.1.4 Koolmonoxide



De concentratie koolmonoxide op de ouderslaapkamer begint vier minuten na begin van de brand pijlsnel op te lopen: van een waarde van 31 ppm vier minuten na begin brand bereikt deze op t=10 min 30 sec al een waarde van 3605 ppm. Hierna gaat de concentratie afnemen. Op t=33 gaat de concentratie vervolgens weer toenemen om wederom boven de 3500 ppm uit te komen. Na een onverklaarbare daling in de concentratie Op t=46, loopt deze uiteindelijk op tot 3975 ppm koolmonoxide bij einde test.

Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevluht worden vanaf t= 7 min, 24 sec. Vanaf t=13 min 24 sec mag worden aangenomen dat de overlevingskans fors is afgenomen.

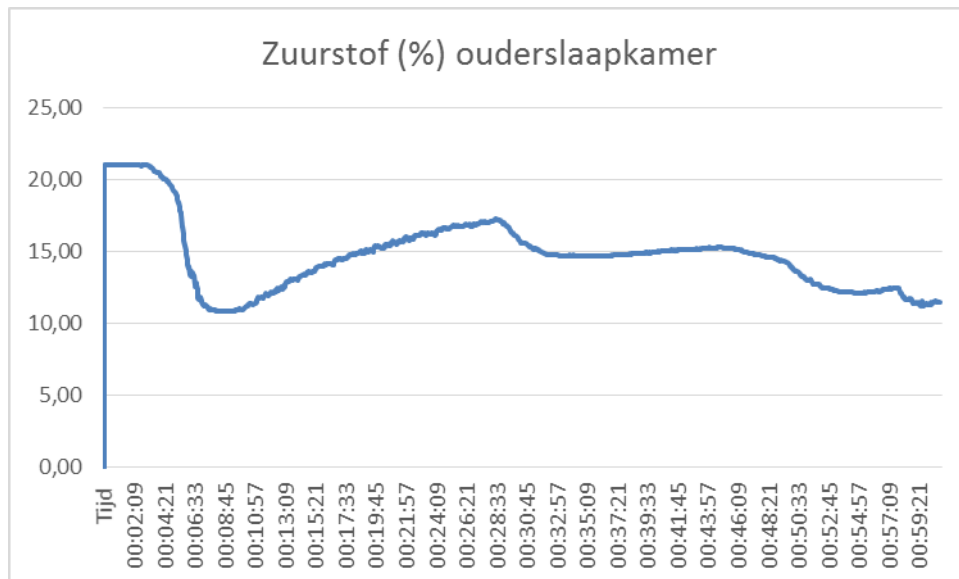
### 17.1.5 NOx



De concentratie NOx op de ouderslaapkamer begint drie minuten na begin van de brand plotsnel op te lopen: van een waarde van 5 ppm drie minuten na begin brand bereikt deze op t=7 min 42 sec al een waarde van 122,7 ppm. Hierna gaat de concentratie afnemen. Op t=28 gaat de concentratie vervolgens weer toenemen en bereikt op t=53 min 33 sec een nieuwe piek van 108,8 ppm NOx.

Op basis van de gemeten NOx-concentraties treedt snel vluchthinder op. AEGL-2 voor 10 minuten wordt overschreden vanaf t=4min, 24 sec en AEGL-3 voor 10 minuten vanaf t=4 min, 54 sec. Mogelijk kan een bewoner nog wel vertraagd vluchten, maar kan ten gevolge van de blootstelling aan NOx later nog sterfte optreden.

### 17.1.6 Zuurstof



Het percentage zuurstof in de ouderslaapkamer is drie minuten na het begin van de brand nog constant op 21% maar gaat dan sterk dalen en bereikt een dieptepunt van 10,83% op

t=8 min 42 sec. Hierna stijgt en daalt het zuurstofpercentage weer geleidelijk. Bij einde test bedraagt het percentage 11,5%.

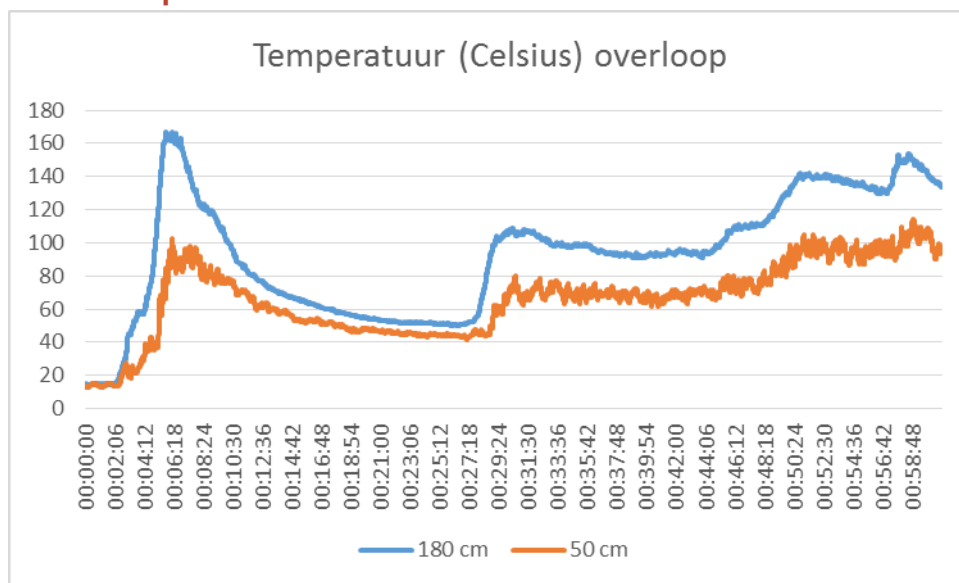
De grenswaarde voor veilig vluchten (14% zuurstof) wordt op T=6 min 6 sec overschreden. Hieraan voorafgaand zal het lagere zuurstofpercentage het effect van de asfyxiërende stoffen vergroten. De grenswaarde voor acute letaliteit door zuurstofgebrek (6%) is tijdens deze test op de ouderslaapkamer niet bereikt.

## 17.2 Overloop

### 17.2.1 Vastgelegde visuele waarneming

Op t= 1 min 30 sec komt de eerste rook vanuit de hal de overloop in gestroomd. Vanaf t=2 min neemt de rookontwikkeling snel toe; op t=5 min is de hele overloop gevuld met grijs/zwarte rook.

### 17.2.2 Temperatuur



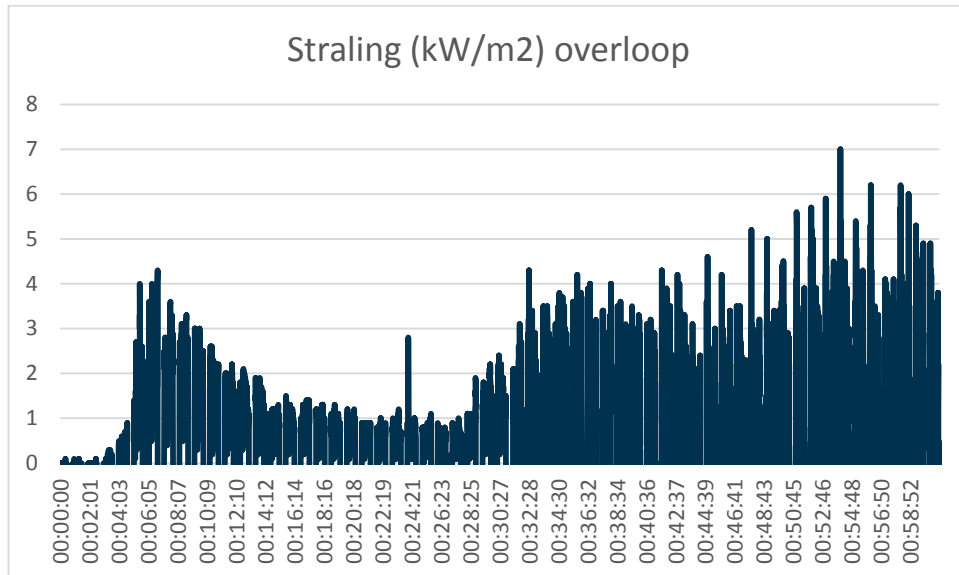
Na het begin van de brand blijft de temperatuur op de overloop de eerste 2,5 minuten na ontsteken van de brand bijna constant en gaat dan snel oplopen naar 166,1 graden Celsius op hoogte 180 cm op t=6 min 24 sec.

Op 50 cm hoogte vindt vrijwel op hetzelfde moment dezelfde piek in de temperatuuropbouw plaats; het maximum bedraagt hier echter 70 graden Celsius. Na de piek op t=6 min 24 sec begint de temperatuur weer snel te dalen. Op t=27 min 35 sec is de temperatuur gedaald tot 52,5 graden Celsius op 180 cm hoogte, waarna deze weer (snel) gaat stijgen. Op t=58 min 33 sec wordt dan een nieuwe piek bereikt van 153,6 graden Celsius op 180 cm hoogte.

De kritische temperatuur van 150 graden Celsius op 180 cm hoogte wordt in de overloop op t=5 min 26 sec bereikt. Op 50 cm hoogte wordt de temperatuur van 150 graden Celsius echter gedurende de gehele test niet gehaald. Dat betekent dat qua temperatuur gedurende de gehele test op de overloop een overleefbare situatie is geweest. Voor onbelemmerd vluchten is de kritische waarde 5 minuten na begin van de brand overschreden.



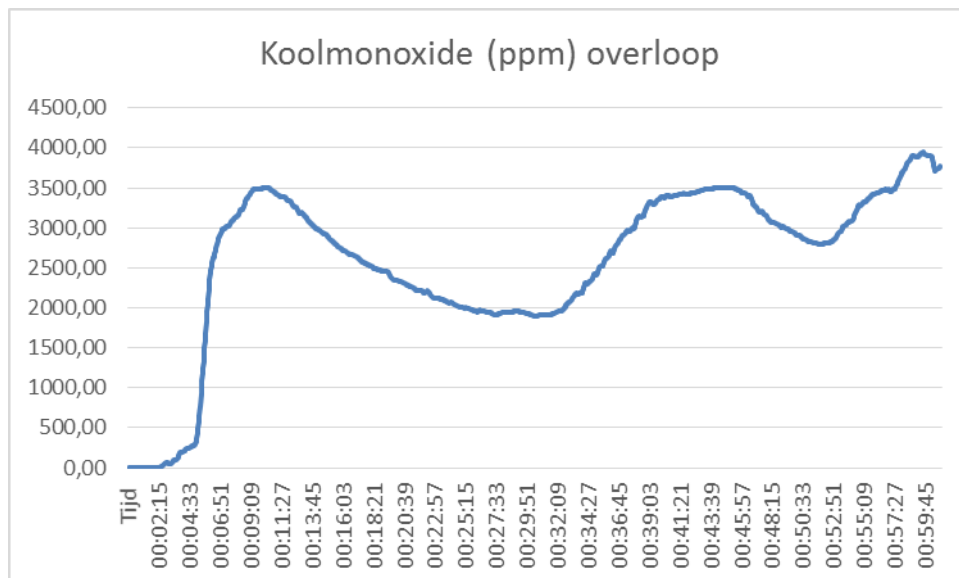
### 17.2.3 Stralingswarmte



De straling op de overloop blijft na het begin van de brand ongeveer drie minuten constant (0 kW/ m2) om vervolgens in vijf minuten te stijgen naar 3,6 kW/ m2 op t=7 min 27 sec. Na deze korte piek neemt de stralingswarmte af, om vanaf t=17 min 43 sec weer toe te gaan nemen. De hoogste gemeten stralingswarmte van 5,4 kW/ m2 wordt gemeten op t=54 min 3 sec. De fluctuatie in de meting voor stralingswarmte is -zoals vaker gesignaleerd- echter groot.

De grenswaarde qua stralingswarmte voor veilig vluchten (2 kW/ m2) wordt op t=5 min 28 sec overschreden. De situatie op de overloop blijft echter tot het einde van de test overleefbaar.

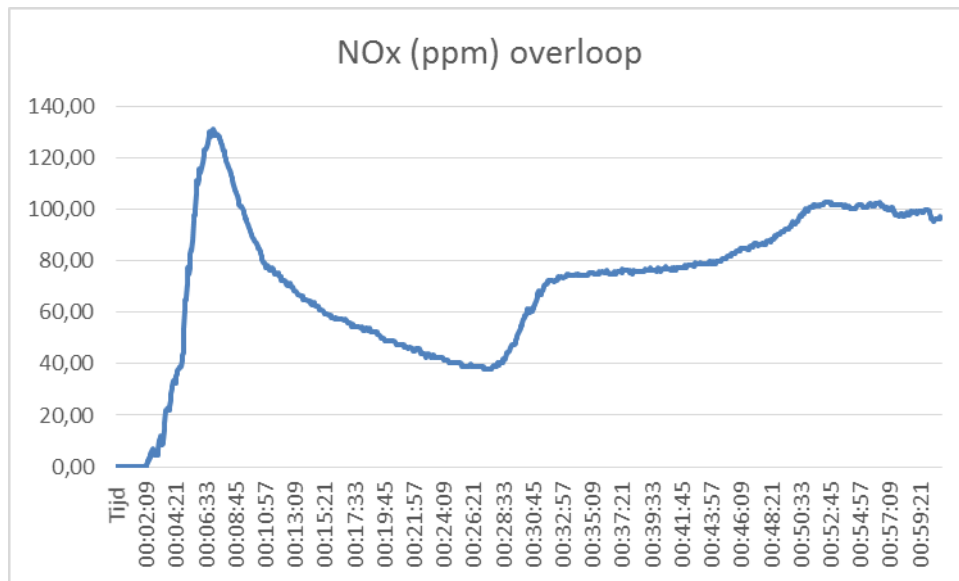
### 17.2.4 Koolmonoxide



De concentratie koolmonoxide op de overloop begint drie minuten na begin van de brand pijnsnel op te lopen: van een waarde van 12 ppm op t=2 min 24 sec bereikt deze op t=10 min 18 sec al een waarde van 3508 ppm, waarna de concentratie gaat afnemen. Op t=33 gaat de concentratie vervolgens weer toenemen om wederom boven de 3500 ppm uit te komen vanaf t=44 min 3 sec. Na een korte daling wordt de piek van 3943 ppm 1 minuut voor einde test bereikt.

Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevlucht worden vanaf  $t = 7$  min, 3 sec. Aangenomen wordt dat vanaf  $t = 13$  min 3 sec de kans op overleving fors is afgenomen.

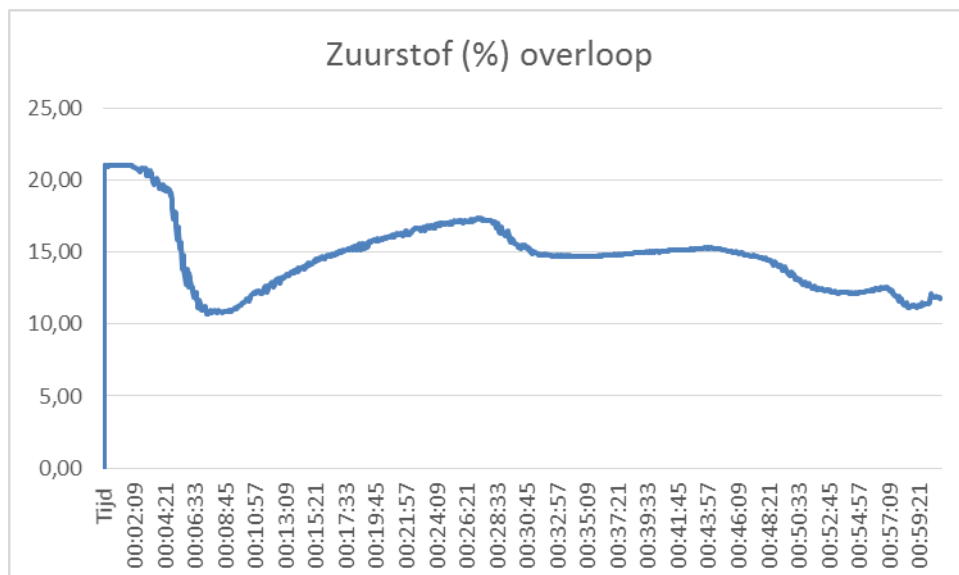
### 17.2.5 NOx



De concentratie NOx op de overloop begint drie minuten na begin van de brand pijlsnel op te lopen: van een waarde van 5 ppm op  $t = 2$  min 30 sec bereikt deze op  $t = 7$  min 9 sec al een waarde van 131,4 ppm. Hierna gaat de concentratie afnemen. Op  $t = 28$  gaat de concentratie vervolgens weer toenemen en bereikt op  $t = 52$  min 27 sec een nieuwe piek van 102,8 ppm NOx.

Op basis van de gemeten NOx-concentraties treedt snel vluchthinder op. AEGL-2 voor 10 minuten wordt overschreden vanaf  $t = 3$  min, 33 sec en AEGL-3 voor 10 minuten vanaf  $t = 4$  min, 0 sec. Mogelijk kan een bewoner nog wel vertraagd vluchten, maar kan ten gevolge van de blootstelling aan NOx later nog sterfte optreden.

### 17.2.6 Zuurstof



Het percentage zuurstof op de overloop is drie minuten na het begin van de brand nog constant op 21% maar gaat dan sterk dalen en bereikt een dieptepunt van 10,81% op  $t = 8$  min 9 sec. Hierna stijgt en daalt het zuurstofpercentage weer geleidelijk. Bij einde test bedraagt het percentage 11,8%.

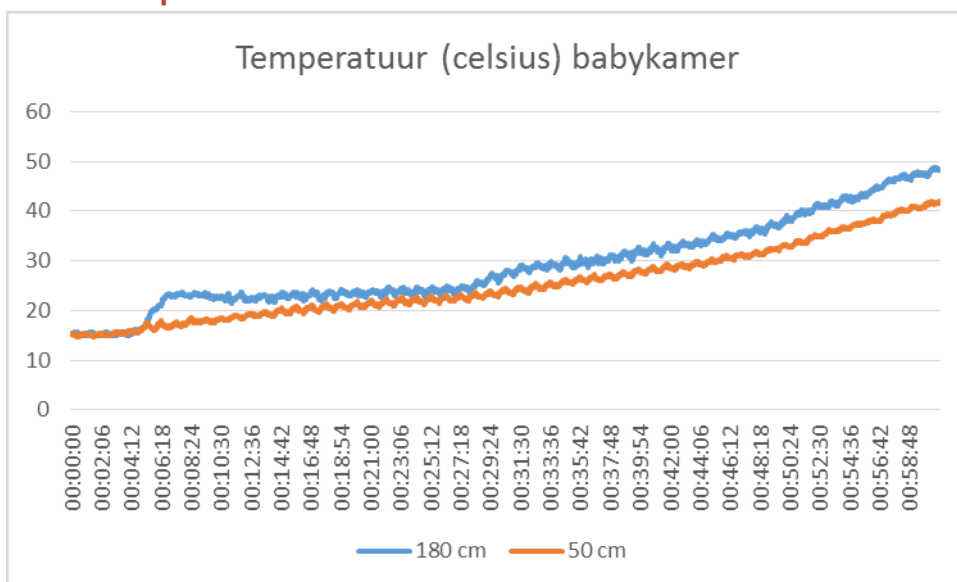
De grenswaarde voor veilig vluchten (14% zuurstof) wordt op t=5 min 48 sec overschreden. Hieraan voorafgaand zal het lagere zuurstofpercentage het effect van de asfyxiërende stoffen vergroten. De grenswaarde voor acute letaliteit door zuurstofgebrek (6%) is tijdens deze test op de overloop niet bereikt.

## 17.3 Babykamer

### 17.3.1 Vastgelegde visuele waarneming

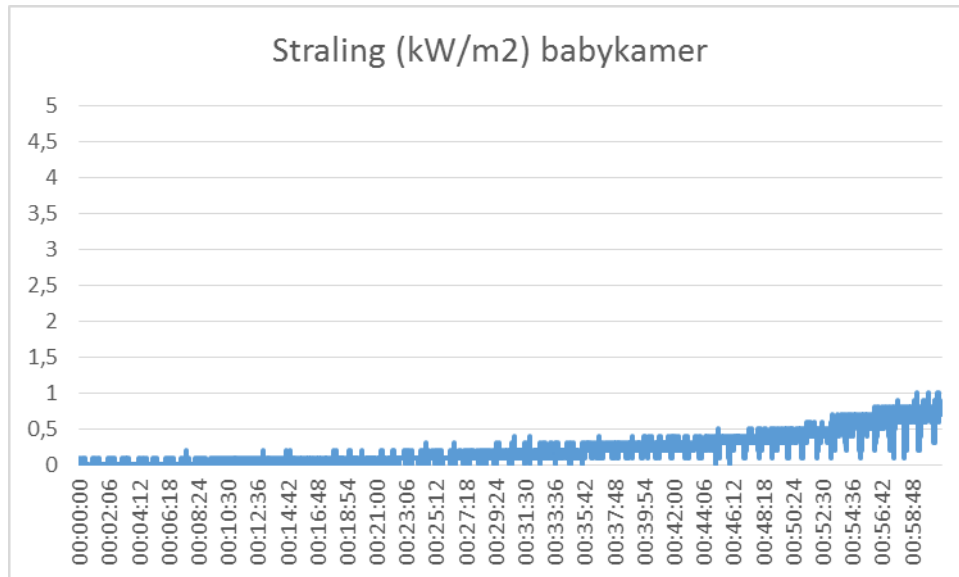
Op t=4 min wordt de eerste hele lichte rook zichtbaar die door de kieren van de slaapkamerdeur naar binnen wordt geperst. Vanaf t=6 min wordt er ook lichte rook door de vloer de slaapkamer in geperst. Op t=7 min is de babykamer met lichte rook gevuld, waarvan een belangrijk deel door de vloer komt. Op t=9 min is de bovenste rookmarker niet zichtbaar meer. Hierna blijft de visuele situatie enige minuten gelijk; pas vanaf t=17 min treedt verdere verdichting van de rook op. Tot einde test blijven de onderste vier rookmarkers zichtbaar; op t=61 minuten is de ruimte opeens gevuld met (vermoedelijk) stoom van de blussing.

### 17.3.2 Temperatuur



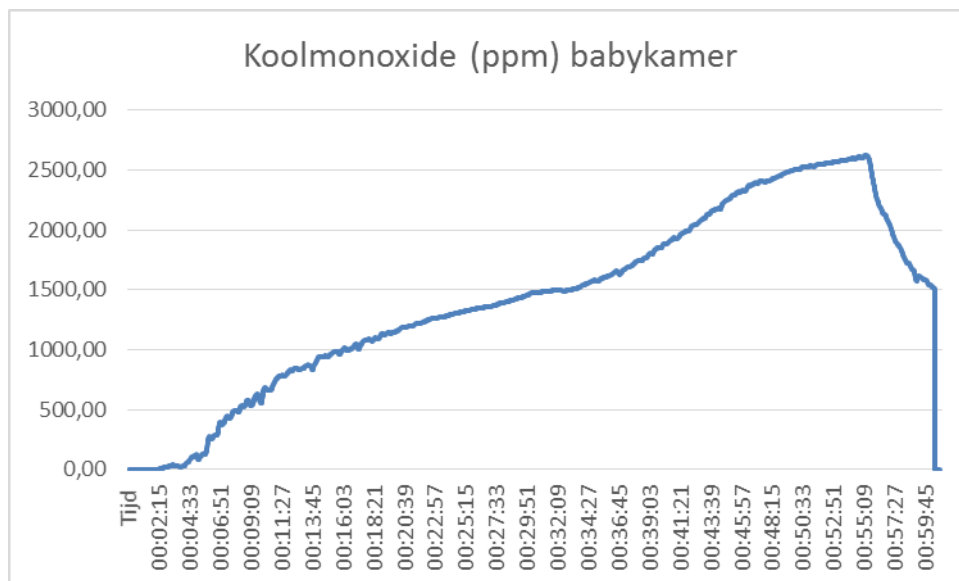
De temperatuur op de babykamer begint zowel op een hoogte van 180 cm als 50 cm na begin van de test geleidelijk te stijgen en bereikt bij einde test een temperatuur van 48,3 graden Celsius op 180 cm. Daarmee was de situatie op de babykamer qua temperatuur zowel ontvluchtbaar als overleefbaar.

### 17.3.3 Stralingswarmte



De gemeten straling op de babykamer kent –zoals alle stralingsmetingen- enige fluctuatie maar dat heeft vooral te maken met het feit dat het gevoelige apparaat betreft die snel reageert op luchtstromen. Bij einde test is er sprake van een lichte verhoging van stralingswarmte op de babykamer met een maximum waarde van 1 kW/m<sup>2</sup>. Daarmee was de situatie qua stralingswarmte tot einde test zowel ontvluchtbaar als overleefbaar.

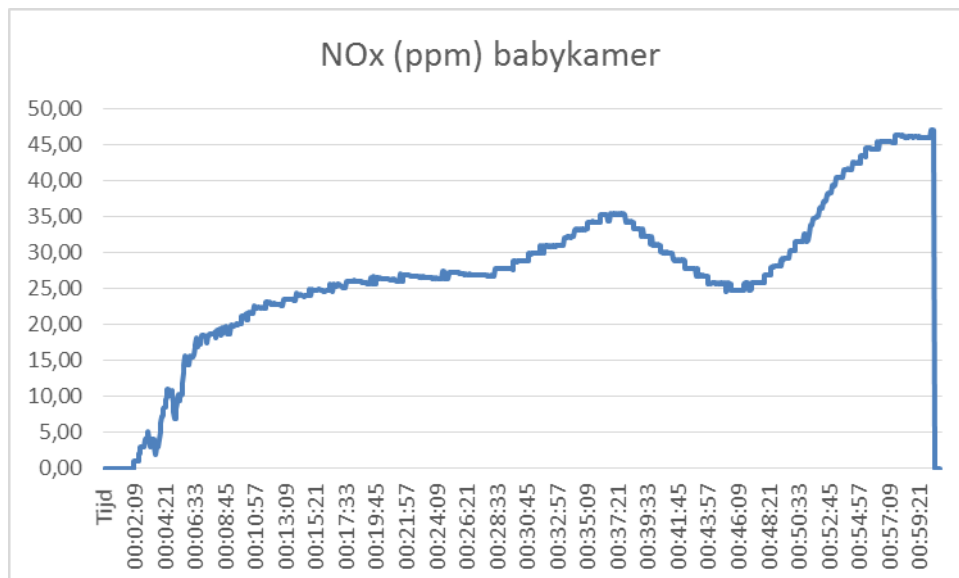
### 17.3.4 Koolmonoxide



Op de babykamer wordt vanaf t=1 min 54 sec constant een concentratie van koolmonoxide opgebouwd die snel oploopt van 5 ppm op t=2 min 15 sec naar 2625 ppm op t=55 min 18 sec. Na deze constante stijging begint de concentratie koolmonoxide af te nemen tot een waarde van 1509 ppm bij einde test.

Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevluht worden vanaf t= 13min 6 sec. Aangenomen wordt dat vanaf t=25 min 6 sec de kans op overleving fors is afgenomen.

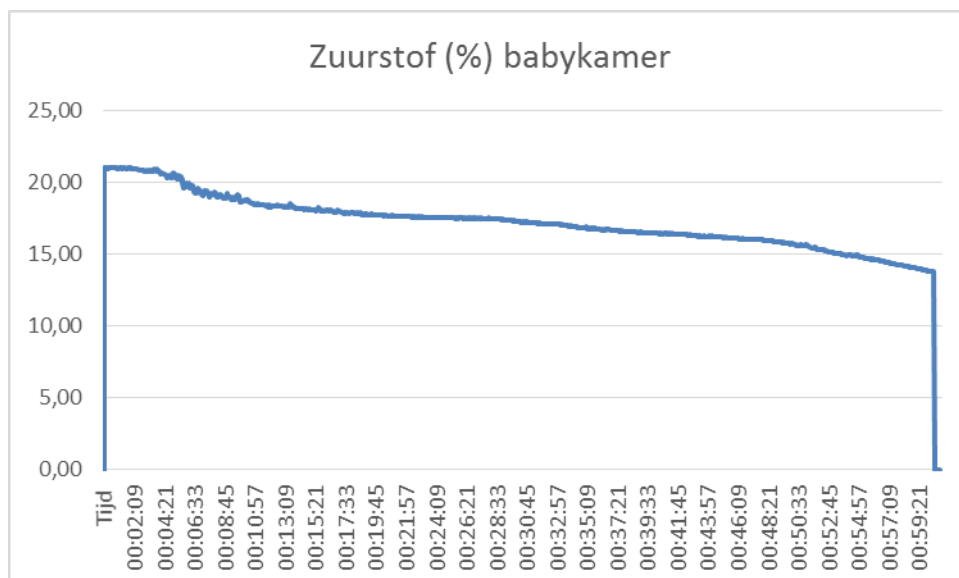
### 17.3.5 NOx



Op de babykamer wordt vanaf t=2 tot t=37 constant een concentratie van NOx opgebouwd die oploopt tot 35,4 op t=36 min 51 sec. Na deze constante stijging begint de concentratie koolmonoxide af te nemen tot een waarde van 24,7 ppm op t=46. Hierna vindt weer een stijging plaats tot 47 ppm bij einde test.

Op basis van de gemeten NOx-concentraties treedt snel vluchthinder op. AEGL-2 voor 10 minuten wordt overschreden vanaf t=9min, 33 sec en AEGL-3 voor 10 minuten vanaf t=51 min, 33 sec. Mogelijk kan een bewoner nog wel vertraagd vluchten, maar kan ten gevolge van de blootstelling aan NOx later nog sterfte optreden. Daarbij komt nog dat een baby en zelf niet in staat is de kamer te ontluchten en bovendien als klein kind gevoeliger is voor intoxicaties.

### 17.3.6 Zuurstof



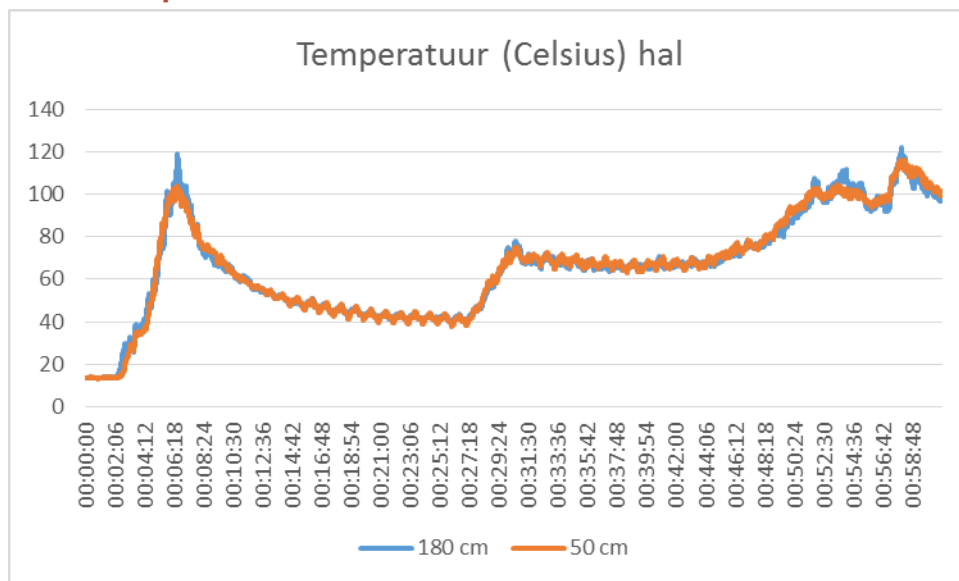
Na begin test neemt het percentage zuurstof op de babykamer geleidelijk af naar 13,8% bij einde test. De grenswaarde voor veilig vluchten (14% zuurstof) wordt op t=59 min 24 sec overschreden. De grenswaarde voor acute letaliteit door zuurstofgebrek (6%) is tijdens deze test op de overloop niet bereikt. Het lagere zuurstofpercentage versterkt wel het effect van de verstikkende stoffen.

## 17.4 Hal

### 17.4.1 Vastgelegde visuele waarneming

Op  $t=1$  min 50 sec komt de eerste rook vanuit de woonkamer de hal ingestroomd. Op  $t=3$  min is de hal van plafond tot kapstok gevuld met rook; daaronder is een rookarme zone. Bij  $t=3$  min 30 sec loopt de eerder rookarme laag onder de kapstok dicht met rook. Op  $t=5$  min komen er kleine vlammentongen uit de woonkamer de hal in; dit effect stopt echter weer na een paar seconden, waarna verdichting van de rooklaag optreedt. Op  $t=6$  min zijn de rookmarkers moeilijk zichtbaar. Op  $t=9$  min zijn de rookmarkers amper nog zichtbaar. Op  $t=13$  min zijn de rookmarkers met het blote oog niet meer te onderscheiden. Vanaf  $t=16$  min 30 sec treedt er een verdunning van de rooklaag op, waardoor er weer licht van buiten de hal in schijnt.

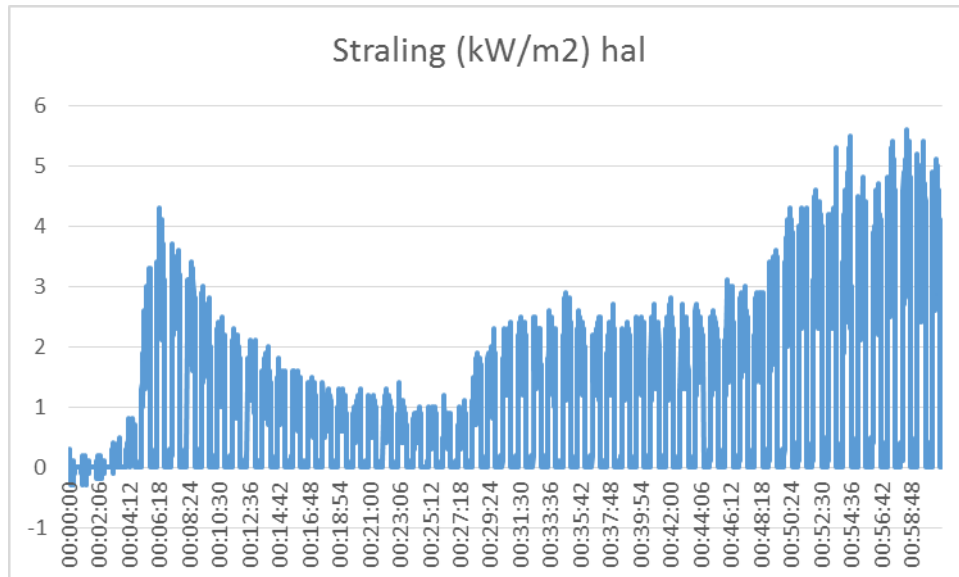
### 17.4.2 Temperatuur



Vanaf  $t=1$  min 58 sec begint de temperatuur in de hal snel te stijgen tot een piek van 118,7 graden Celsius op  $t=6$  min 32 sec. Hierna daalt de temperatuur tot 40,5 graden Celsius op  $t=27$ . Hierna vindt weer een stijging plaats die eerst wat sneller en daarna meer gestaag plaatsvindt. De hoogste temperatuur van 121,9 graden Celsius wordt bereikt op  $t=58$  min 3 sec. Na deze piek zakt de temperatuur langzaam. De temperatuur ontwikkelt zich op 180 cm en 50 cm hoogte vrijwel gelijk.

De grenswaarde voor onbelemmerd vluchten van 150 graden Celsius wordt zowel op 180 cm als 50 cm hoogte de gehele test niet bereikt in de hal. Daarmee was de situatie in de hal tevens overleefbaar.

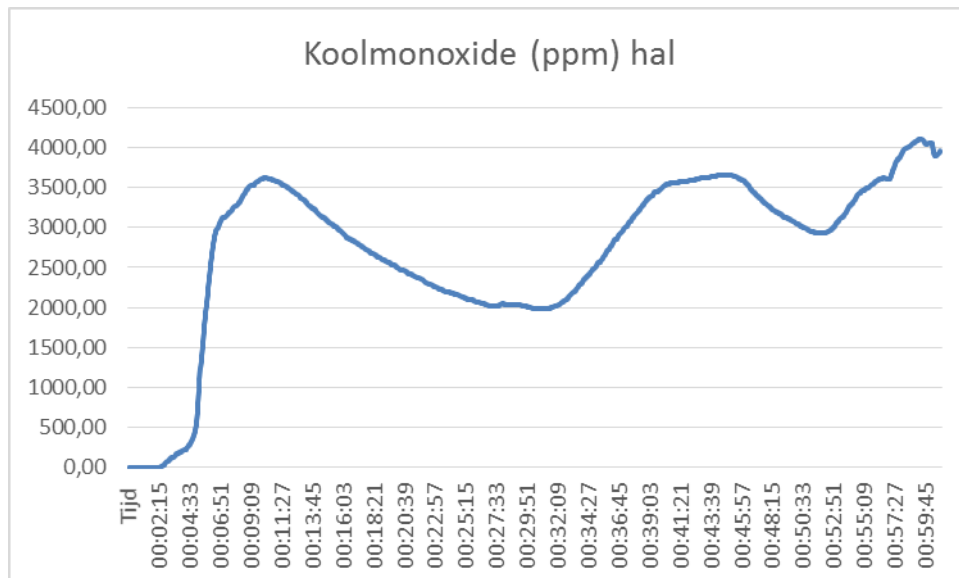
### 17.4.3 Stralingswarmte



Vanaf  $t=4$  min 2 sec loopt de stralingswarmte in de hal op van een waarde van 0,2 kW/m<sup>2</sup> op  $t=4$  min 2 sec tot 4,3 kW/m<sup>2</sup> op  $t=6$  min 22 sec. Hierna daalt de stralingswarmte vrij constant tot een waarde van gemiddeld 0,5 kW/m<sup>2</sup> op  $t=27$ , om vervolgens weer op te gaan lopen: op  $t=57$  min 14 sec wordt een piek van 4,7 kW/m<sup>2</sup> bereikt. Na deze piek loopt de stralingswarmte heel geleidelijk iets terug tot einde test. Evenals bij andere stralingsmetingen fluctueren de waardes behoorlijk.

De grenswaarde voor onbelemmerd vluchten van 2 kW/m<sup>2</sup> wordt in de hal op  $t=5$  min 17 sec overschreden. Tot einde test wordt de grenswaarde van 6 kW/m<sup>2</sup> van een niet meer overleefbare situatie niet bereikt.

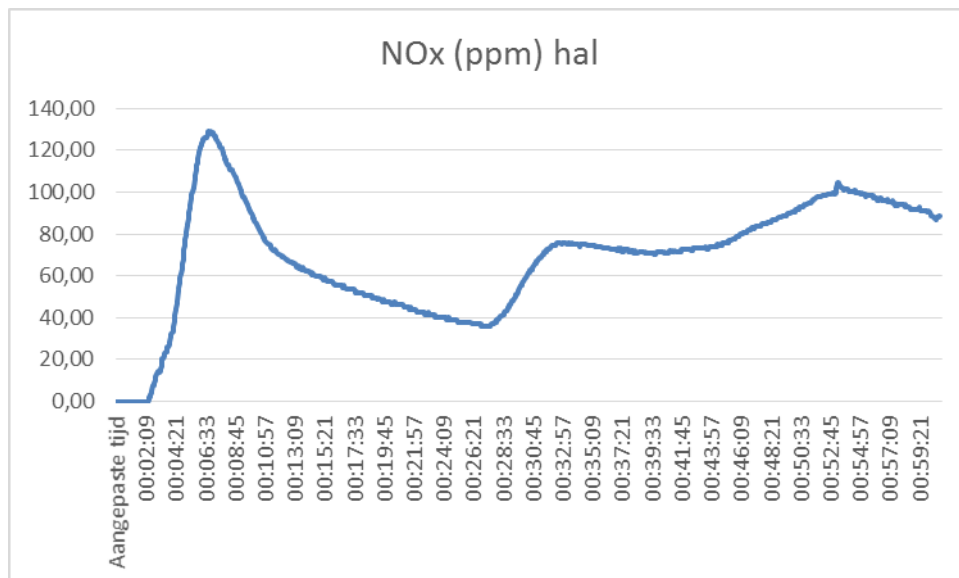
### 17.4.4 Koolmonoxide



De concentratie koolmonoxide in de hal loopt op van 2 ppm op  $t=2$  min 18 sec naar 3625 ppm op  $t=10$  min 9 sec. Hierna neemt de concentratie weer geleidelijk af tot 1983 ppm op  $t=30$  min 51 sec. Hierna stijgt de concentratie koolmonoxide weer, met een piek 3659 ppm op  $t=44$  min 48 sec en een tweede piek van 4107 ppm op  $t=59$  min 24 sec.

Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevlucht worden vanaf  $t=6$  min 54 sec. Aangenomen wordt dat vanaf  $t=12$  min 54 sec de kans op overleving fors is afgenomen.

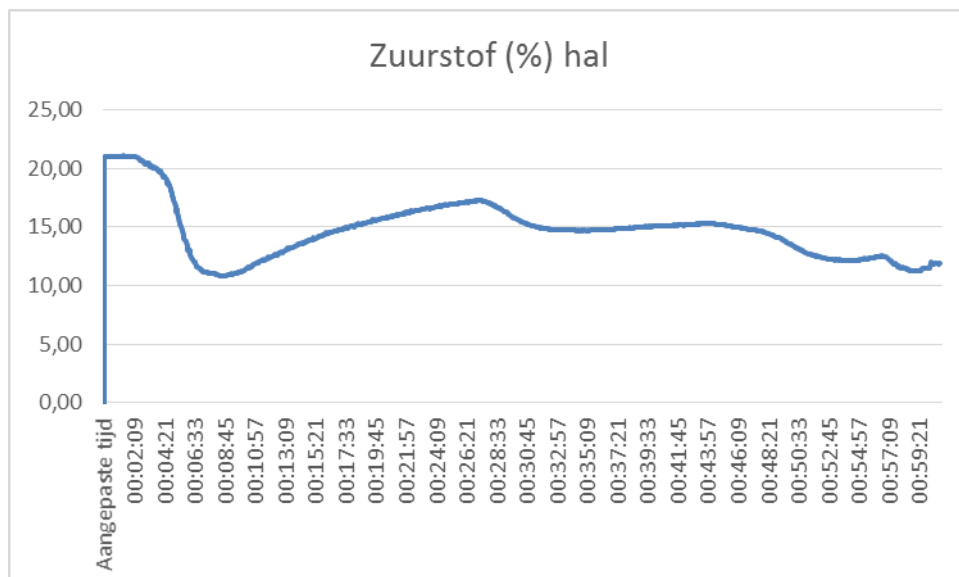
### 17.4.5 NOx



De concentratie NOx in de hal begint drie minuten na begin van de brand pijlsnel op te lopen: van een waarde van 0 ppm op t=2 min 18 sec bereikt deze op t=6 min 51 sec al een waarde van 129,3 ppm. Hierna gaat de concentratie afnemen. Op t=28 gaat de concentratie vervolgens weer toenemen en bereikt op t=53 min 18 sec een nieuwe piek van 104,5 ppm NOx.

Op basis van de gemeten NOx-concentraties treedt snel vluchthinder op. AEGL-2 voor 10 minuten wordt overschreden vanaf t=3min, 18 sec en AEGL-3 voor 10 minuten vanaf t=4 min, 9 sec. Mogelijk kan een bewoner nog wel vertraagd vluchten, maar kan ten gevolge van de blootstelling aan NOx later nog sterfte optreden.

### 17.4.6 Zuurstof



Het percentage zuurstof in de hal is twee minuten na het begin van de brand nog constant op 21% maar gaat dan sterk dalen en bereikt een dieptepunt van 10,86% op t=8 min 30 sec. Hierna stijgt en daalt het zuurstofpercentage weer geleidelijk. Bij einde test bedraagt het percentage 11,9%.

De grenswaarde voor veilig vluchten (14% zuurstof) wordt op t=5 min 51 sec overschreden. De grenswaarde voor acute letaliteit door zuurstofgebrek (6%) is tijdens deze test op de



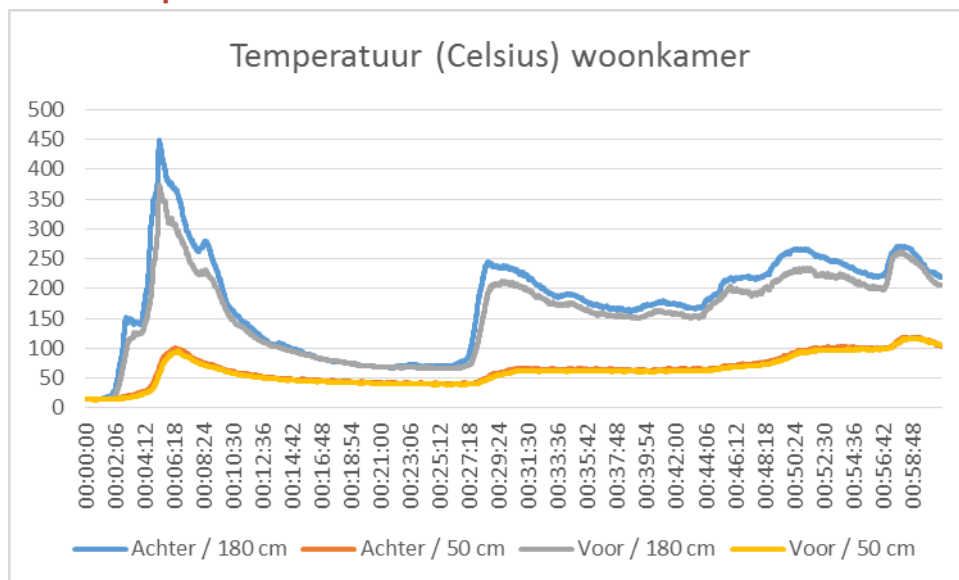
overloop niet bereikt. Het lagere zuurstofpercentage versterkt wel het effect van de verstikkende stoffen.

## 17.5 Woonkamer

### 17.5.1 Vastgelegde visuele waarneming

Op  $t = 50$  sec worden de eerste vlammen boven de bank zichtbaar. Vanaf  $t = 1$  min 30 sec begint zich een rooklaag tegen het plafond te vormen die snel opbouwt. Op  $t = 2$  min bereikt de rooklaag al de hoogte van 180 cm (vanaf vloer). Naast de bank brandt dan ook het plankje boven de bank. De hoogte van de rooklaag blijft dan enige tijd vrij constant, terwijl de intensiteit van de brand toeneemt. Dit is vermoedelijk omdat er rook uit de kamer ontsnapt naar hal en overloop. Op  $t = 4$  min 10 sec zijn er vlammentongen zichtbaar die richting plafond gaan. Op  $t = 5$  min doet dit verschijnsel zich vooral voor in de hoek waar de hoge boekenkast is opgesteld (bij de haldeur). Vanaf  $t = 6$  min 30 sec lijkt de intensiteit van de brand geleidelijk af te nemen (vlammen bereiken plafond niet meer). Op  $t = 6$  min zijn de rookmarkers nog maar moeilijk zichtbaar. Op  $t = 6$  min 30 sec vindt er dan een breuk plaats in de binnenruit aan de achterzijde van de woonkamer. Ditzelfde gebeurt ongeveer 1 minuut later aan de voorzijde. Vanaf  $t = 7$  min is er nauwelijks nog vuur zichtbaar op de brandende bank.

### 17.5.2 Temperatuur



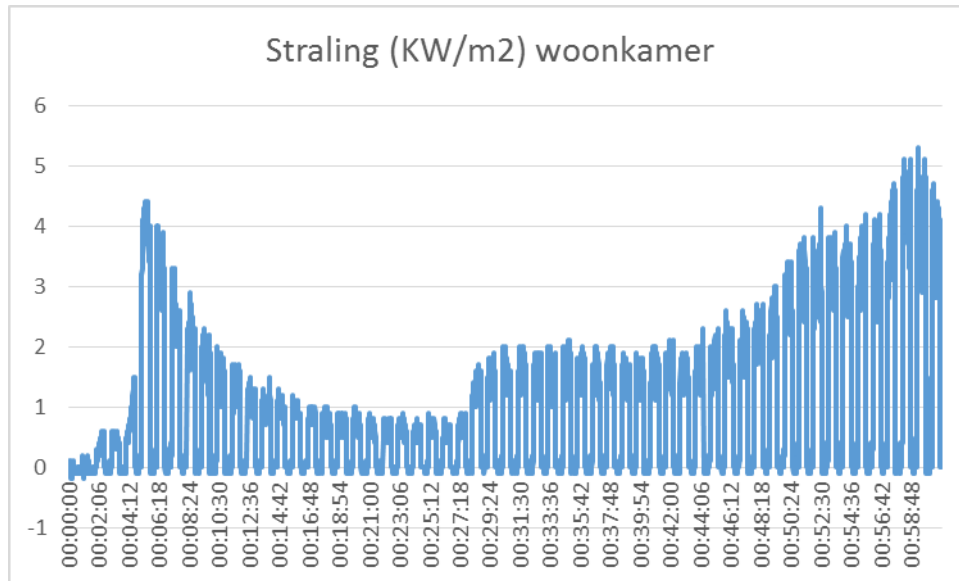
Na het ontsteken van de brand in de bank loopt de temperatuur in de woonkamer razendsnel op: in de eerste twee minuten van de test stijgt de temperatuur op 180 cm hoogte 10 graden Celsius. In de volgende drie minuten ( $t = 2/5$ ) stijgt de temperatuur op 180 cm hoogte naar 449,2 graden Celsius. Na deze piek daalt de temperatuur ook weer snel en bereikt op  $t = 26$  de waarde van (ongeveer) 71 graden Celsius. Vanaf  $t = 27$  gaat de temperatuur weer snel stijgen, en bereikt op  $t = 28$  min 43 sec een piek van 244,2 graden Celsius (opbouw 174 graden Celsius in twee minuten).

Opvallend is het grote verschil in temperatuur op 180 cm en 50 cm hoogte: waar bij  $t = 5$  min 14 sec op 180 cm hoogte wordt 'gepiekt' op 449 graden Celsius, bedraagt de waarde op 50 cm hoogte op datzelfde moment achter in de woonkamer slechts 67 graden Celsius.

De kritische temperatuur van 150 graden Celsius op 180 cm hoogte wordt (achter) in de woonkamer op  $t = 2$  min 53 sec bereikt. Op 50 cm hoogte wordt de temperatuur van 150 graden Celsius echter gedurende de gehele test niet gehaald. Dat betekent dat qua

temperatuur gedurende de gehele test in de woonkamer een overleefbare situatie is geweest. Voor onbelemmerd vluchten is de kritische waarde 2 minuten en 53 sec na begin van de brand overschreden.

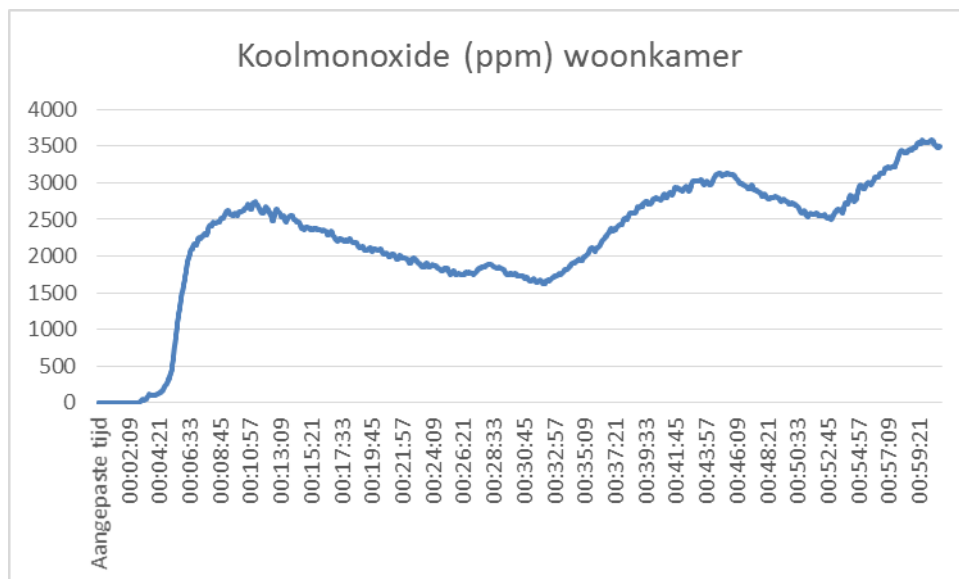
### 17.5.3 Stralingswarmte



Vanaf  $t=4$  loopt de stralingswarmte in de woonkamer snel op van een waarde van 1 kW/m<sup>2</sup> op  $t=4$  tot (ongeveer) 4 kW/m<sup>2</sup> op  $t=6$ . Hierna daalt de stralingswarmte vrij constant tot een waarde van 0,1 kW/m<sup>2</sup> op  $t=27$ , om vervolgens weer op te gaan lopen: op  $t=58$  wordt een (korte) piek van 5,1 kW/m<sup>2</sup> bereikt. Na deze piek loopt de stralingswarmte heel geleidelijk iets terug tot einde test. Evenals bij andere stralingsmetingen fluctueren de waardes behoorlijk.

De grenswaarde voor onbelemmerd vluchten van 2 kW/m<sup>2</sup> wordt in de woonkamer op  $t=5$  overschreden. Tot einde test wordt de grenswaarde van 6 kW/m<sup>2</sup> voor een niet meer overleefbare situatie niet bereikt.

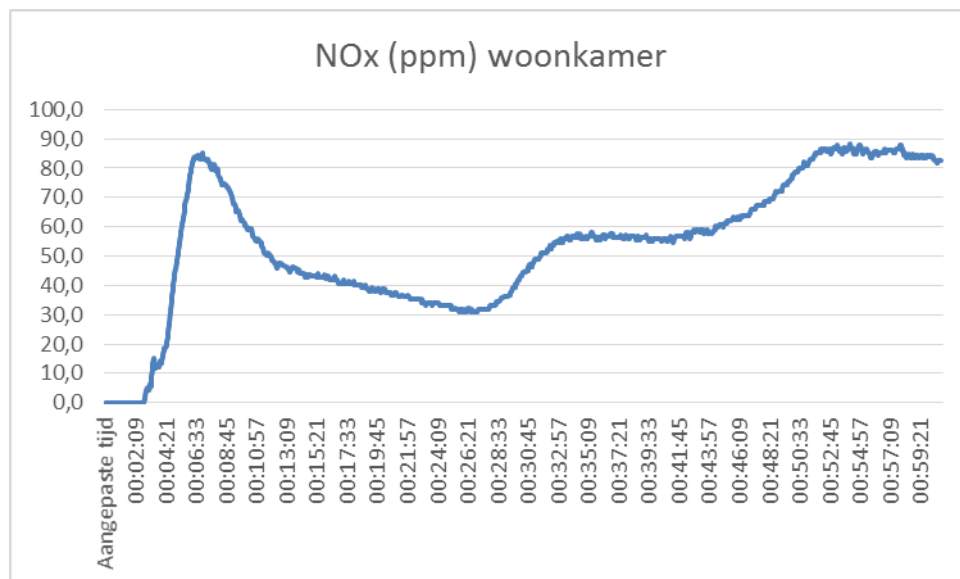
### 17.5.4 Koolmonoxide



De concentratie koolmonoxide in de woonkamer loopt op van 0 ppm op  $t=2$  min 42 sec naar 2741 ppm op  $t=11$  min 18 sec. Hierna neemt de concentratie weer geleidelijk af tot 1621 ppm op  $t=32$  min 12 sec. Hierna stijgt de concentratie koolmonoxide weer, met een piek van 3137 ppm op  $t=45$  min 27 sec en een tweede piek van 3590 ppm op  $t=60$  min 15 sec.

Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevlucht worden vanaf t=7min 42 sec. Aangenomen wordt dat vanaf t=19 min 42 sec de kans op overleving fors is afgenomen.

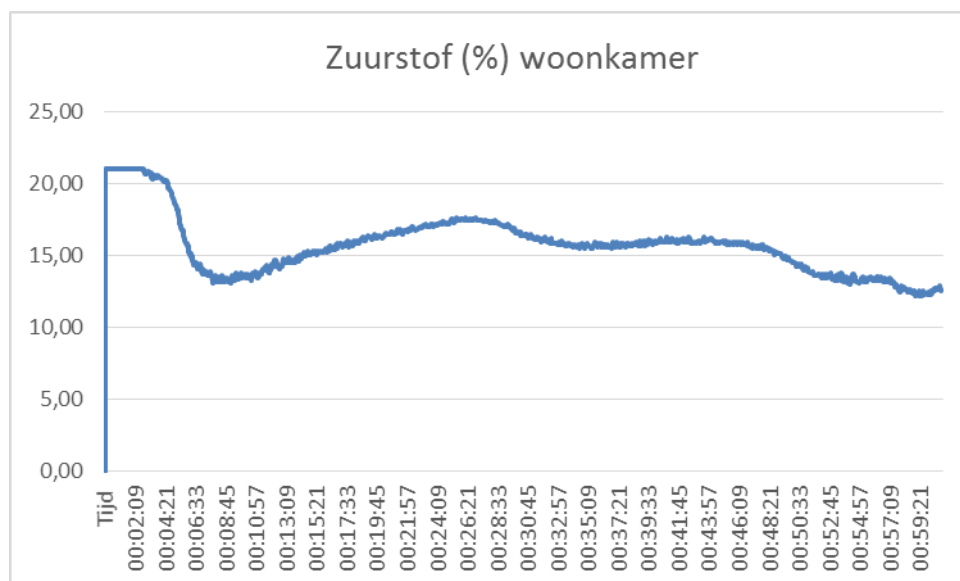
### 17.5.5 NOx



De concentratie NOx in de woonkamer begint drie minuten na begin van de brand pijlsnel op te lopen: van een waarde van 0 ppm op t=2 min 42 sec bereikt deze op t=6 min 42 sec al een waarde van 84,4 ppm. Hierna gaat de concentratie afnemen. Op t=27 gaat de concentratie vervolgens weer toenemen en bereikt op t=54 min 12 sec een nieuwe piek van 88,1 ppm NOx.

Op basis van de gemeten NOx-concentraties treedt snel vluchthinder op. AEGL-2 voor 10 minuten wordt overschreden vanaf t=4min, 24 sec en AEGL-3 voor 10 minuten vanaf t=4 min, 45 sec. Mogelijk kan een bewoner nog wel vertraagd vluchten, maar kan ten gevolge van de blootstelling aan NOx later nog sterfte optreden.

### 17.5.6 Zuurstof



Het percentage zuurstof in de woonkamer is twee minuten na het begin van de brand nog constant op 21% maar gaat dan sterk dalen en bereikt een dieptepunt van 13,14% op t=8

min 9 sec. Hierna stijgt en daalt het zuurstofpercentage weer geleidelijk. Bij einde test bedraagt het percentage 12,53%.

De grenswaarde voor veilig vluchten (14% zuurstof) wordt op t=7 min 9 sec overschreden. De grenswaarde voor acute letaliteit door zuurstofgebrek (6%) is tijdens deze test in de woonkamer niet bereikt. Door de afname van het zuurstofpercentage wordt het effect van de asfyxiërende stoffen groter.

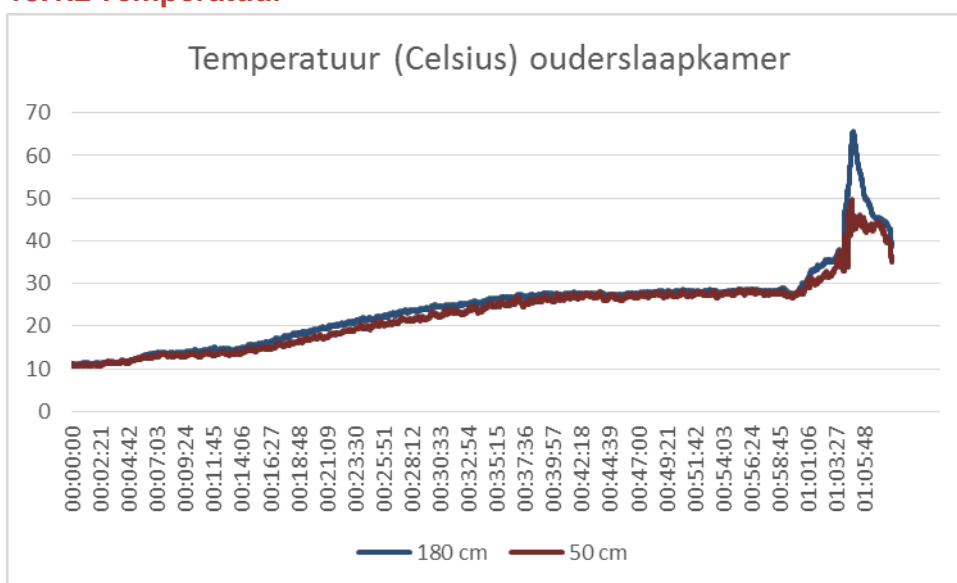
# 18 Bijlage 4: metingen test 4

## 18.1 Ouderslaapkamer

### 18.1.1 Vastgelegde visuele waarneming

Op t=4 min 30 sec wordt een hele lichte rookontwikkeling zichtbaar, die via de vloer de ouderslaapkamer in wordt geperst. Vanaf t= min 30 sec gaat dit proces sneller en wordt de rook zwart van kleur. Op t=8 min is de ouderslaapkamer gevuld met een lichte rooklaag. Op t=18 min is de ouderslaapkamer zodanig gevuld met rook dat de markers amper meer zichtbaar zijn.

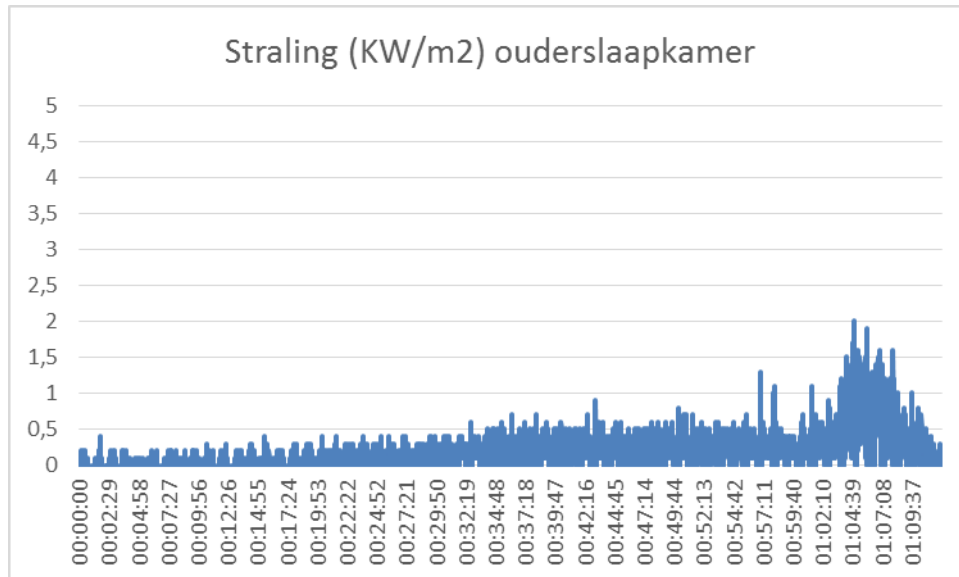
### 18.1.2 Temperatuur



Na start van de test loopt de temperatuur in de ouderslaapkamer zowel op 180 cm als 50 cm hoogte zeer geleidelijk op van 12 graden op t=0 tot 28 graden Celsius bij t=58 min 23 sec (formeel einde test). Nadat de keukendeur is geopend op t=58 min 21 sec, loopt de temperatuur in de ouderslaapkamer snel op naar een piek van 65,5 graden Celsius (180 cm hoogte) op t=64 min 51 sec. Na deze piek op t=64 neemt de temperatuur in de ouderslaapkamer weer snel af tot 38,7 graden Celsius bij einde test (t=68).

De kritische grenswaarden qua temperatuur voor onbelemmerd vluchten en overleven worden gedurende deze test op de ouderslaapkamer niet bereikt.

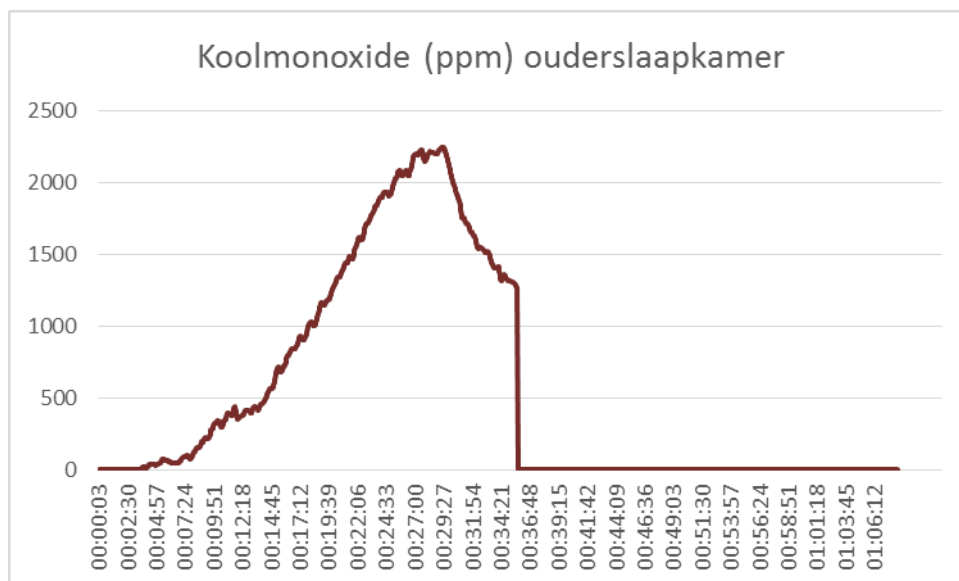
### 18.1.3 Stralingswarmte



Na start test neemt de stralingswarmte op de ouderslaapkamer zeer geleidelijk toe tot een waarde van (ongeveer) 0,3 kW/m<sup>2</sup> op t=58 (formeel einde test). Na het openen van de keukendeur en het starten van de offensieve binneninzet loopt de stralingswarmte op naar 1,7 kW/m<sup>2</sup> op t=64 min 41 sec.

De grenswaarde voor onbelemmerd vluchten van 2 kW/m<sup>2</sup> wordt in de ouderslaapkamer tot einde formele test én het feitelijke einde niet overschreden. Automatisch wordt ook tot einde test de grenswaarde van 6 kW/m<sup>2</sup> voor een niet meer overleefbare situatie niet bereikt.

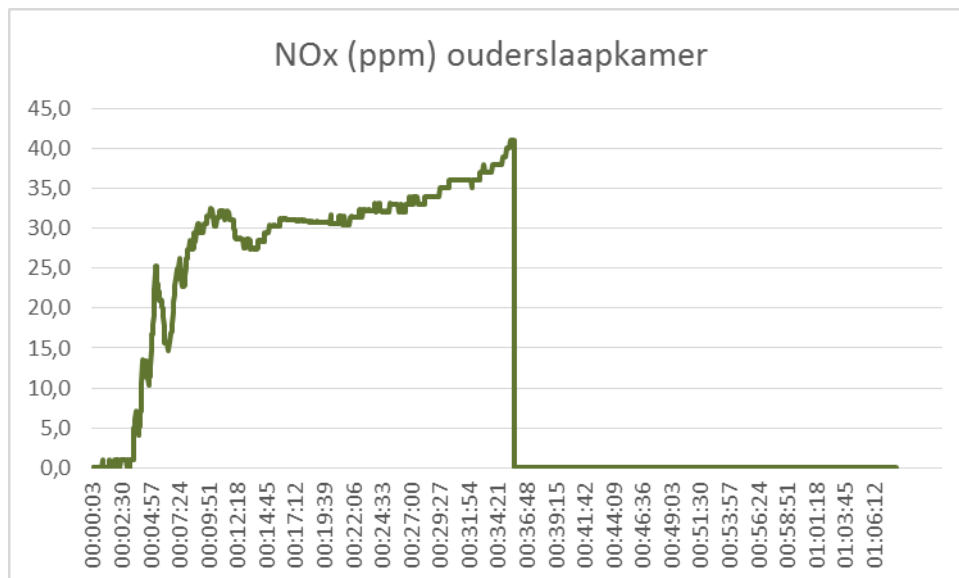
### 18.1.4 Koolmonoxide



Vanaf t=3 begint de concentratie koolmonoxide op te lopen van 1 ppm (t=3) naar 2222 ppm op t=27 min 33 sec. Na deze piek neemt de concentratie koolmonoxide behoorlijk snel af, tot een waarde van 1261 ppm op t=35 min 45 sec. Hierna is de meetapparatuur uitgevallen.

Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevlucht worden vanaf t=17 min 18 sec. Verondersteld wordt dat de kans op overleving sterk is afgenomen op t=29 min 18 sec.

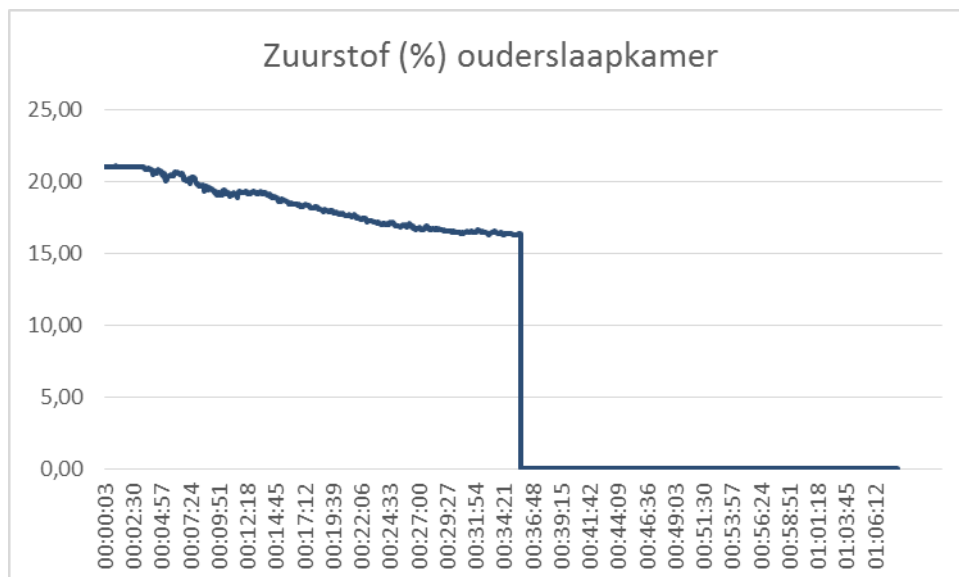
### 18.1.5 NOx



Vanaf  $t=3$  begint de concentratie koolmonoxide op te lopen van 1 ppm ( $t=3$ ) naar 32,5 ppm op  $t=10$  min 3 sec. Na deze piek neemt de concentratie koolmonoxide iets af, om hierna verder op te lopen tot een waarde van 41 ppm op  $t=35$  min 45 sec. Hierna is de meetapparatuur uitgevallen.

Op basis van de gemeten NOx-concentraties treedt snel vluchthinder op. AEGL-2 voor 10 minuten wordt overschreden vanaf  $t=5$  min 15 sec en aangenomen wordt dat vanaf  $t=37$  min de kans op overleving sterk afneemt door een hoge concentratie NOx. Mogelijk kan een bewoner nog wel vertraagd vluchten, maar kan ten gevolge van de blootstelling aan NOx later nog sterfte optreden.

### 18.1.6 Zuurstof



Het percentage zuurstof op de ouderslaapkamer neemt gedurende de test geleidelijk af van 21% op  $t=0$  tot 16,35% bij  $t=35$  min 45 sec. Door de afname van het zuurstofpercentage wordt het effect van de asfyxiërende stoffen groter. Hierna is de meetapparatuur uitgevallen.

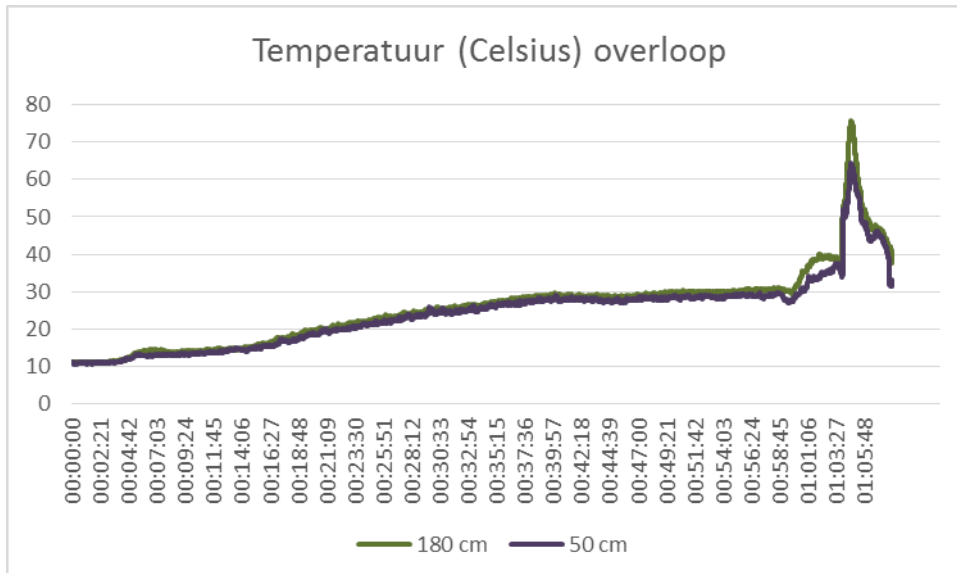
De grenswaarden op de factor zuurstof voor veilig vluchten (14% zuurstof) en overleven (6%) worden beide niet overschreden. Hierbij moet echter het voorbehoud gemaakt worden dat de meetapparatuur halverwege de test is uitgevallen, en het percentage zuurstof op het moment van uitvallen een neerwaartse lijn vertoonde.

## 18.2 Overloop

### 18.2.1 Vastgelegde visuele waarneming

Op  $t=7$  min komt de eerste rook vanuit de ouderslaapkamer en de hal de overloop binnen gestroomd. Op  $t=15$  min is de overloop geheel gevuld met grijze rook met nog circa 1 meter zicht. Op  $t=18$  min is er amper meer iets zichtbaar op de overloop door de rook.

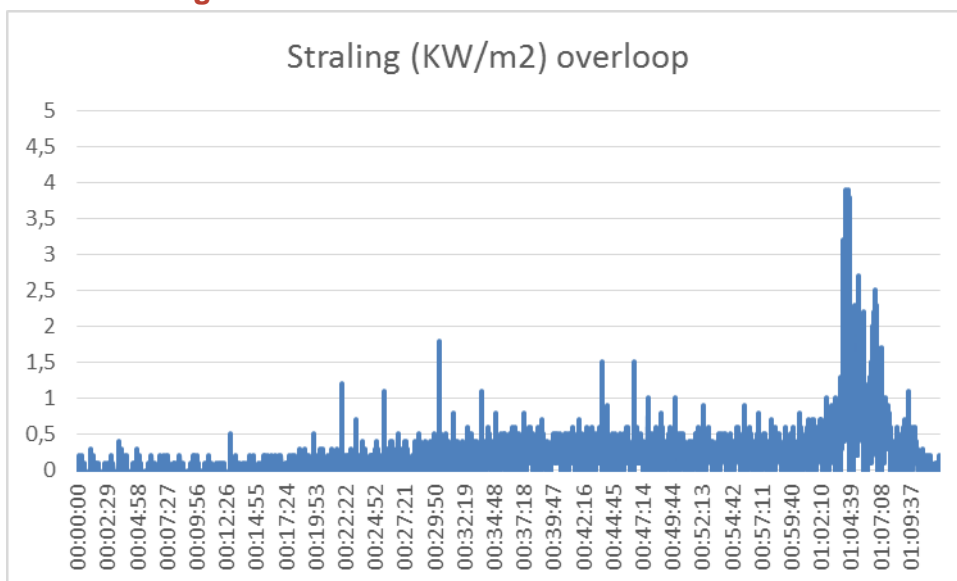
### 18.2.2 Temperatuur



Na start van de test loopt de temperatuur in de ouderslaapkamer zowel op 180 cm als 50 cm hoogte zeer geleidelijk op van 10,8 graden Celsius op  $t=0$  tot 30,5 graden Celsius bij  $t=58$  min 23 sec. (formeel einde test). Nadat de keukendeur is geopend op  $t=58$  min 21 sec, loopt de temperatuur in de overloop snel op naar een piek van 75,8 graden Celsius (180 cm hoogte) op  $t=64$  min 41 sec. Na deze piek neemt de temperatuur op de overloop weer snel af tot 37,5 graden Celsius bij einde test ( $t=68$ ).

De kritische grenswaarden qua temperatuur voor onbelemmerd vluchten en overleven worden gedurende deze test op de overloop niet bereikt.

### 18.2.3 Stralingswarmte



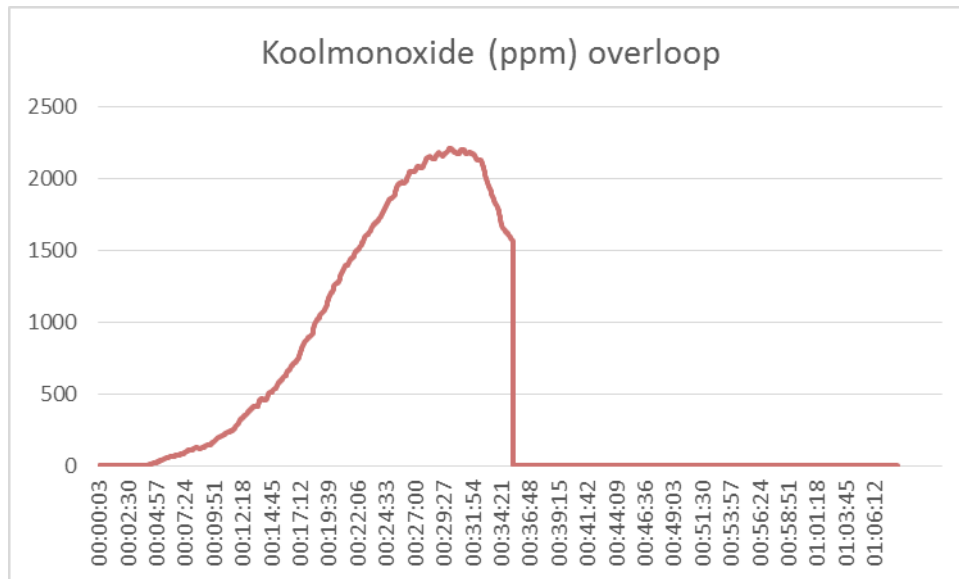
Na start test neemt de stralingswarmte op de overloop zeer geleidelijk toe tot een waarde van (ongeveer) 0,3 kW/m<sup>2</sup> op  $t=58$  (formeel einde test). Na het openen van de keukendeur



en het starten van de offensieve binneninzet loopt de stralingswarmte op naar een (korte) piek van 3,9 kW/m<sup>2</sup> op t=64 min 29 sec. Na de korte piek daalt de stralingswarmte ook weer snel tot circa 0,5-1 kW/m<sup>2</sup>.

De grenswaarde voor onbelemmerd vluchten van 2 kW/m<sup>2</sup> wordt in de overloop tot einde formele test niet overschreden. Automatisch wordt ook tot einde test de grenswaarde van 6 kW/m<sup>2</sup> voor een niet meer overleefbare situatie niet bereikt. Als echter na de formele test de keukendeur wordt geopend en de offensieve binneninzet start, wordt een waarde van 3,9 kW/m<sup>2</sup> bereikt en daarmee op t=64 min 29 sec de grens voor onbelemmerd vluchten dus overschreden.

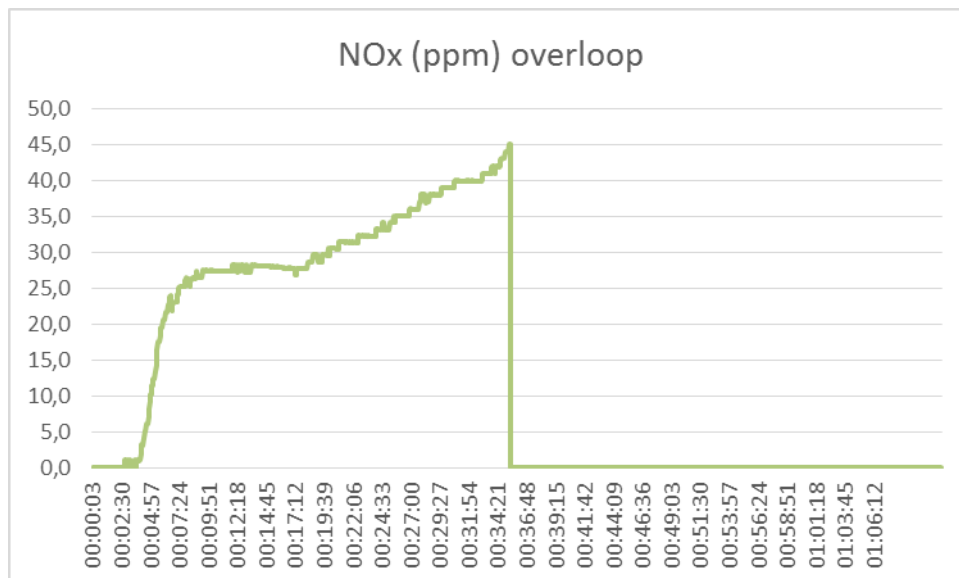
#### 18.2.4 Koolmonoxide



Vanaf t=3 begint de concentratie koolmonoxide op te lopen van 2 ppm (t=3) naar 2208 ppm op t=30 min 3 sec. Na deze piek neemt de concentratie koolmonoxide behoorlijk snel af, tot een waarde van 1563 ppm op t=35 min 45 sec. Hierna is de meetapparatuur uitgevallen.

Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevluht worden vanaf t= 18 min 6 sec. Verondersteld wordt dat vanaf t=30 min 6 sec de kans op overleving sterk is afgenomen.

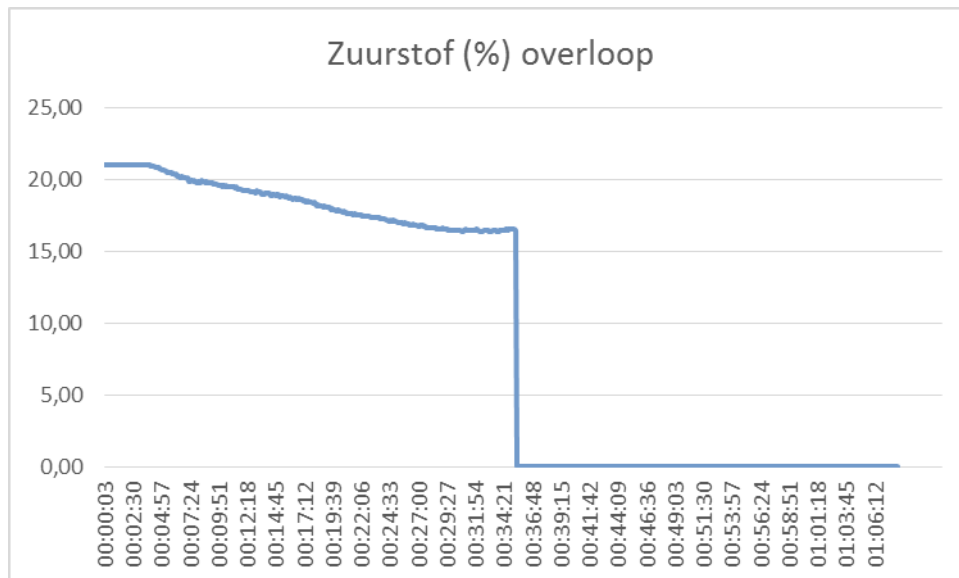
## 18.2.5 NOx



Vanaf  $t=3$  begint de concentratie koolmonoxide op te lopen van 1 ppm ( $t=3$ ) naar 28,3 ppm op  $t=11$  min 54 sec. Na deze piek neemt de concentratie koolmonoxide iets af, om hierna verder op te lopen tot een waarde van 45 ppm op  $t=35$  min 45 sec. Hierna is de meetapparatuur uitgevallen.

Op basis van de gemeten NOx-concentraties treedt snel vluchthinder op. AEGL-2 voor 10 minuten wordt overschreden vanaf  $t=5$  min, 57 sec en AEGL-3 voor 10 minuten vanaf  $t=24$  min, 36 sec. Op basis daarvan wordt verondersteld dat de kans op overleving op  $t=34$  min 36 sec sterk is afgenomen. Mogelijk kan een bewoner nog wel vertraagd vluchten, maar kan ten gevolge van de blootstelling aan NOx later nog sterfte optreden.

## 18.2.6 Zuurstof



Het percentage zuurstof op de overloop neemt gedurende de test geleidelijk af van 21% op  $t=0$  tot 16,44% bij  $t=35$  min 45 sec. Hierna is de meetapparatuur uitgevallen.

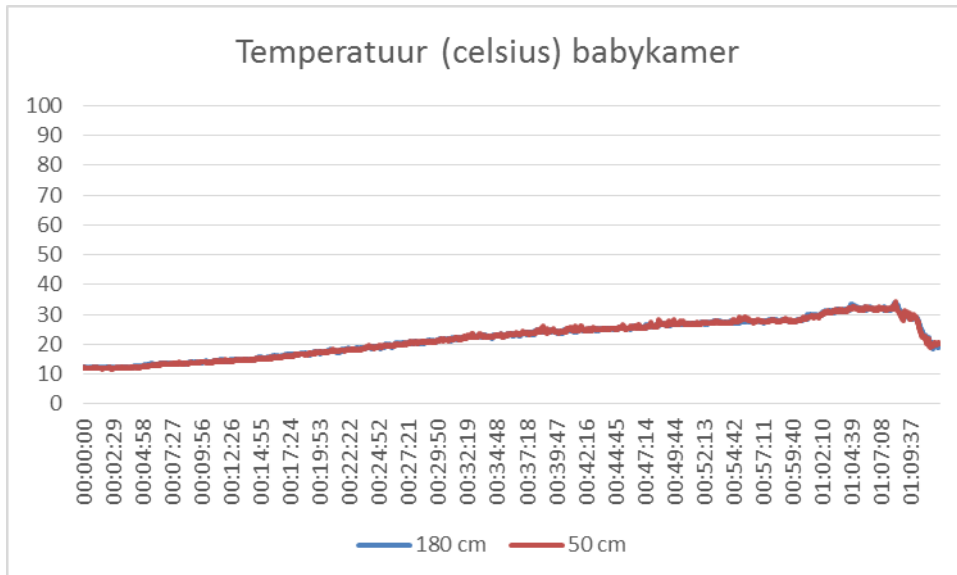
De grenswaarden op de factor zuurstof voor veilig vluchten (14% zuurstof) en overleven (6%) worden beide niet overschreden. Hierbij moet echter het voorbehoud gemaakt worden dat de meetapparatuur halverwege de test is uitgevallen, en het percentage zuurstof op het moment van uitvallen een neerwaartse lijn vertoonde. Door de afname van het zuurstofpercentage wordt bovendien het effect van de asfyxiërende stoffen groter.

## 18.3 Babykamer

### 18.3.1 Vastgelegde visuele waarneming

Vanaf  $t=5$  min komt er lichte rookontwikkeling door de vloer de babykamer in. Op  $t=7$  min 30 sec is de babykamer gevuld met lichte rookontwikkeling. Op  $t=13$  min worden de rookmarkers slecht zichtbaar; op  $t=17$  min zijn deze nauwelijks nog zichtbaar.

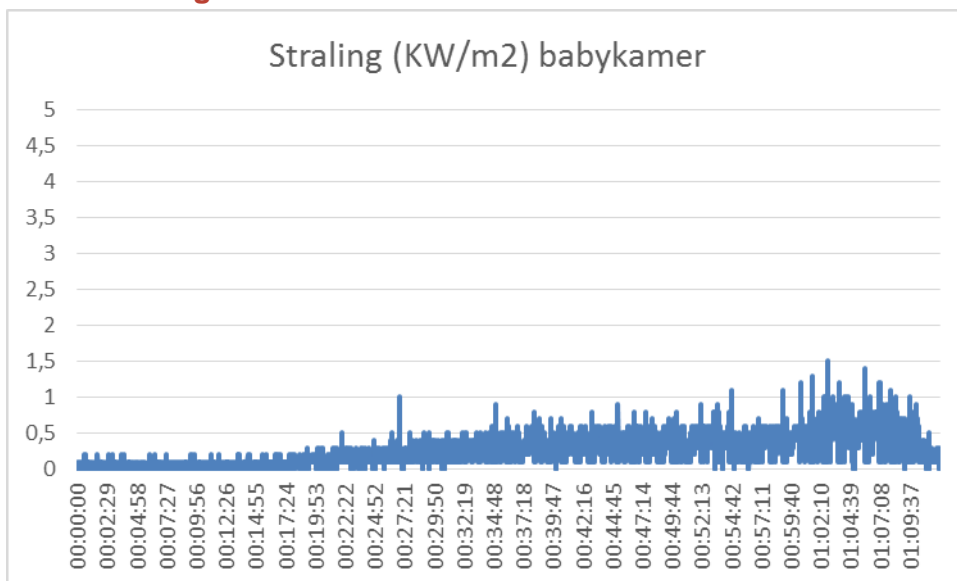
### 18.3.2 Temperatuur



Na start van de test loopt de temperatuur in de babykamer zowel op 180 cm als 50 cm hoogte zeer geleidelijk op van 12,4 graden op  $t=0$  tot 27,8 graden Celsius bij  $t=58$  min 21 sec (formeel einde test). Nadat de keukendeur is geopend op  $t=58$  min 21 sec loopt de temperatuur in de babykamer iets verder op naar een piek van 33 graden Celsius (180 cm hoogte) op  $t=64$ . Na deze piek op  $t=64$  neemt de temperatuur in de babykamer weer langzaam af.

De kritische grenswaarden qua temperatuur voor onbelemmerd vluchten en overleven worden gedurende deze test op de babykamer niet bereikt.

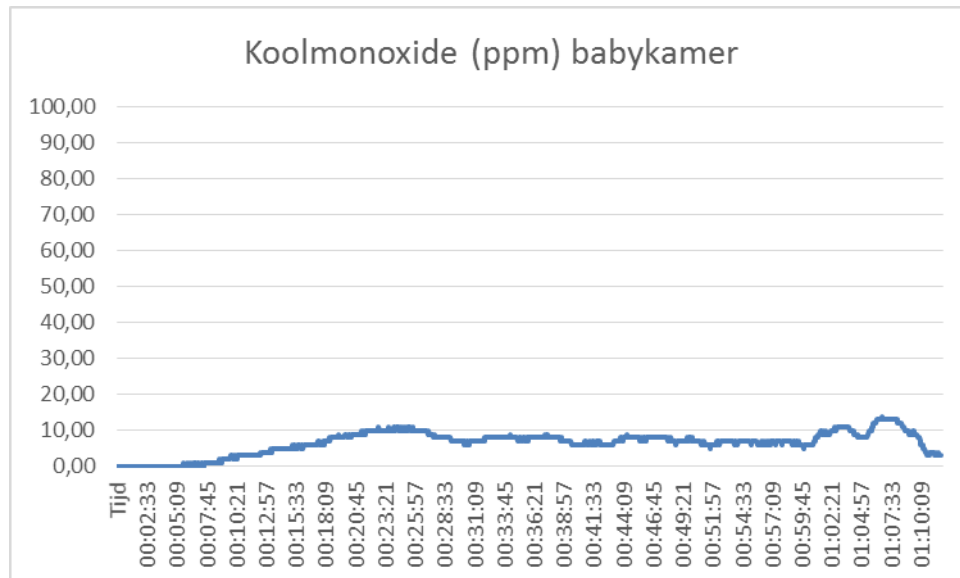
### 18.3.3 Stralingswarmte



Na start test neemt de stralingswarmte op de babykamer zeer geleidelijk toe tot een waarde van (ongeveer) 0,4 kW/m<sup>2</sup> op t=58 min 21 sec (formeel einde test). Na het openen van de keukendeur loopt de stralingswarmte op naar (ongeveer) 0,8 kW/m<sup>2</sup> op t=64.

De grenswaarde voor onbelemmerd vluchten van 2 kW/m<sup>2</sup> wordt in de babykamer tot einde formele test én het feitelijke einde niet overschreden. Automatisch wordt ook tot einde test de grenswaarde van 6 kW/m<sup>2</sup> voor een niet meer overleefbare situatie niet bereikt.

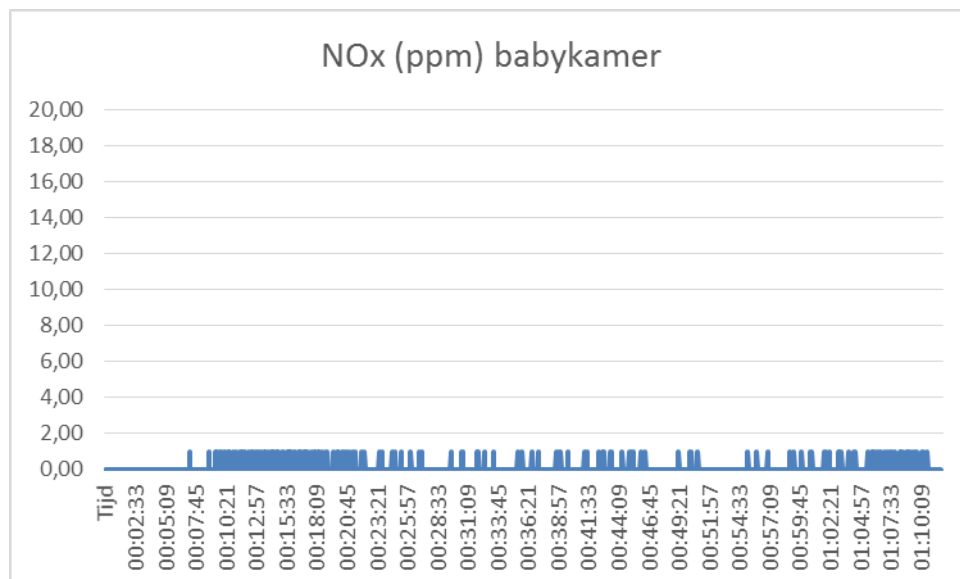
### 18.3.4 Koolmonoxide



Tot t=8 min 54 sec is er op de babykamer slechts een concentratie van (maximaal) 1 ppm koolmonoxide. Na t=8 min 54 sec loopt de concentratie geleidelijk op tot een waarde van 10 ppm op t=21 min 15 sec. Hierna daalt de concentratie weer, om vanaf t=60 min 48 sec (dus na openen keukendeur) op te lopen naar 13 ppm op t=65.

De gemeten concentraties koolmonoxide hebben geen invloed om de mogelijkheid om te vluchten en te overleven.

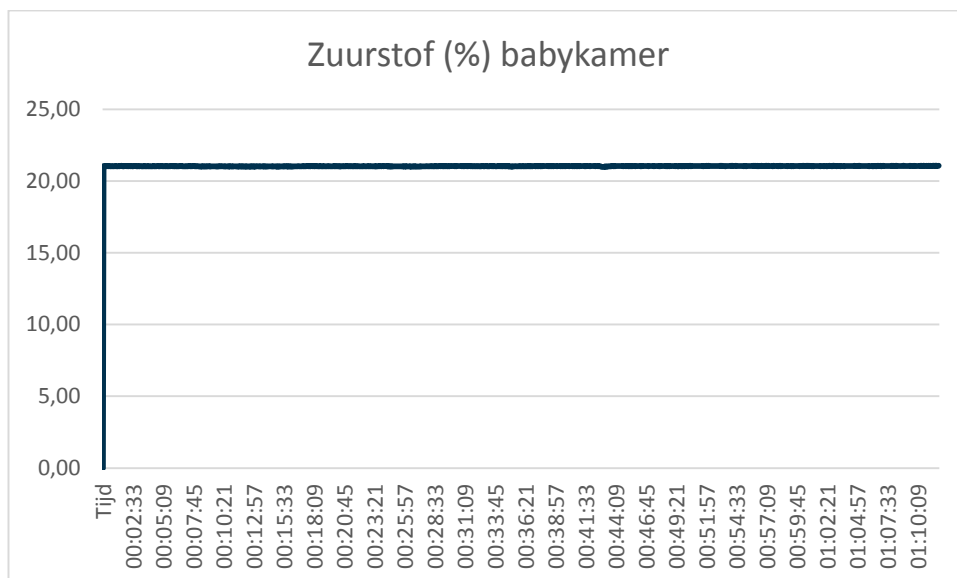
### 18.3.5 NOx



Tussen t=7 en einde test is er op de babykamer slechts een concentratie van (maximaal) 1 ppm NOx. De waarde fluctueert enige tijd zelfs van 0-1 ppm.

De gemeten concentraties NOx hebben geen invloed om de mogelijkheid om te vluchten en te overleven.

### 18.3.6 Zuurstof



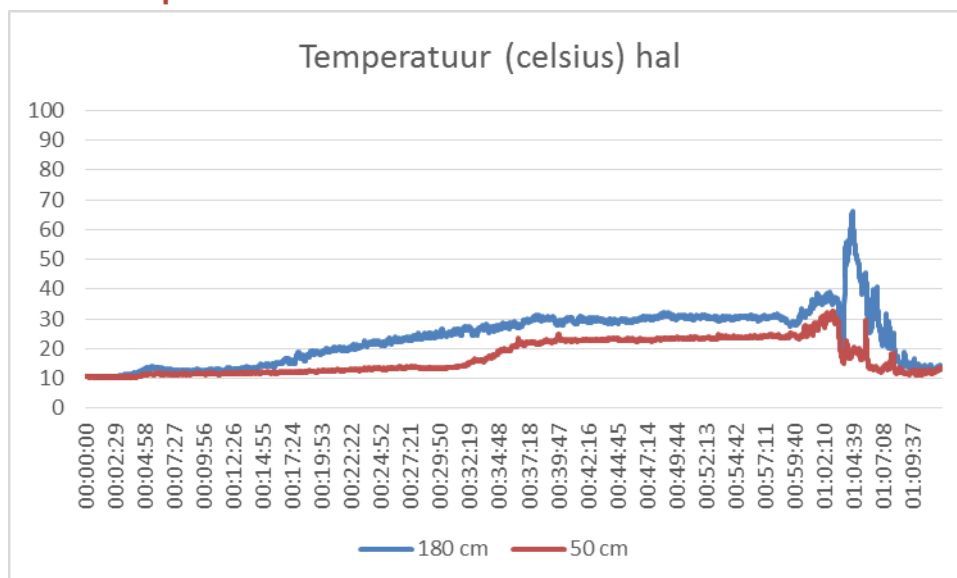
Het percentage zuurstof blijft op de babykamer vrijwel constant gedurende de gehele test.

## 18.4 Hal

### 18.4.1 Vastgelegde visuele waarneming

Vanaf  $t=4$  min 30 sec wordt er lichte rook door de kier van de haldeur de hal in geperst. Deze rook lijkt met golven te komen: het ene moment komt er een golf rook de hal in; dan weer even nauwelijks. Op  $t=7$  min is de hal met lichte rookwaas gevuld. Pas vanaf  $t=18$  min treedt verdikking op die de straling van de rookmarkers enigszins vermindert. Op  $t=28$  min is de hal gevuld met dikke, grijze rook en zijn de rookmarkers niet meer zichtbaar.

### 18.4.2 Temperatuur

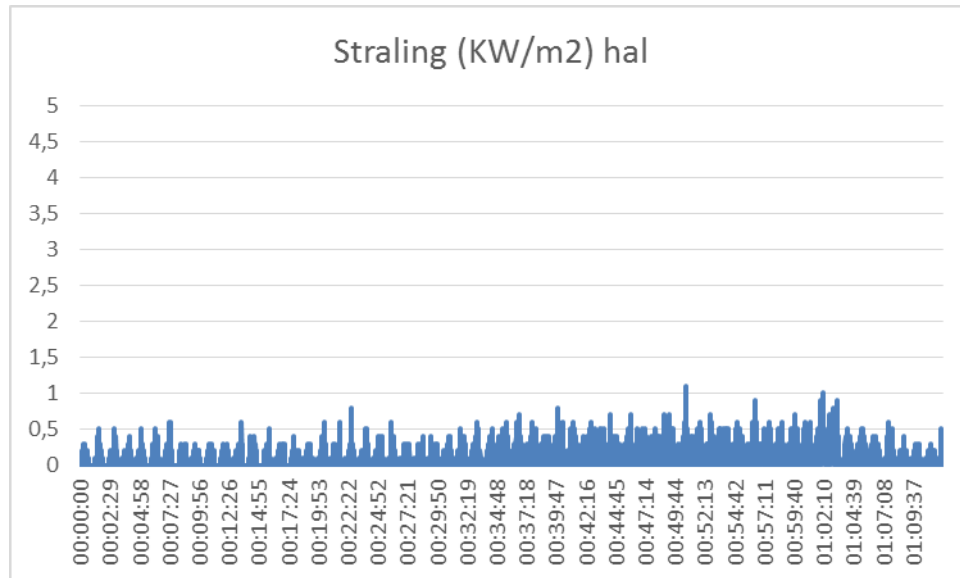


Na start van de test loopt de temperatuur in de hal zowel op 180 cm als 50 cm hoogte zeer geleidelijk op van 10,7 graden Celsius op  $t=0$  tot 31,5 graden Celsius bij  $t=58$  min 21 sec (formeel einde test). Nadat de keukendeur is geopend op  $t=58$  loopt de temperatuur in de

hal snel op naar een piek van 65,8 graden Celsius (180 cm hoogte) op t=64 min 34 sec. Na deze piek neemt de temperatuur op de overloop weer snel af tot 20,4 graden Celsius bij einde test (t=68).

De kritische grenswaarden qua temperatuur voor onbelemmerd vluchten en overleven worden gedurende deze test in de hal niet bereikt.

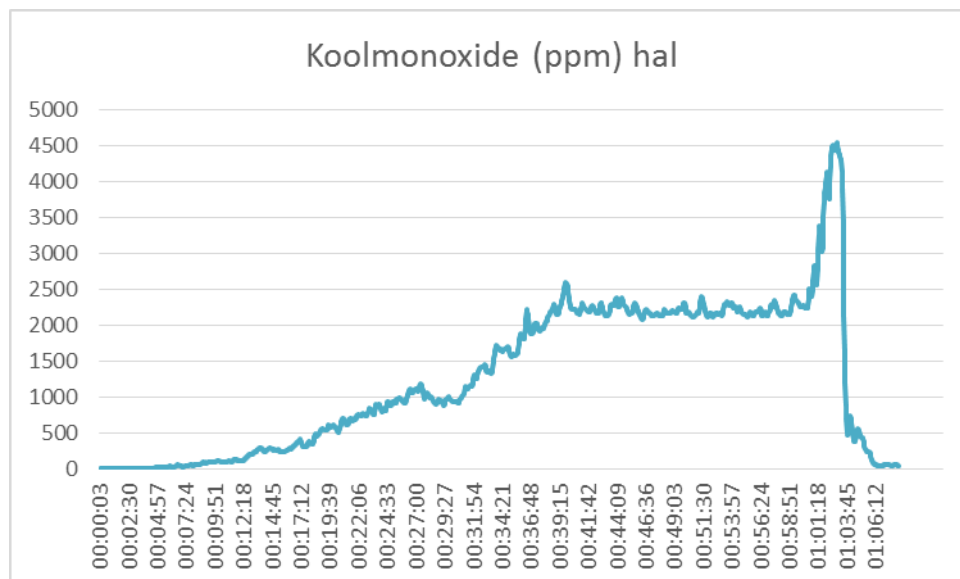
### 18.4.3 Stralingswarmte



Na start test neemt de stralingswarmte in de hal zeer geleidelijk toe tot een waarde van (ongeveer) 0,3 kW/m<sup>2</sup> op t=58 min 21 sec (formeel einde test). Na het openen van de keukendeur en het starten van de offensieve binneninzet loopt de stralingswarmte in de hal heel kort op van 0,4 naar 0,6 kW/m<sup>2</sup>.

De grenswaarde voor onbelemmerd vluchten van 2 kW/m<sup>2</sup> wordt in de hal tot einde formele test én het feitelijke einde niet overschreden. Automatisch wordt ook tot einde test de grenswaarde van 6 kW/m<sup>2</sup> voor een niet meer overleefbare situatie niet bereikt.

### 18.4.4 Koolmonoxide

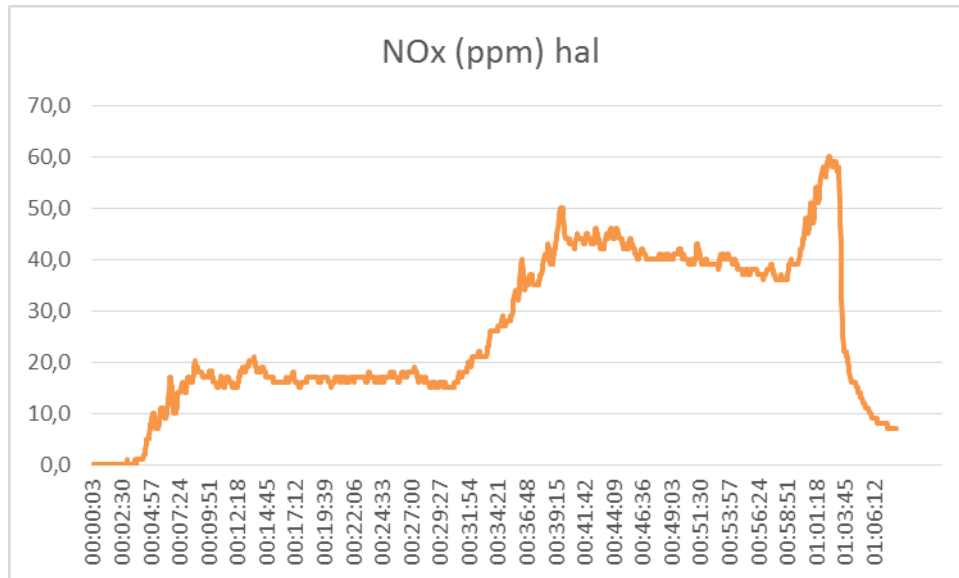


Op t=4 bereikt de concentratie koolmonoxide in de hal 2 ppm. Na t=4 loopt de concentratie geleidelijk op tot een waarde van 2216 ppm op t=36 min 30 sec. Na deze piek stabiliseert de

concentratie koolmonoxide, om vanaf t=58 min 57 sec (dus nadat de keukendeur is geopend) op te lopen naar 4543 ppm op t=62 min 57 sec.

Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevlucht worden vanaf t= 22 min 9 sec. Verondersteld wordt dat de kans op overleving op t=46 min 9 sec sterk is afgenomen.

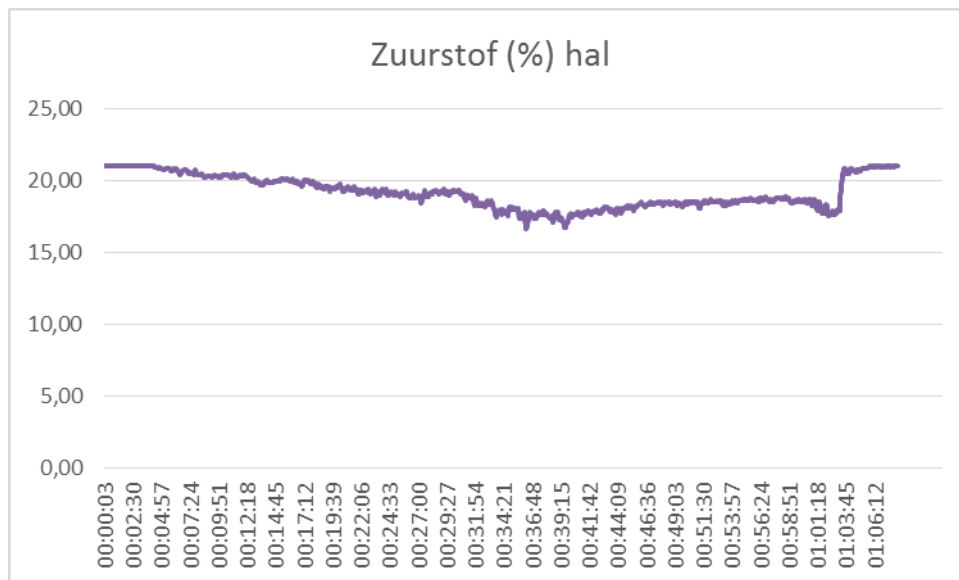
#### 18.4.5 NOx



Na t=4 loopt de concentratie NOx geleidelijk op van 1 ppm tot een waarde van 17,1 ppm op t=6 min 36 sec. Hierna stabiliseert de concentratie NOx, om vanaf t=31 min 6 sec verder op te lopen naar 50 ppm op t=39 min 39 sec. Na deze piek daalt de concentratie NOx licht tot onder de 40 ppm, maar neemt na t=59 min 51 sec (dus na openen keukendeur) op naar 60 ppm op t=62 min 24 sec.

Op basis van de gemeten NOx-concentraties treedt snel vluchthinder op. AEGL-2 voor 10 minuten wordt overschreden vanaf t=13min, 18 sec en AEGL-3 voor 10 minuten vanaf t=35 min, 48 sec. Op basis daarvan wordt verondersteld dat de kans op overleving op t=45 min 48 sec sterk is afgenomen. Mogelijk kan een bewoner nog wel vertraagd vluchten, maar kan ten gevolge van de blootstelling aan NOx later nog sterfte optreden.

## 18.4.6 Zuurstof



Het percentage zuurstof in de hal daalt geleidelijk van 21% bij start test naar 18,7% op t=58 (formeel einde test). Als de keukendeur wordt geopend en een offensieve buiteninzet start, is er een hele korte en kleine dip in het zuurstofpercentage om vervolgens snel te stijgen naar 21%.

De grenswaarden op de factor zuurstof voor veilig vluchten (14% zuurstof) en overleven (6%) worden beide niet overschreden. Ondanks de relatief geringe afname van het zuurstofpercentage wordt het effect van de asfyxiërende stoffen groter.

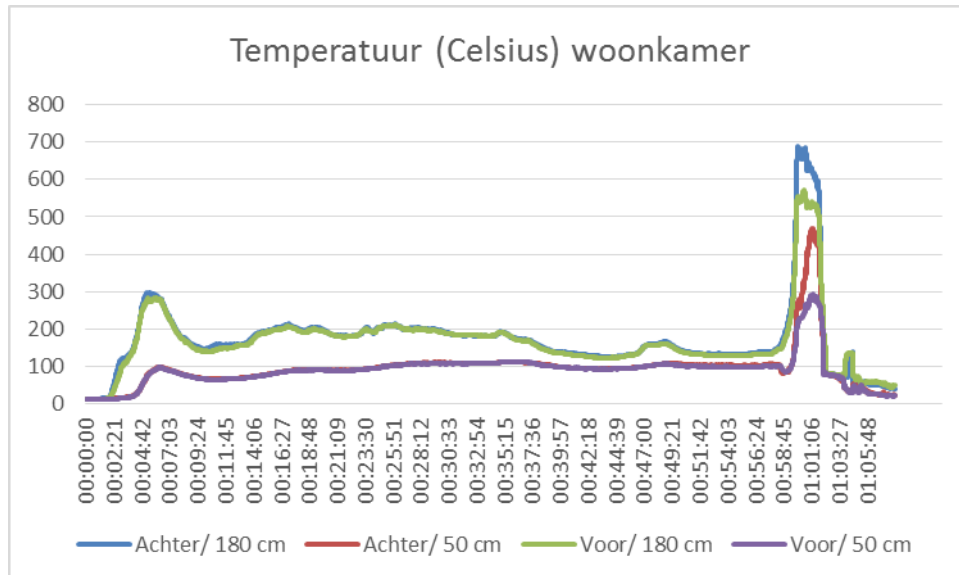
## 18.5 Woonkamer

### 18.5.1 Vastgelegde visuele waarneming

Op t=3 min 30 sec worden de eerste vlammen boven de bank zichtbaar. Op t=4 min begint zich een rooklaag op te bouwen tegen het plafond. Op t=4 min 30 sec bereikt de rooklaag een hoogte van 180 cm (vanaf vloer). Op t=5 min 30 sec beginnen de vlammen op de bank minder groot te worden, terwijl de rooklaag steeds lager komt. Vanaf t=6 min zijn er opeens korte vlammentongen in de dichte rooklaag boven de bank zichtbaar, die echter maar een meter boven de bank uit komen. Hierna is uitgezonderd de ruimte om de bank de gehele ruimte gevuld met dicht zwarte rook. De rookmarkers zijn op t=7 erg moeilijk zichtbaar, en ook de vlammen zijn slecht zichtbaar. Op t=13 min zijn de rookmarkers en de vlammen in het geheel niet meer zichtbaar. Op dat moment scheurt de binnenruit aan de achterzijde. Op t=15 min wordt er rook aan de achterzijde van de woning naar buiten geperst. Op t=18 min scheurt het kleine raampje naast grote raam achter. Op t=31 min 30 sec scheurt het binnenraam aan de voorzijde van de woning.



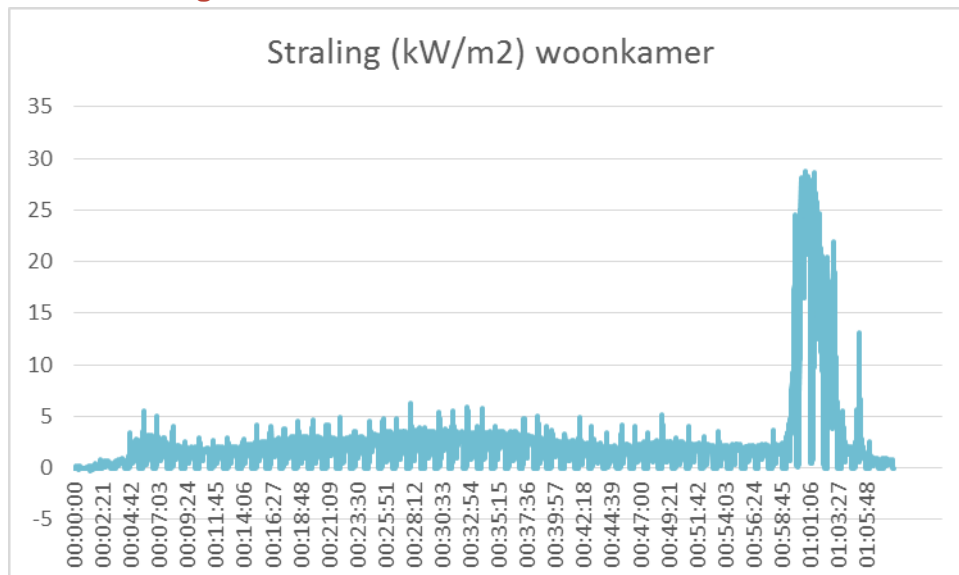
## 18.5.2 Temperatuur



Nadat de bank in de woonkamer op  $t=0$  is ontstoken, volgt een snelle temperatuurstijging naar 297,9 graden Celsius (op 180 cm hoogte) op  $t=5$  min 12 sec. Na deze temperatuurpiek daalt de temperatuur naar 144,6 graden Celsius op  $t=9$  min 52 sec om vervolgens weer te stijgen naar 206,3 graden Celsius op  $t=16$  min 33 sec. Hierna blijft de temperatuur continu iets af- en weer toenemen, tot een waarde van 152,1 graden Celsius op  $t=58$  min 21 sec. Vanaf  $t=58$  min 21 sec (als de keukendeur geopend wordt) neemt de temperatuur toe van 152,1 graden naar 678,6 graden Celsius op  $t=60$ . Direct na de piek neemt de temperatuur in de woonkamer (zowel hoog als laag) snel af.

De kritische temperatuur van 150 graden Celsius op 180 cm hoogte wordt (achter) in de woonkamer op  $t=4$  min 3 sec bereikt. Op 50 cm hoogte wordt de temperatuur van 150 graden Celsius echter pas op  $t=59$  min 40 sec (dus na openen keukendeur) gehaald. Dat betekent dat qua temperatuur gedurende de gehele formele test in de woonkamer een overleefbare situatie is geweest. Voor onbelemmerd vluchten is de kritische waarde 4 minuten en 3 sec na begin van de brand overschreden.

## 18.5.3 Stralingswarmte

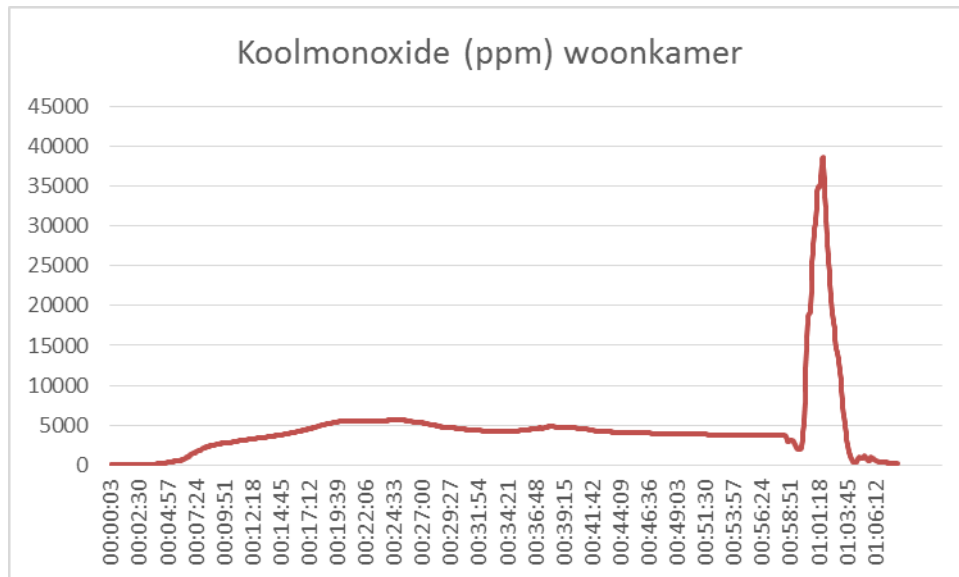


Op  $t=4$  loopt de straling in de woonkamer op van 0,1 kW/m<sup>2</sup> op naar (gemiddeld) 2,8 kW/m<sup>2</sup> op  $t=5$  (met uitschieters tot 5,5 kW/m<sup>2</sup>) om vervolgens te fluctueren tussen 2 en 4 kW/m<sup>2</sup> tot  $t=60$ . Vanaf  $t=60$  (als de keukendeur is geopend en de offensieve binneninzet plaats vindt)

loopt de stralingswarmte snel op, om te pieken op 28,3 kW/m<sup>2</sup> op t=61. Na de piek in de stralingswarmte loopt deze weer (snel) terug naar (bijna) 0 kW/m<sup>2</sup> op t=64.

De grenswaarde op de factor stralingswarmte voor onbelemmerd vluchten van 2 kW/m<sup>2</sup> wordt in de woonkamer op t=5 min 2 sec overschreden. De grenswaarde van 6 kW/m<sup>2</sup> voor een niet meer overleefbare situatie wordt in de woonkamer pas op t=60 min 15 sec – dus na het formele einde van de test- bereikt als de keukendeur is geopend en een offensieve binneninzet wordt gestart.

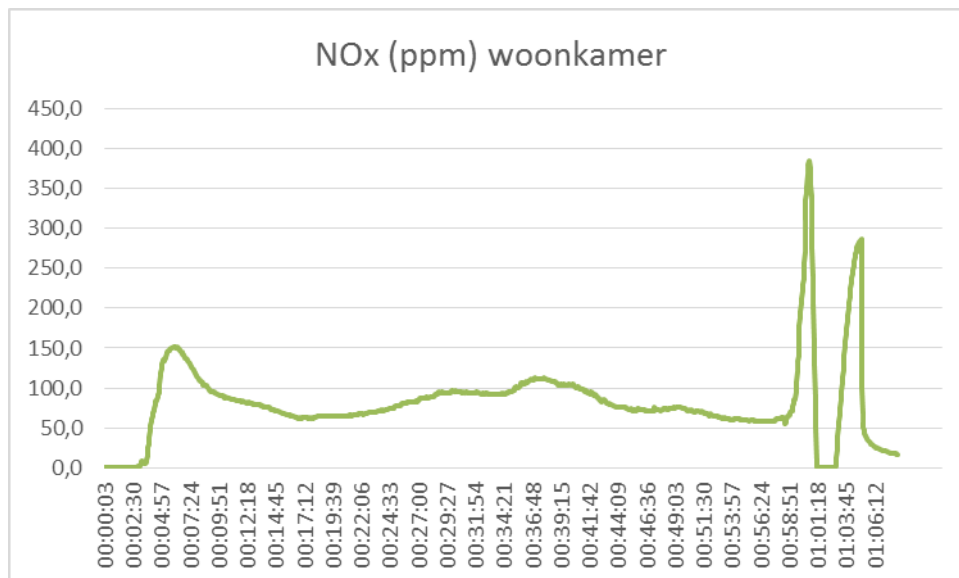
### 18.5.4 Koolmonoxide



Vanaf t=3 gaat de concentratie koolmonoxide behoorlijk lineair oplopen van 5 ppm naar 5695 op t=24 min 45 sec. Hierna loopt de concentratie geleidelijk terug naar om en nabij de 3000 ppm op t=59 min. Na t=59 min daalt de concentratie scherp terug tot 1932 ppm op t=59 min 36 sec, om vanaf t=59 min 39 sec ook weer zeer sterk te stijgen naar 38595 ppm op t=61 min 42 sec. Bij t=71 min 57 sec is de concentratie alweer gedaald naar 78 ppm. Een analyse van de snelle stijging van koolmonoxide vindt plaats in paragraaf 7.7.

Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevluht worden vanaf t= 8 min 12 sec. Verondersteld wordt dat de kans op overleving op t=14 min 12 sec sterk is afgenomen.

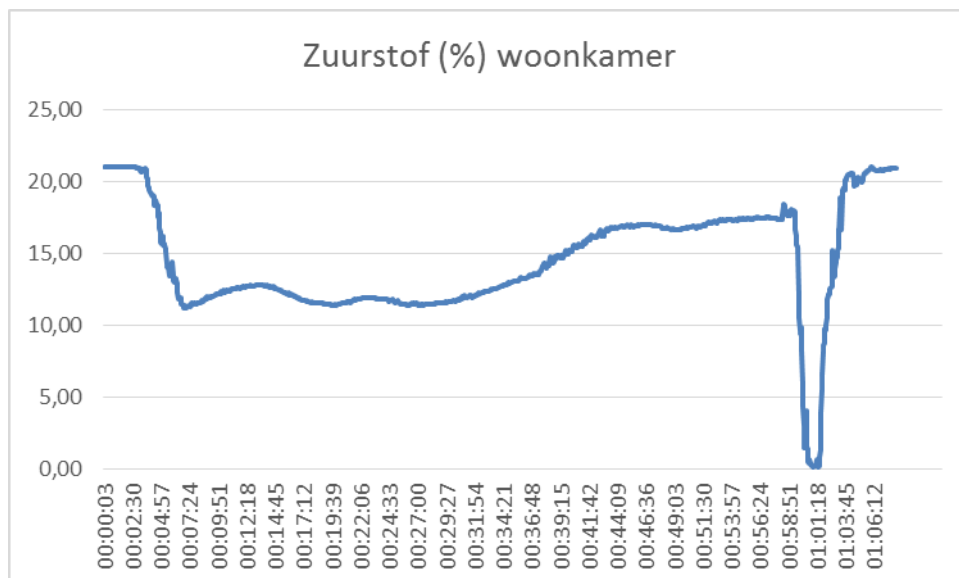
## 18.5.5 NOx



Vanaf  $t=3$  gaat de concentratie NOx snel oplopen van 3 ppm naar 151,8 ppm op  $t=6$  min 3 sec. Hierna loopt de concentratie iets terug om vervolgens met kleine pieken en dalen redelijk constant te blijven tot  $t=58$ . Als de keukendeur wordt geopend en de offensieve buiteninzet start, vindt er een stijging plaats van 62 ppm op  $t=58$  tot 385 ppm op  $t=60$  min 33 sec. Hierna treedt vermoedelijk een meefout op, aangezien het onwaarschijnlijk is dat de concentratie NOx terugdaalt naar 0 ppm.

Op basis van de gemeten NOx-concentraties treedt snel vluchthinder op. AEGL-2 voor 10 minuten wordt overschreden vanaf  $t=3$  min 45 sec en AEGL-3 voor 10 minuten vanaf  $t=3$  min 48 sec. Op basis daarvan wordt verondersteld dat de kans op overleving op  $t=13$  min 48 sec sterk is afgenomen. Mogelijk kan een bewoner nog wel vertraagd vluchten, maar kan ten gevolge van de blootstelling aan NOx later nog sterfte optreden.

## 18.5.6 Zuurstof



Het percentage zuurstof in de woonkamer is de eerste 3,5 minuut constant op (bijna) 21%. Na 3,5 minuut begint het percentage sterk te dalen totdat op  $t=6$  min 54 sec een ondergrens van 11,2% wordt bereikt. Hierna blijft het percentage zuurstof circa 20 minuten fluctueren tussen de 11,5 en 13%. Na  $t=35$  begint het percentage zuurstof te stijgen, totdat dit op  $t=59$  een waarde van 18,1% bereikt. Hierna neemt de concentratie zuurstof zeer sterk af: op  $t=60$

min 57 sec wordt er 0,15% (!! ) zuurstof gemeten. Na dit vrijwel absolute nulpunt loopt de concentratie zuurstof ook weer snel op: op t=64 wordt alweer 20,8% zuurstof gemeten.

De grenswaarde op de factor zuurstof voor veilig vluchten (14% zuurstof) wordt overschreden op t=5 min 33 en de grenswaarde voor overleven (6%) wordt pas overschreden op t=60 min 3 sec als de keukendeur is geopend. Door de afname van het zuurstofpercentage wordt het effect van de asfyxiërende stoffen groter.

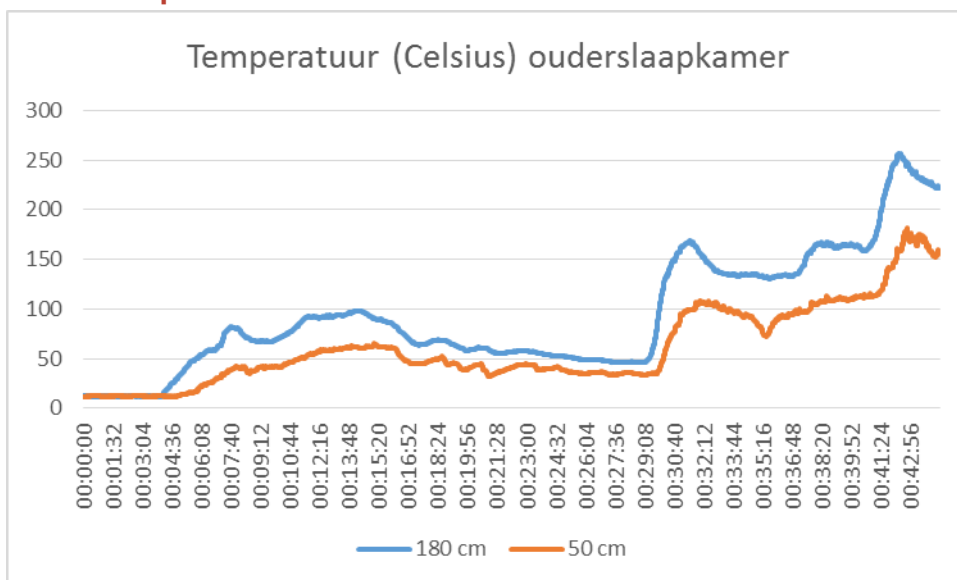
# 19 Bijlage 5: metingen test 5

## 19.1 Ouderslaapkamer

### 19.1.1 Vastgelegde visuele waarneming

Op  $t=4$  min 30 sec komt de eerste rook vanaf de overloop de ouderslaapkamer in. Op  $t=5$  min lijkt de gehele overloop gevuld met zwartgrijze rook en stroomt de ouderslaapkamer snel vol met rook. Op  $t=6$  min is de ouderslaapkamer grotendeels gevuld met zwarte rook en worden de rookmarkers moeilijk zichtbaar. Goed zichtbaar is dat er door het openstaande raam verse lucht binnenstroomt: de gordijnen waaien hier op. Dit is ook de hoek van de kamer waar de rooklaag het dunst is. Op  $t=8$  min zijn de rookmarkers niet meer zichtbaar.

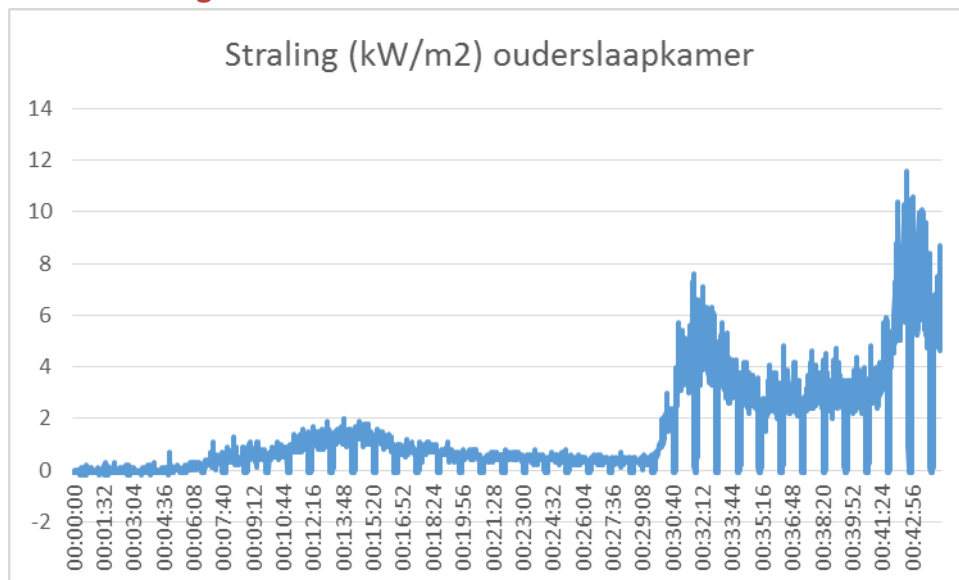
### 19.1.2 Temperatuur



De temperatuur op de ouderslaapkamer begint te stijgen vanaf  $t=4$ : van 12,3 graden Celsius op  $t=4$  naar een piekwaarde van 98,4 graden Celsius op  $t=14$  min 14 sec. Na deze piekwaarde neemt de temperatuur af en bereikt op  $t=28$  min 10 sec een waarde van 46,6 graden Celsius. Op  $t=28$  min 10 sec wordt de haldeur gesloten en is de brand voorzien van nieuwe brandstof. Hierna stijgt de temperatuur in de ouderslaapkamer naar 169,1 graden Celsius (180 cm hoogte) op  $t=31$ . Na deze piek daalt de temperatuur weer tot onder de 150 graden, om vervolgens op  $t=42$  de piekwaarde van de test op de ouderslaapkamer te behalen van 255,6 graden Celsius. Op 50 cm hoogte vertoont de temperatuur dezelfde pieken en dalen als op 180 cm hoogte, maar is lager.

De kritische temperatuur van 150 graden Celsius op 180 cm hoogte wordt in de ouderslaapkamer op  $t=30$  min 44 sec bereikt. Op 50 cm hoogte wordt de temperatuur van 150 graden Celsius pas op  $t=42$  min 11 sec bereikt. Dat betekent dat qua temperatuur gedurende de gehele test in de ouderslaapkamer tot  $t=42$  min 11 sec een overleefbare situatie is geweest. Voor onbelemmerd vluchten is de kritische waarde 30 minuten en 44 sec na begin van de brand overschreden.

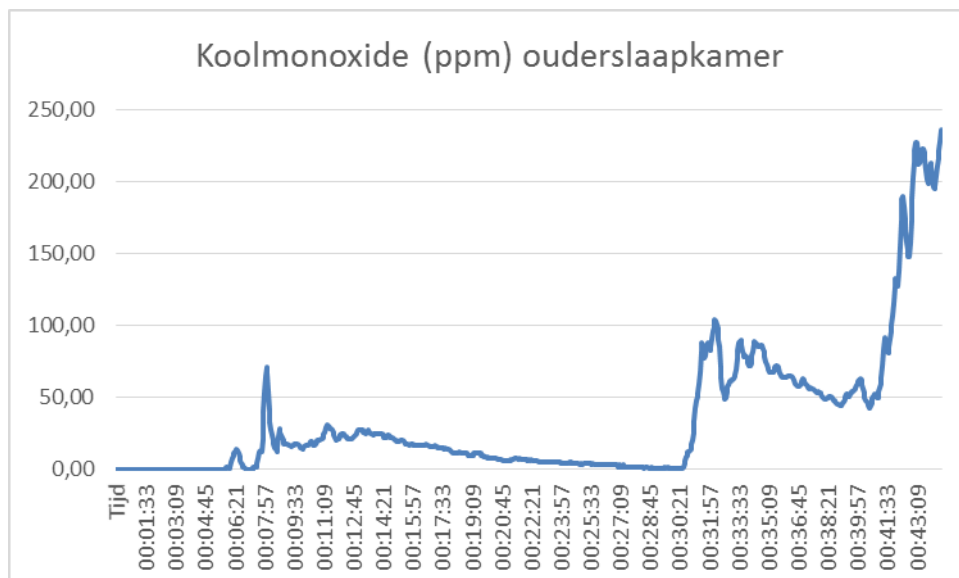
### 19.1.3 Stralingswarmte



De stralingswarmte op de ouderslaapkamer begint vanaf t=5 min 39 sec heel licht te stijgen en heeft dan een waarde van 0,1 a 0,2 kW/m<sup>2</sup>. Op t=15 min 40 sec wordt kort een stralingswarmte van 1,5 kW/m<sup>2</sup> bereikt, die vervolgens echter weer snel daalt en dan vrij constant blijft rond 0,4-0,5 kW/m<sup>2</sup>. Vanaf t=29 min 46 sec gaat de stralingswarmte stijgen, en bereikt op t=31 min 47 sec een piek van 7,6 kW/m<sup>2</sup>. Na deze piek daalt de stralingswarmte weer tot een waarde die fluctueert rond 3 kW/m<sup>2</sup> om vanaf t=41 min 32 sec weer te gaan stijgen en op t=42 min 40 sec een piek van 11,6 kW/m<sup>2</sup> te bereiken.

De grenswaarde op de factor stralingswarmte voor onbelemmerd vluchten van 2 kW/m<sup>2</sup> wordt in de ouderslaapkamer op t=30 min 17 sec overschreden. De grenswaarde van 6 kW/m<sup>2</sup> voor een niet meer overleefbare situatie wordt in de ouderslaapkamer op t=31 min 47 sec bereikt.

### 19.1.4 Koolmonoxide

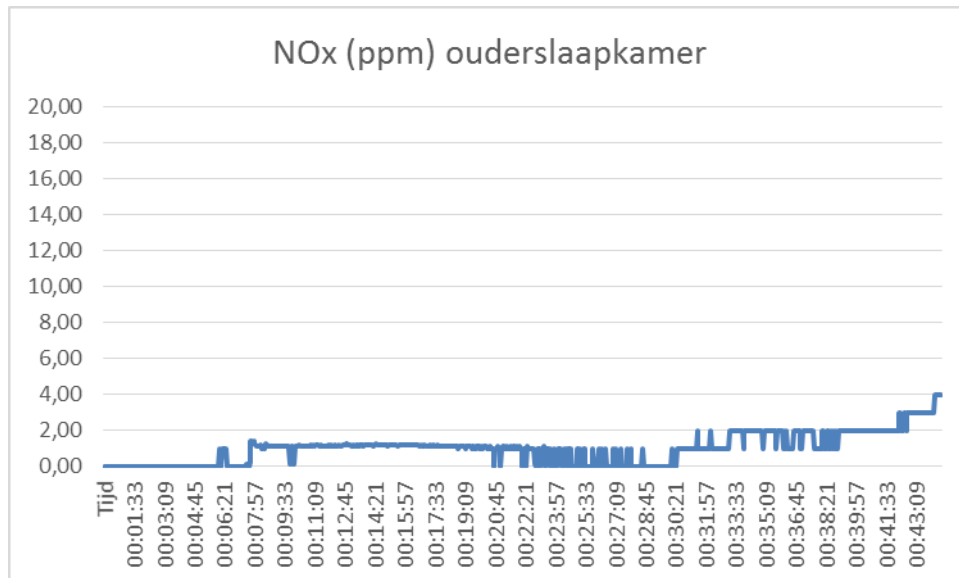


De concentratie koolmonoxide op de ouderslaapkamer blijft geruime tijd laag: tot t=6 is er nauwelijks sprake van koolmonoxide (2 ppm). Op t=6 min 27 sec is er dan een korte piek van 14 ppm, waarna de concentratie weer terugzakt naar 0 ppm. Op t=8 min 3 sec is er dan een korte piek van 71 ppm, waarna de concentratie ook weer terugloopt. Vlak voor sluiten haldeur op t=28 min 10 sec bedraagt de concentratie nog maar 1 ppm. Vanaf 30 min 33 sec loopt de concentratie snel op van 1 ppm naar 104 ppm op t=32 min 15 sec. Hierna daalt de

concentratie koolmonoxide weer tot 44 ppm op t=39. Dan vindt een nieuwe stijging plaats met een piek van 236 ppm bij einde test.

De gemeten concentraties koolmonoxide in combinatie met HCN hebben geen invloed om de mogelijkheid om te vluchten of overleven.

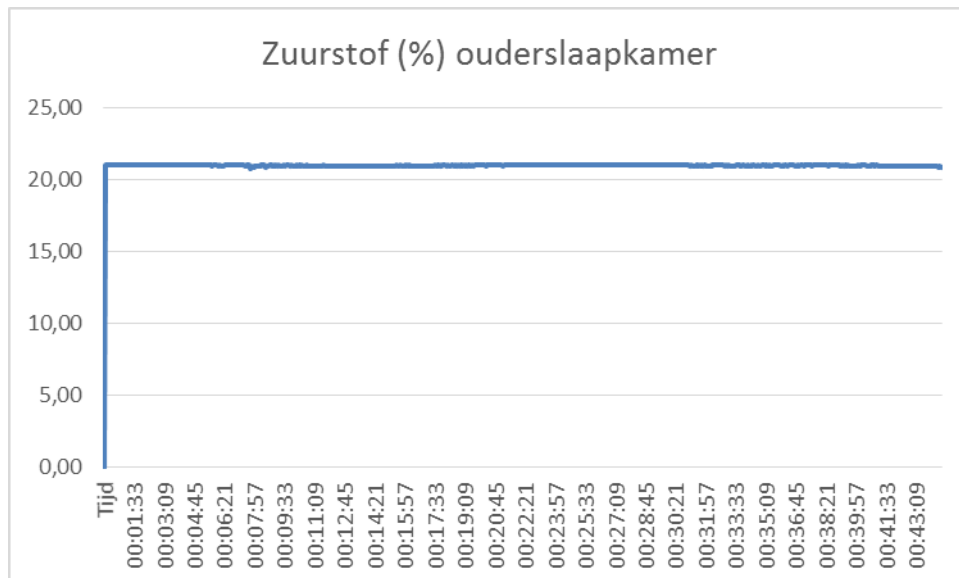
### 19.1.5 NOx



De eerste 32 minuten van de test fluctueert de concentratie NOx tussen 0 en 1,2 ppm. Op t=33 loopt de concentratie op naar 2 ppm en stijgt door naar 4 ppm bij einde test.

De gemeten concentraties NOx hebben geen invloed om de mogelijkheid om te vluchten of overleven.

### 19.1.6 Zuurstof



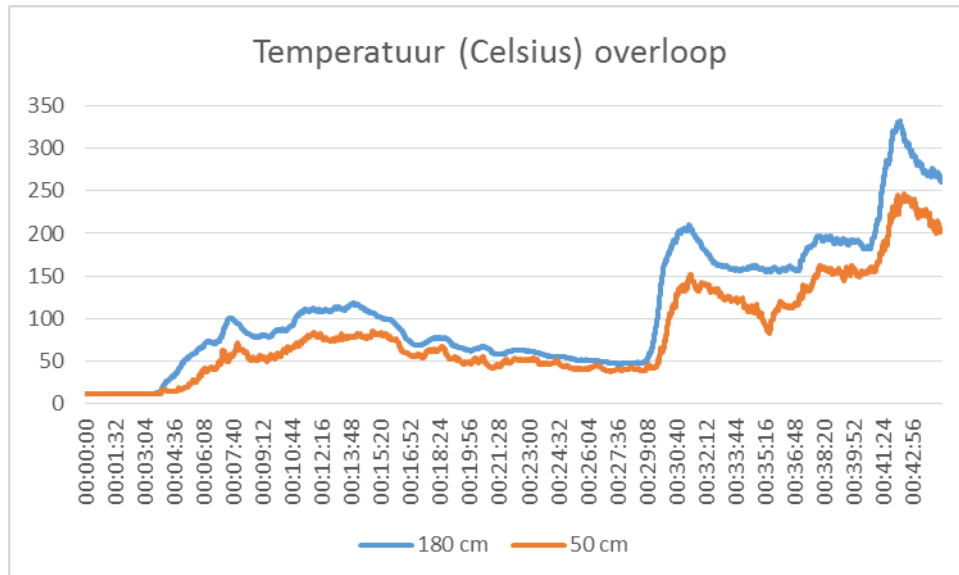
Het percentage zuurstof op de ouderslaapkamer blijft de gehele test (vrijwel) constant op 21%.

## 19.2 Overloop

### 19.2.1 Vastgelegde visuele waarneming

Op t=4 min komt een stroom zwarte rook vanuit de hal de overloop op. Op t=5 min is een groot deel van de overloop al gevuld met zwartgrijze rook. Op t=6 min is de overloop gevuld met zwarte rook. Op t = 6 min 30 sec is echt bijna niks meer zichtbaar.

### 19.2.2 Temperatuur

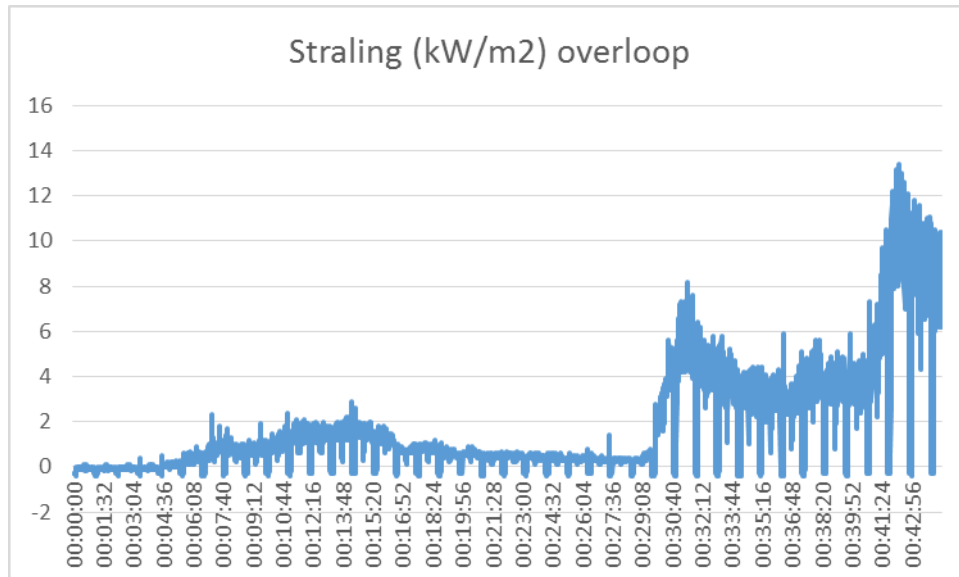


De temperatuur op de overloop begint te stijgen vanaf t=3 min 30 sec: van 12 graden Celsius op t=3 min 30 sec naar een piekwaarde van 118,2 graden Celsius op t=14. Na deze piekwaarde neemt de temperatuur af en bereikt op t=28 min 10 sec een waarde van 48,1 graden Celsius. Op t=28 min 10 sec wordt de haldeur gesloten en is de brand voorzien van nieuwe brandstof. Hierna stijgt de temperatuur in de overloop naar 206,6 graden Celsius (180 cm hoogte) op t=31. Na deze piek daalt de temperatuur weer tot 157,1 graden, om vervolgens op t=42 de piekwaarde van de test op de overloop te behalen van 331,5 graden Celsius. Op 50 cm hoogte vertoont de temperatuur dezelfde pieken en dalen als op 180 cm hoogte, maar is lager.

De kritische temperatuur van 150 graden Celsius op 180 cm hoogte wordt in de overloop op t=29 min 57 sec bereikt. Op 50 cm hoogte wordt de temperatuur van 150 graden Celsius op t=31 min 25 sec. Dat betekent dat qua temperatuur gedurende de gehele test in de ouderslaapkamer tot t=31 min 25 sec een overleefbare situatie is geweest. Voor onbelemmerd vluchten is de kritische waarde 30 minuten na begin van de brand overschreden.



### 19.2.3 Stralingswarmte

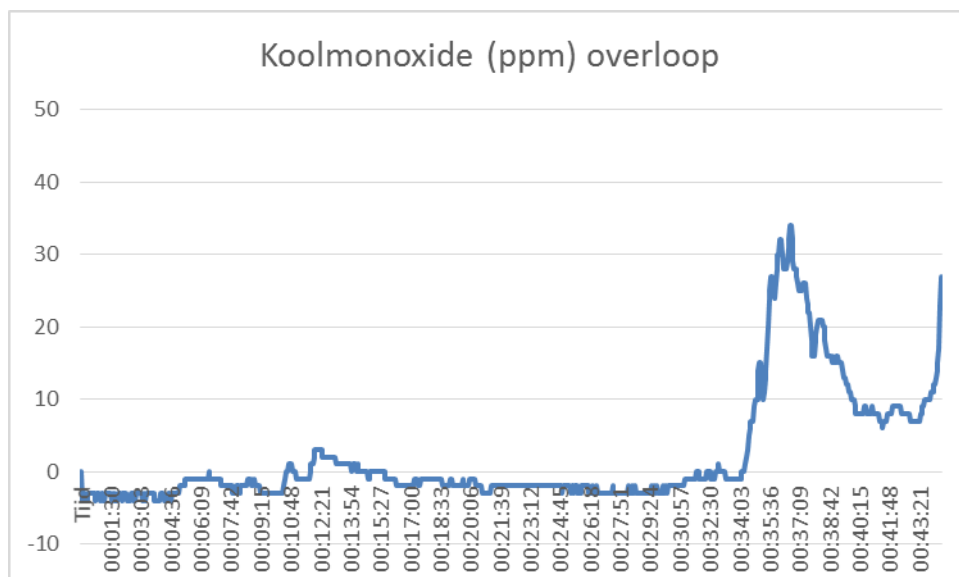


De stralingswarmte op de overloop begint vanaf  $t=4$  min 46 sec heel licht te stijgen en heeft dan een waarde van 0,1 a 0,2 kW/m<sup>2</sup>. Tot  $t=15$  stijgt de stralingswarmte met kleine pieken tot een maximum van gemiddeld 2,1 kW/m<sup>2</sup> met een piek van 2,9 kW/m<sup>2</sup> op  $t=14$  min 15 sec. Hierna neemt de stralingswarmte vrij constant af tot een waarde van gemiddeld 0,3 kW/m<sup>2</sup> op  $t=28$  min 10 sec.

Vanaf  $t=29$  min 12 sec gaat de stralingswarmte stijgen, en bereikt op  $t=31$  min 25 sec een piek van 8,3 kW/m<sup>2</sup>. Na deze piek daalt de stralingswarmte weer tot een waarde die fluctueert rond 4 kW/m<sup>2</sup> om vanaf  $t=40$  min 52 sec weer te gaan stijgen en op  $t=42$  min 16 sec een piek van 13,4 kW/m<sup>2</sup> te bereiken.

De grenswaarde op de factor stralingswarmte voor onbelemmerd vluchten van 2 kW/m<sup>2</sup> wordt in de overloop op  $t=14$  min 2 sec overschreden. De grenswaarde van 6 kW/m<sup>2</sup> voor een niet meer overleefbare situatie wordt in de overloop op  $t=31$  min 58 sec bereikt.

### 19.2.4 Koolmonoxide

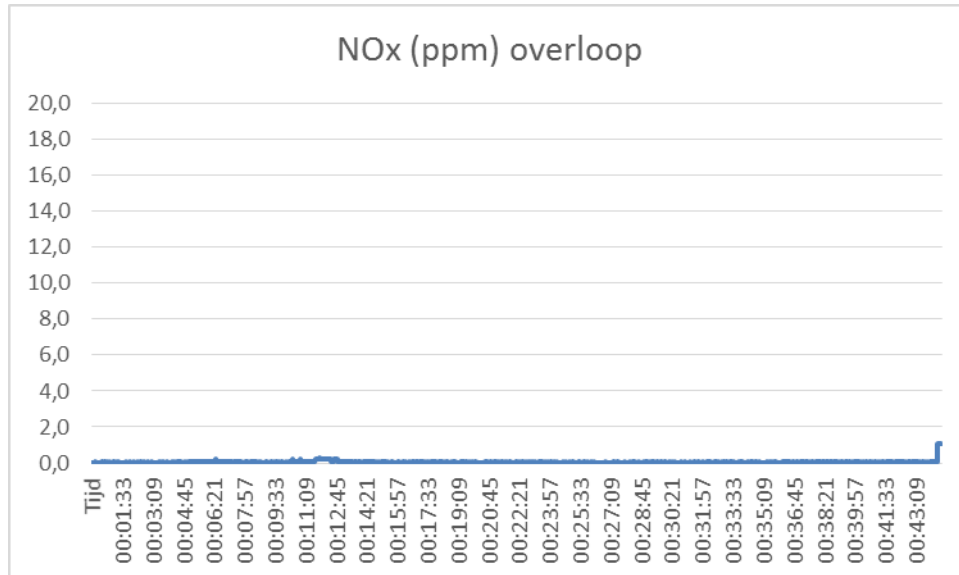


De meetwaarden koolmonoxide vertonen vanaf het t van de brandproef een continu negatieve afwijking in de marge -2 tot -4 ppm. Deze afwijking kan niet worden verklaard. Aangezien op  $t=12$  en vanaf  $t=34$  de waarde koolmonoxide wél stijgt, gaan we uit van een continu afwijking van de waarde koolmonoxide van -3 ppm.

Als we dat als uitgangspunt nemen, blijft de concentratie koolmonoxide op de overloop gedurende de eerste 10 minuten tussen de 0 en 8 ppm. Na t=34 min 27 sec gaat de concentratie koolmonoxide stijgen naar een piek van 34 ppm op t=34 min 46 sec. Na deze piek zakt en stijgt de concentratie weer; bij einde test bedraagt de concentratie 27 ppm.

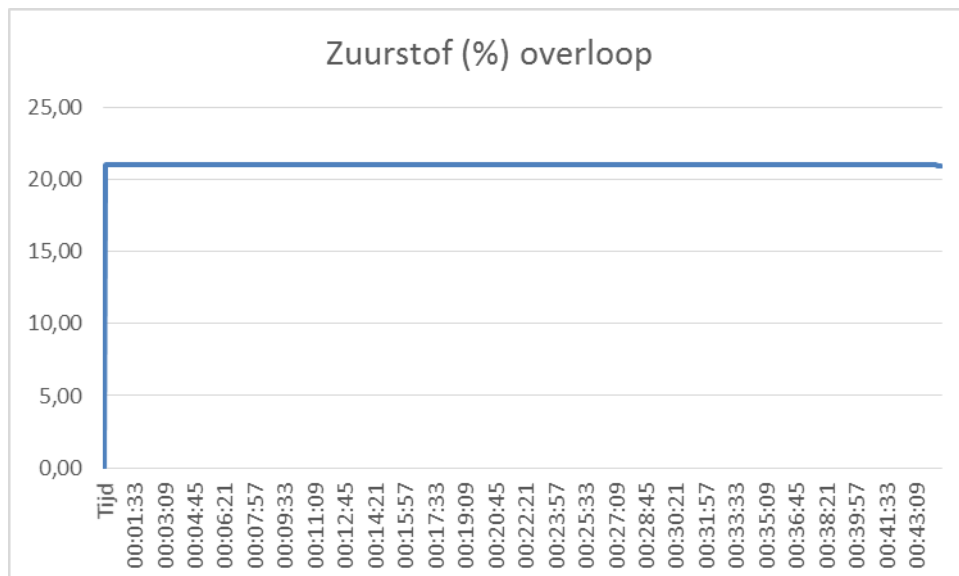
De gemeten concentraties koolmonoxide hebben geen invloed om de mogelijkheid om te vluchten of overleven.

### 19.2.5 NOx



Op de overloop is nauwelijks sprake van een significante verhoging van de concentratie NOx. Daarmee was tot het einde van de test op de overloop qua factor NOx een situatie waaruit veilig ontvlucht en overleefd kon worden.

### 19.2.6 Zuurstof



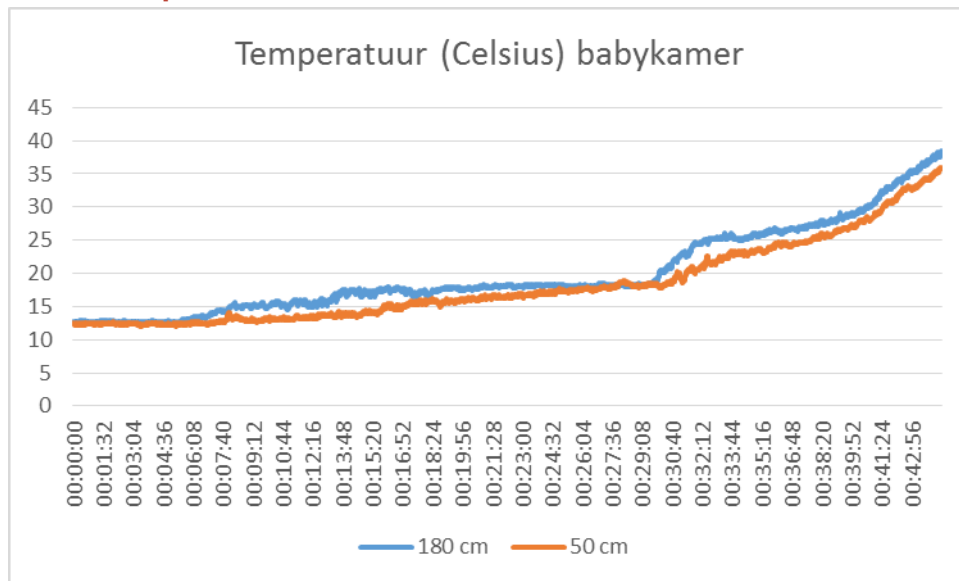
Het percentage zuurstof op de ouderslaapkamer blijft de gehele test (vrijwel) constant op 21%.

## 19.3 Babykamer

### 19.3.1 Vastgelegde visuele waarneming

Op  $t =$  min 30 sec begint er hele lichte rook door de kier van de deur heen te komen. Op  $t = 8$  min heeft zich een rooklaag tegen het plafond gevormd. Vanaf  $t = 8$  min 30 sec wordt zichtbaar dat er ook rook door de vloer omhoog geperst wordt vanuit de woonkamer. Op  $t = 12$  min is de babykamer met lichte rook gevuld. Op  $t = 15$  min is de rooklaag dikker geworden; de rookmarkers zijn nog steeds zichtbaar, maar de deur zelf niet meer. Vanaf  $t = 31$  min 30 sec treedt sterke verdere verdichting van de rooklaag op, en vanaf  $t = 32$  min 30 sec zijn de rookmarkers niet meer zichtbaar.

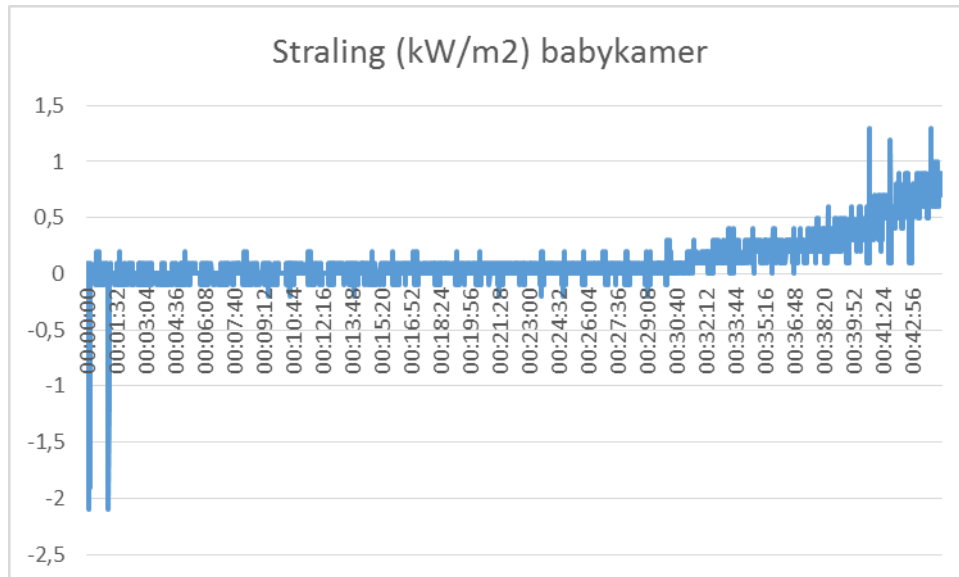
### 19.3.2 Temperatuur



De temperatuur in de babykamer begint vanaf  $t = 5$  min 36 sec geleidelijk op te lopen tot 18,3 graden Celsius op 29 min 10 sec. Na ongeveer 29 min 30 sec stijgt de temperatuur iets sneller tot een waarde van 38,1 graden Celsius bij einde test.

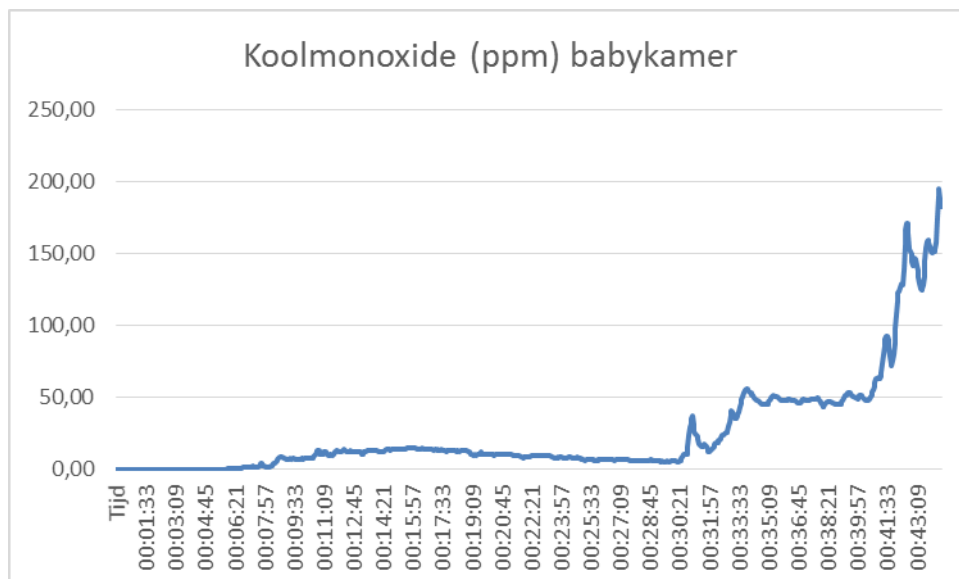
De kritische temperatuur van 150 graden Celsius wordt zowel op 180 cm als 50 cm hoogte in de babykamer de gehele test niet bereikt. Dat betekent dat qua temperatuur gedurende de gehele test in de babykamer een overleefbare situatie is geweest.

### 19.3.3 Stralingswarmte



De stralingswarmte in de babykamer blijft 0 kW/m<sup>2</sup> tot t=30. Dan begint deze langzaam te stijgen en bedraagt 0,8 kW/m<sup>2</sup> bij einde test. De grenswaarde voor onbelemmerd vluchten van 2 kW/m<sup>2</sup> wordt in de babykamer tot einde test niet overschreden. Automatisch wordt ook tot einde test de grenswaarde van 6 kW/m<sup>2</sup> voor een niet meer overleefbare situatie niet bereikt.

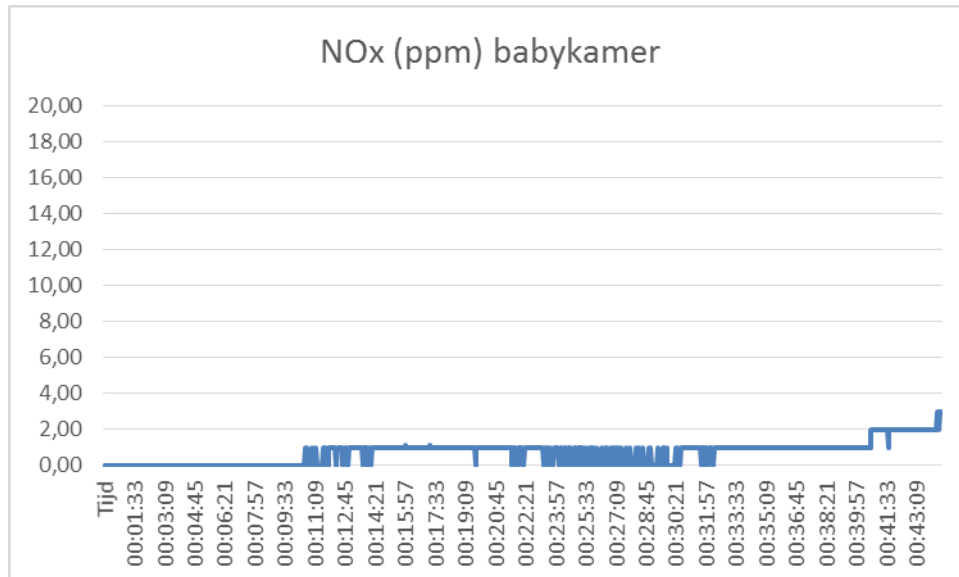
### 19.3.4 Koolmonoxide



De concentratie koolmonoxide blijft in de babykamer gedurende de eerste 30 minuten tussen de 0 en 15 ppm. Na t=30 min 30 sec gaat de concentratie koolmonoxide stijgen naar 183 ppm bij einde test.

De gemeten concentraties koolmonoxide in combinatie met HCN hebben geen negatieve invloed op de mogelijkheid om te vluchten of overleven.

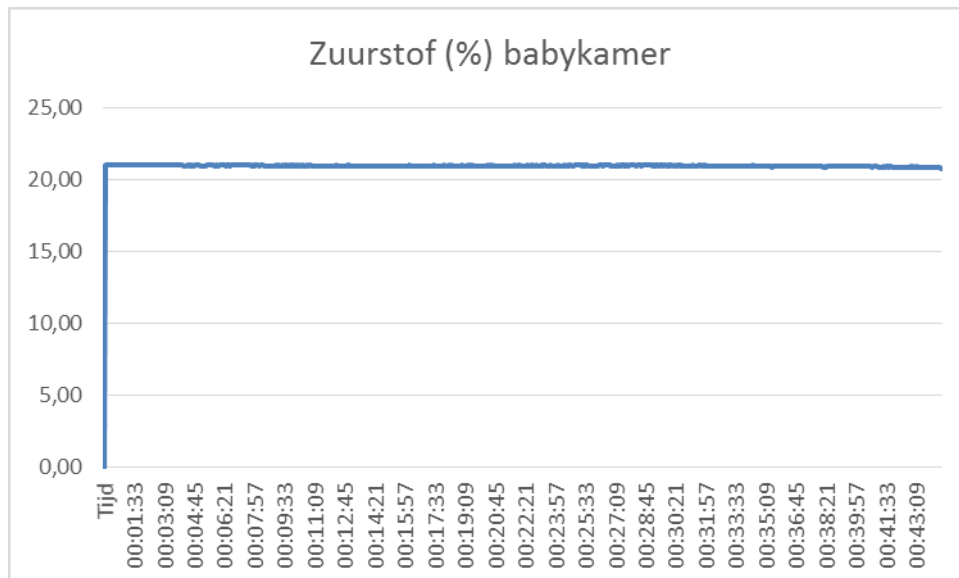
### 19.3.5 NOx



Gedurende de test loopt de concentratie NOx zeer geleidelijk op: Op t=11 min 36 sec wordt de waarde van 1 ppm bereikt. Op t=40 min 42 sec wordt 2 ppm bereikt en deze waarde blijft constant tot einde test.

Op de babykamer was dus nauwelijks sprake van een verhoging van de concentratie NOx. Daarmee was tot het einde van de test op de babykamer qua factor NOx een situatie waaruit veilig ontlucht en overleefd kon worden.

### 19.3.6 Zuurstof



Het percentage zuurstof op de babykamer blijft de gehele test (vrijwel) constant op 21%.

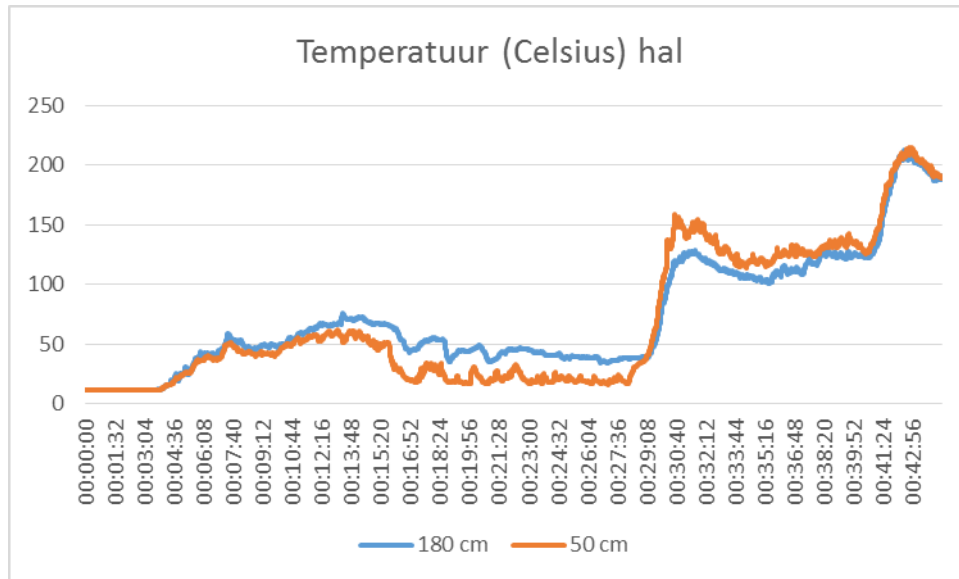
## 19.4 Hal

### 19.4.1 Vastgelegde visuele waarneming

Op t=4 min stroomt de eerste rook vanuit de woonkamer de hal in. Dit gaat snel: op t=4 min 30 sec is dit een rookwolk die de hal instroomt. Deze rook verdwijnt deels naar buiten; deels via het trapgat naar de overloop. Veranderingen in de wind zorgen ervoor dat er turbulentie is in de hal, en de opbouw van de rooklaag niet constant plaatsvindt. Toch is op t=6 min een

groot deel van de hal gevuld met rook. Nabij de deur is nog de meeste rookvrije ruimte. Op t=7 min 30 sec zijn de rookmarkers nog maar nauwelijks zichtbaar. Vanaf t=29 min zijn er vlamverschijnselen zichtbaar in de hal vanuit de woonkamer.

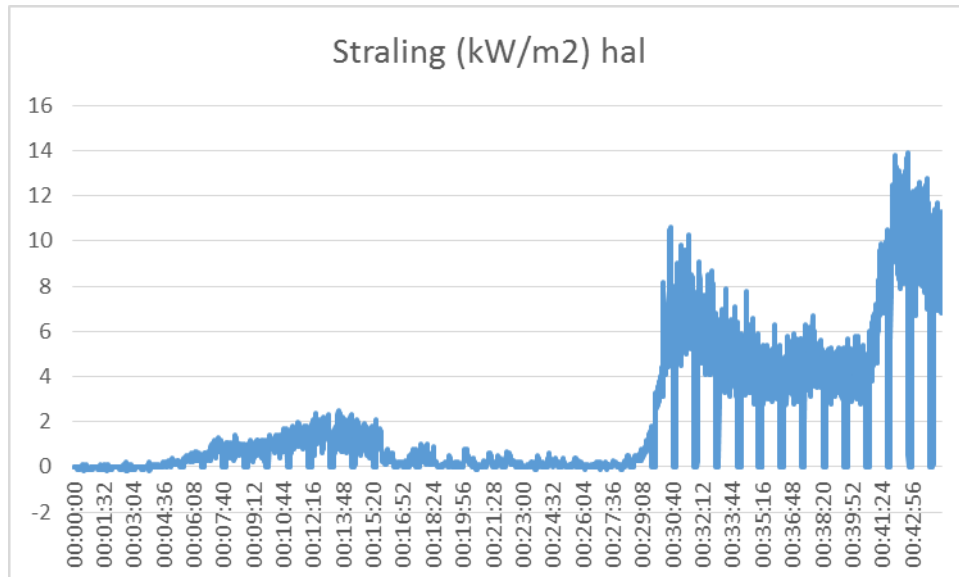
### 19.4.2 Temperatuur



De temperatuur in de hal begint te stijgen vanaf t=3 min 51 sec: van 12 graden Celsius op t=3 min 51 sec naar een piekwaarde van 76,3 graden Celsius op t=13 min 22 sec. Na deze piekwaarde neemt de temperatuur af en bereikt op t=28 min 10 sec een waarde van 38,3 graden Celsius. Op t=28 min 10 sec wordt de haldeur gesloten en is de brand voorzien van nieuwe brandstof. Hierna gebeurt iets bijzonders: de temperatuur stijgt in de hal naar 159,3 graden Celsius op 50 cm hoogte op t=30 min 35 sec, terwijl op hoogte 180 cm de temperatuur 'slechts' 120 graden Celsius bedraagt. Na deze piek daalt de temperatuur (op 50 cm hoogte) weer tot onder de 150 graden graden, om vervolgens op t=42 min 53 sec de piekwaarde van de test in de hal te behalen van 214,3 graden Celsius. Naar het einde van de test komen de temperaturen op 180 en 50 cm hoogte weer dicht bij elkaar.

De kritische temperatuur van 150 graden Celsius wordt op 50 cm hoogte in de hal bereikt op t=30 min 34 sec. Dat betekent dat qua temperatuur tot t=30 min 34 sec onbelemmerd gevluht en overleefd kon worden in hal. Na dit tijdstip was in de hal een niet meer overleefbare situatie.

### 19.4.3 Stralingswarmte

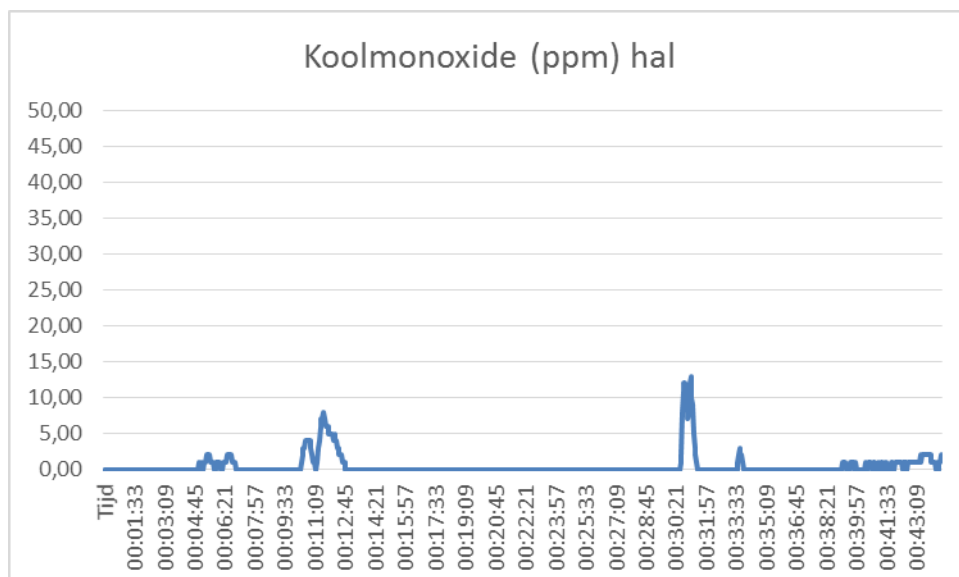


De stralingswarmte in de hal begint vanaf t=4 min 30 sec heel licht te stijgen en heeft dan een waarde van 0,1 kW/m<sup>2</sup>. Tot t=15 stijgt de stralingswarmte met kleine pieken tot een maximum van gemiddeld 2 kW/m<sup>2</sup> met een piek van 2,9 kW/m<sup>2</sup> op t=12 min 13 sec. Hierna neemt de stralingswarmte vrij constant af tot een waarde van gemiddeld 0,3 kW/m<sup>2</sup> op t=28 min 10 sec.

Vanaf t=29 min gaat de stralingswarmte stijgen, en bereikt op t=31 min 30 sec een piek van 10,3 kW/m<sup>2</sup>. Na deze piek daalt de stralingswarmte weer tot een waarde die fluctueert tussen de 5 en 7 kW/m<sup>2</sup> om vanaf t=41 weer te gaan stijgen en op t=42 min 43 sec een piek van 13,9 kW/m<sup>2</sup> te bereiken.

De grenswaarde op de factor stralingswarmte voor onbelemmerd vluchten van 2 kW/m<sup>2</sup> wordt in de overloop op t=12 min 22 sec overschreden. De grenswaarde van 6 kW/m<sup>2</sup> voor een niet meer overleefbare situatie wordt in de overloop op t=30 min 28 sec bereikt.

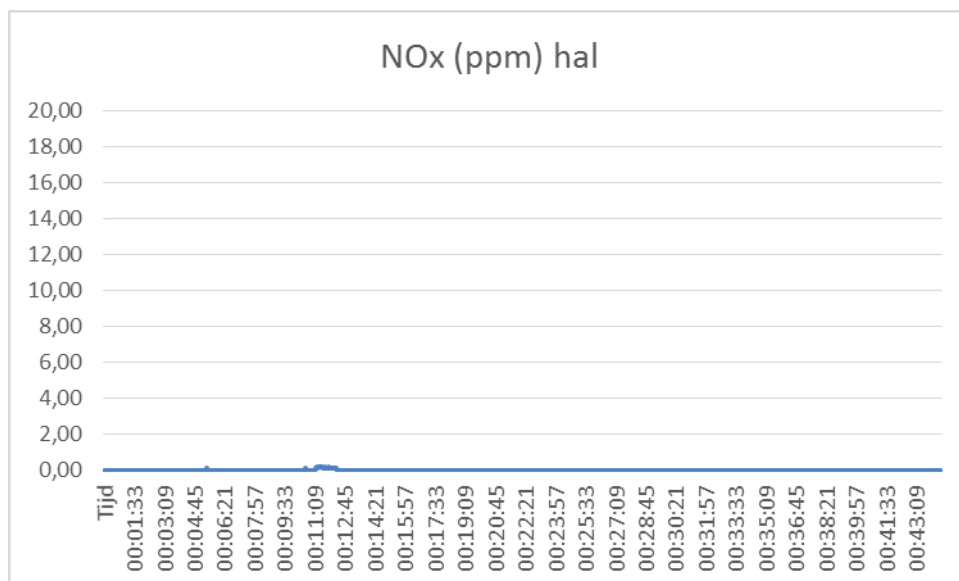
### 19.4.4 Koolmonoxide



In de hal is de concentratie koolmonoxide vrijwel voortdurend 0 ppm, maar kent wel enige piekmomenten: op t=11 min 36 sec wordt kort 8 ppm bereikt en op t=31 min 9 sec wordt 13 ppm gehaald. Opmerkelijk is dat ná het sluiten van de haldeur op 28 min 10 sec er op t=31

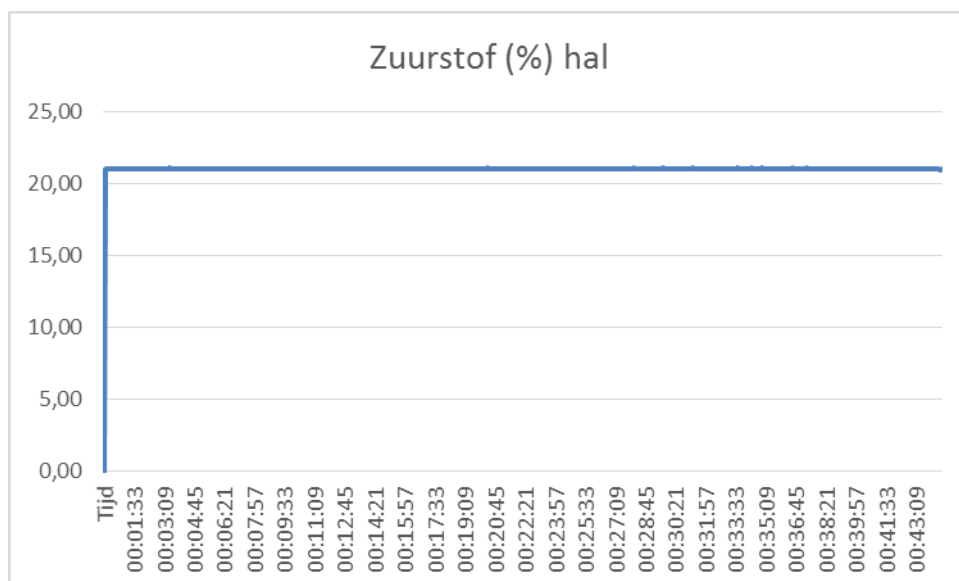
een piek in de concentratie koolmonoxide wordt bereikt. In de hal is tot einde test een ontvluchtbare en overleefbare situatie op de factor koolmonoxide.

### 19.4.5 NOx



Gedurende de test is er op de factor NOx nauwelijks sprake van enige sprake van een verhoogde concentratie en dus een ontvluchtbare en overleefbare situatie.

### 19.4.6 Zuurstof



Het percentage zuurstof in de hal blijft de gehele test (vrijwel) constant op 21%.

## 19.5 Woonkamer

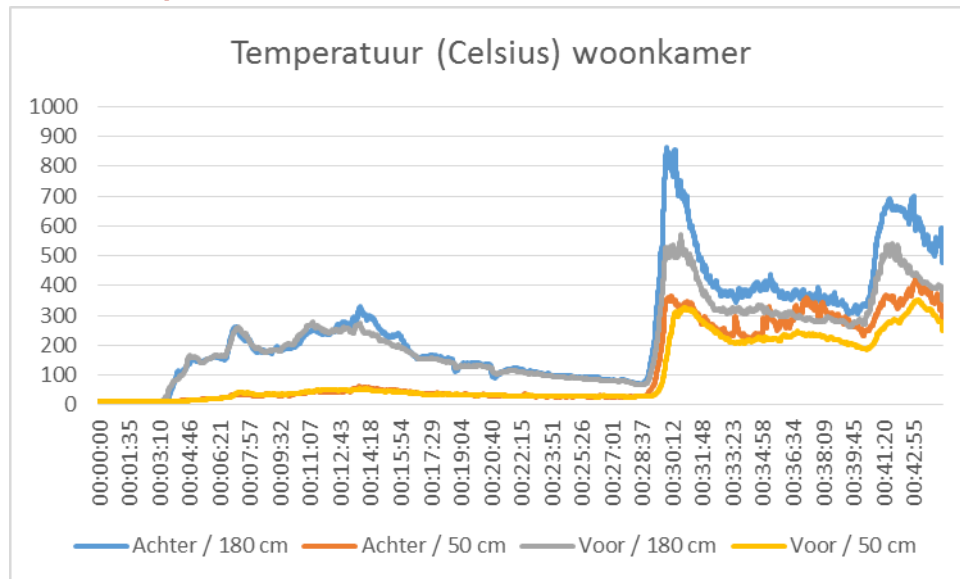
### 19.5.1 Vastgelegde visuele waarneming

Op t=2 na het ontsteken zijn er duidelijk vlammen zichtbaar achter de TV. Op t=3 beginnen de stoelen naast de TV fors uit te gassen en is het plafond in de kamer al grotendeels gevuld met zwarte rook. Op t=4 vliegen de gordijnen in brand. Op t=4 min 50 seconden vliegt de stoel naast de TV in brand, en tegelijk explodeert de beeldbuis van de TV. Bij t=5 ontstaan er barsten in de (kleine) ruit direct naast de TV. Op t=5 min 45 sec licht het binnenraam van de grote ruit achter de stoelen eruit. Op t=7 minuten is zichtbaar dat er allerlei roetdelen door



de ruimte zweven. Vrijwel exact 8 minuten na het begin van de brand, wordt deze uitslaand door het kleine raam achter de TV. Op de warmtebeeldcamera is dan zichtbaar dat (een deel van) de hete gassen via het kleine raam naar buiten ontsnappen en er wordt een afname van de temperatuur waargenomen. Op  $t=11$  is er een barst zichtbaar in de binnenruit aan de voorzijde van de woonkamer. De buitenruit van het achterraam sneuvelt voor  $\frac{1}{4}$  deel op  $t=14$ . Bij  $t=14$  min 50 sec ligt het grote achterraam er voor  $\frac{3}{4}$  uit. De vloer lijkt dan te branden. Een waarnemer geeft aan dat de warmte naar buiten ontsnapt, en tegelijk dat er amper rook zichtbaar is door een schone verbranding. Op  $t=28$  min 10 sec wordt de bank, een tafel en de boekenkast dichterbij de brand geplaatst en een minuut later is de voordeur gesloten. Binnen een minuut na het verplaatsen van de bank staat deze compleet in brand en drie minuten na het ontsteken van de bank is deze al grotendeels weg gebrand.

## 19.5.2 Temperatuur



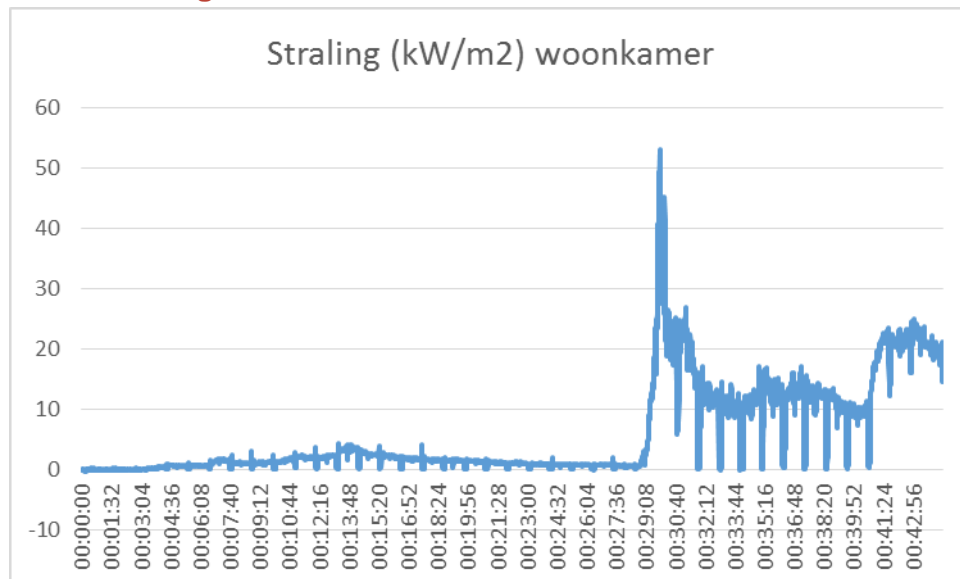
Na het ontsteken van de brand begint de temperatuur in de woonkamer vanaf  $t=3$  minuut 17 seconden op 180 cm hoogte significant te stijgen. Op  $t=7$  minuten 9 sec wordt een eerste piek bereikt van 262,7 graden Celsius. Na deze piek daalt de temperatuur iets, om vervolgens door te stijgen naar 298,6 graden Celsius op  $t=14$  min 14 sec. De temperatuur op 50 cm hoogte is dan gestegen tot 59 graden Celsius. Na de piek op  $t=14$  min 14 sec neemt de temperatuur in de woonkamer (180 cm) af tot 74,3 graden Celsius op  $t=28$  min 10 sec. Nadat op 28 min 10 sec nieuwe brandstof is geplaatst en de haldeur is gesloten, begint vanaf  $t=28$  min 40 sec de temperatuur te stijgen. Op  $t=29$  min 54 sec wordt dan 861 graden Celsius gemeten op 180 cm hoogte (achter in de woonkamer). Dat betekent dat in 1 minuut de temperatuur 787 graden Celsius is gestegen! Deze forse piek in de temperatuur vindt overigens met name aan de achterzijde van de woning plaats; aan de voorzijde wordt 'slechts' 500 graden Celsius gemeten. Op hoogte 50 cm is er weinig verschil in de temperatuur voor en achter in de woonkamer.

Na de piek op  $t=29$  min 54 sec daalt de temperatuur snel terug naar ongeveer 400 graden Celsius, om vanaf  $t=39$  min 45 sec weer op te lopen naar een nieuwe piek van 692,2 graden Celsius op  $t=41$  min 41 sec. Na deze piek loopt de temperatuur (met tussendoor een kleine piek) terug naar 475,6 graden Celsius bij einde test.

Afgezien van de piekmomenten verloopt de temperatuuropbouw tot de ingreep (plaatsen brandstof en sluiten haldeur) voor en achter in de woonkamer nagenoeg gelijk. Ná de ingreep zien we aanzienlijke verschillen tussen voor en achter in de woonkamer ontstaan, waarbij de temperatuur achter in de woonkamer duidelijk hoger is dan voor in de woonkamer.

De kritische temperatuur van 150 graden Celsius wordt op 180 cm hoogte in de hal bereikt op  $t=4$  min 55 sec. Dat betekent dat qua temperatuur tot  $t=4$  min 55 sec onbelemmerd gevluht en overleef kon worden vanuit de woonkamer. Op  $t=29$  min 33 sec wordt ook op hoogte 50 cm een temperatuur van 150 graden overschreden. Dat betekent dat vanaf dat moment in de woonkamer een niet meer overleefbare situatie was.

### 19.5.3 Stralingswarmte

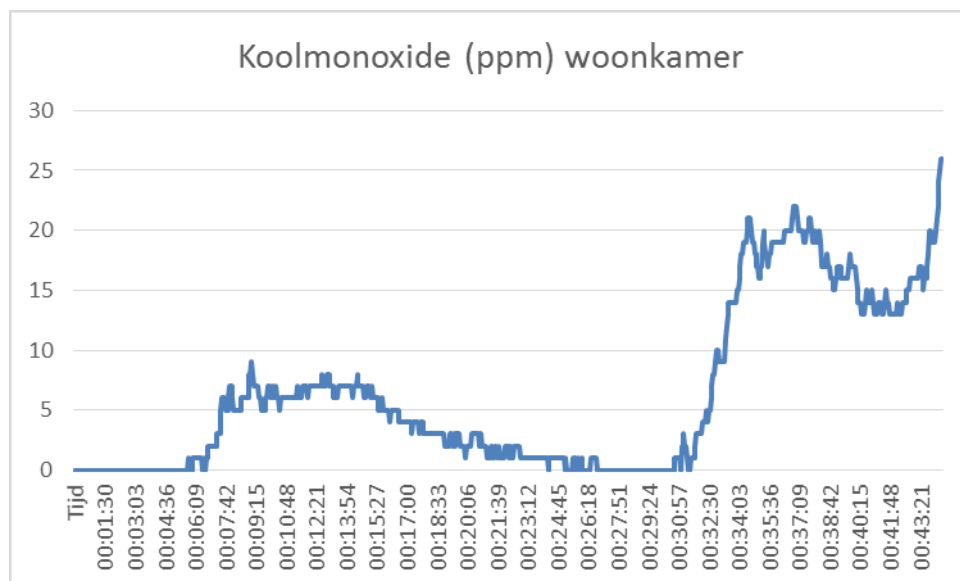


De stralingswarmte in de woonkamer begint vanaf  $t=3$  min 23 sec significant op te lopen van 0,1 kW/m<sup>2</sup> naar gemiddeld 3,6 kW/m<sup>2</sup> op  $t=13$  min 48 sec. Vanaf dat moment zakt de stralingswarmte geleidelijk terug naar 0,4 kW/m<sup>2</sup> op  $t=28$  min 10 sec.

Vanaf  $t=28$  min 10 sec stijgt de stralingswarmte van 0,4 kW/m<sup>2</sup> naar een piek van 53 kW/m<sup>2</sup> op  $t=28$  min 53 sec. Na deze piek daalt de stralingswarmte snel terug, en fluctueert dan 10 minuten tussen de 8 en 16 kW/m<sup>2</sup>. Vanaf  $t=40$  min 55 sec stijgt de straling weer, om tussen  $t=41$  en einde test tussen de 19 en 23 kW/m<sup>2</sup> te fluctueren.

De grenswaarde op de factor stralingswarmte voor onbelemmerd vluchten van 2 kW/m<sup>2</sup> wordt in de woonkamer op  $t=11$  overschreden. De grenswaarde van 6 kW/m<sup>2</sup> voor een niet meer overleefbare situatie wordt in de woonkamer op  $t=29$  min 16 sec bereikt.

### 19.5.4 Koolmonoxide

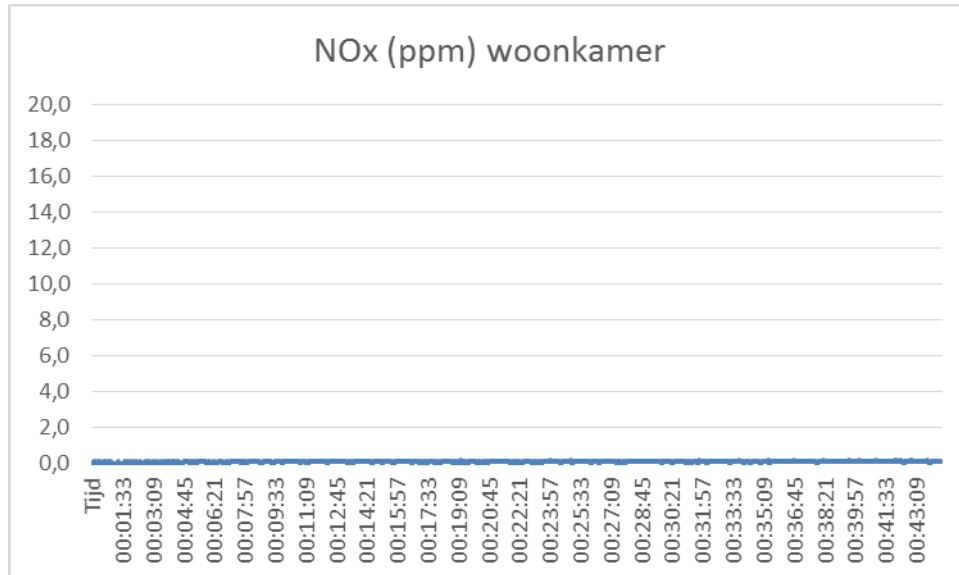


In de woonkamer blijft de concentratie koolmonoxide de eerste zes minuten 0 ppm en begint daarna (langzaam) op te lopen naar een piek van 9 ppm op t=9. Hierna zakt de concentratie koolmonoxide weer terug naar 0 ppm op t=28 min 10 sec.

Vanaf t=30 min 45 sec gaat de concentratie weer oplopen, en bereikt op t=37 een piek van 22 ppm. Bij einde test bedraagt de concentratie koolmonoxide 26 ppm.

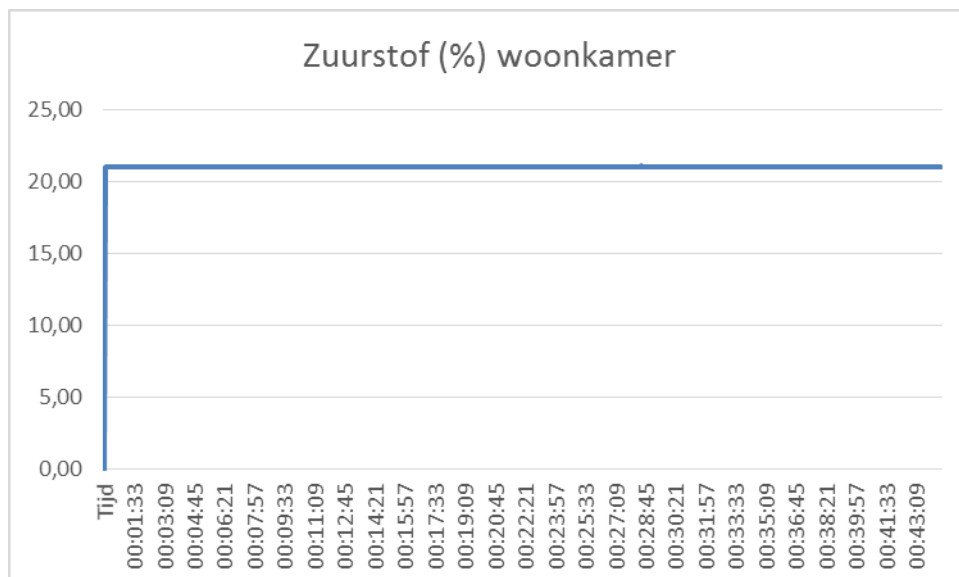
In de woonkamer is tot einde test een ontvluchtbare en overleefbare situatie op de factor koolmonoxide.

### 19.5.5 NOx



Gedurende de test is er op de factor NOx nauwelijks sprake van enige sprake van een verhoogde concentratie en dus een ontvluchtbare en overleefbare situatie.

### 19.5.6 Zuurstof



Het percentage zuurstof in de woonkamer blijft de gehele test (vrijwel) constant op 21%.

# 20Bijlage 6: metingen test 6

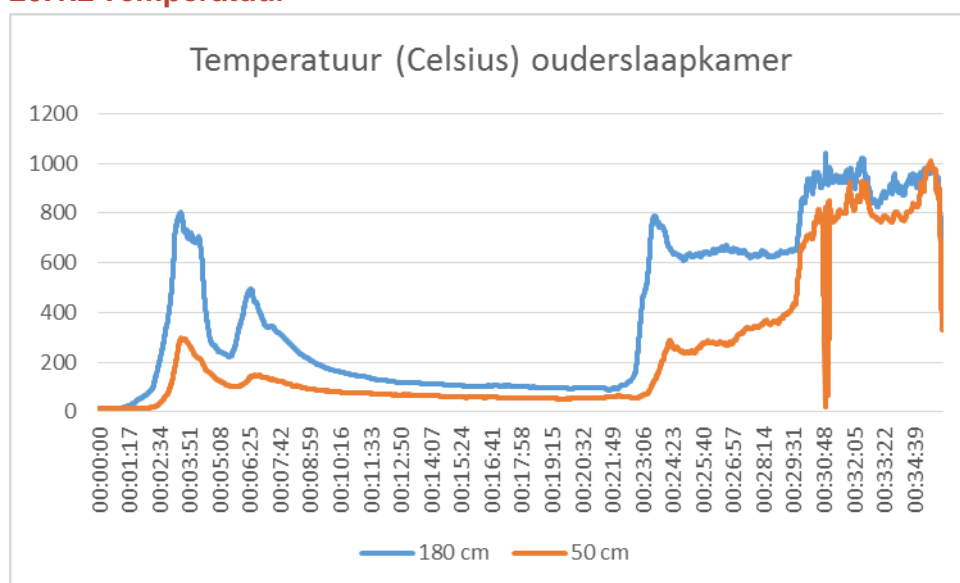
## 20.1 Ouderslaapkamer (brandruimte)

### 20.1.1 Vastgelegde visuele waarneming

De brand wordt ontstoken op een laag hangende hoek van het dekbed die bijna de grond raakt. Op t=1 minuut zijn er al vlammen zichtbaar op de bovenzijde van het dekbed. De rest van het dekbed is dan al aanzienlijk uit aan het gassen. Op t=1 min 40 seconden reikt de rooklaag in de ouderslaapkamer al tot de 180 cm marker. De ruimte vult zich snel met zwarte rook en er druipt brandende (vloeibare) dekbeddelen op het vloerkleed dat mee begint te branden. Op t=2 minuten lijkt de rook zich meer te verspreiden richting de overloop dan richting het (openstaande) raam. Op dat moment reikt de rooklaag aan de zijde van de overloop tot op 50 cm van de vloer; aan de raamzijde is er nog 75 a 90 cm vrije ruimte. Er staan dan vlammen van 1 meter hoog op het dekbed. Vanaf t=3 beginnen vlammen het plafond te bereiken. Tegelijk neemt de hoeveelheid zwarte rook toe, en zakt de rooklaag steeds verder richting de vloer. Op t=3 min 20 sec begint de rooklaag tegen het plafond te ontsteken. Vanaf 4 minuut 10 seconden begint de brand in heftigheid af te nemen. Op t=4 min 28 sec barst een openstaand slaapkamerraam. Op t=5 min is een groot deel van de intensiteit van de brand weg en is de ruimte vrijwel volledig gevuld met dikke zwarte rook. Op t=9 min 41 sec is er een barst in het middelste slaapkamerraam zichtbaar. Vanaf t=10 minuten neemt de dichtheid van de rooklaag af: rookmarkers worden weer zichtbaar. Het enige dat brandt zijn resten van het bed. Op t=22 minuten wordt de klerenkast met inhoud bij de brandhaard geplaatst. Dan is er een snelle brandontwikkeling zichtbaar: op t=23 min reiken er alweer vlammen tot het plafond. Er is dan enig zicht in de ouderslaapkamer. Op t=24 minuten brandt een groot deel van de klerenkast. Op t=25 minuten reikt de rooklaag tot circa 30 a 40 cm van de vloer. Op t=29 min 45 sec vliegt plots een groot deel van de kamer in brand. Op t=29 min 49 sec is er een uitslaande brand vanuit de ouderslaapkamer zichtbaar.

Achteraf is geconstateerd dat het isolatie piepschuim tussen buitenmuur en gipsplaat volledig is weggebrand en dus heeft bijgedragen aan de brand.

### 20.1.2 Temperatuur



Na het ontsteken van de brand is er in de ouderslaapkamer op 180 cm hoogte sprake van een zeer snel stijgende temperatuur: op t=0 min 39 sec bedraagt de temperatuur 14,1 graden Celsius en op:

- t=1 min 39 sec: 49,6 graden Celsius (opbouw van 35,5 graden in 1 minuut);
- t=2 min 39 sec: 234,3 graden Celsius (opbouw van 184,7 graden in 1 minuut);
- t=3 min 39 sec: 730,2 graden Celsius (opbouw van 495,9 graden in 1 minuut).

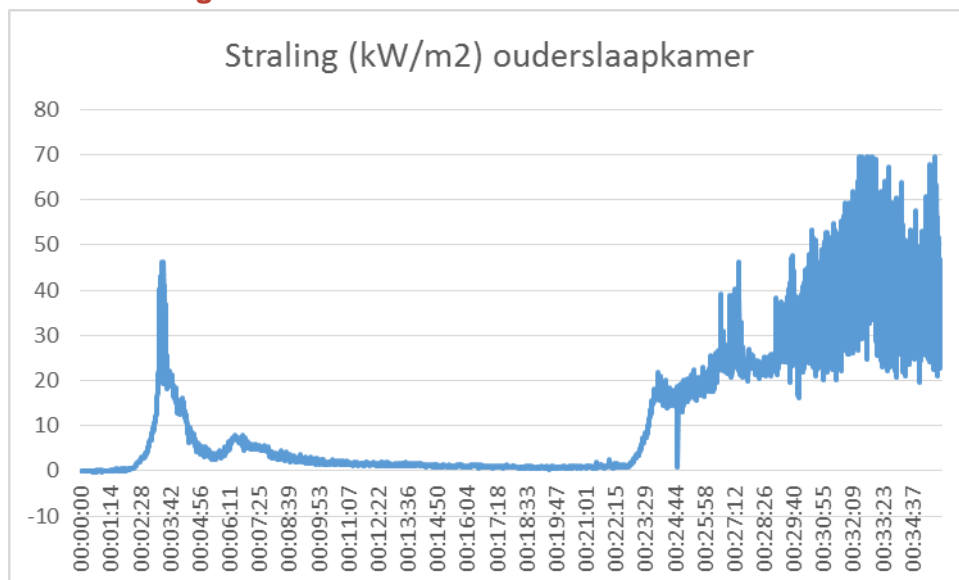
Op t=3 min 29 sec is dan de piek bereikt van 801,5 graden Celsius. Na deze piek daalt de temperatuur (snel) tot 223,2 graden Celsius op t=5 min 31 sec, om vervolgens weer te stijgen tot 494,4 graden Celsius op t=6 min 29 sec. Na deze tweede piek neemt de temperatuur behoorlijk constant af tot 87,7 graden Celsius op t=21 min 40 sec. Vanaf 21 min 40 sec stijgt de temperatuur: eerst langzaam en dan snel tot 787,1 graden Celsius op t=23 min 39 sec. Na deze piek daalt de temperatuur terug en fluctueert tot t=29 min 39 sec tussen de 620 en 660 graden Celsius. Na t=29 min 39 sec stijgt de temperatuur door tot een piekwarmte van 1042 graden Celsius op t=30 min 52 sec.

Op 50 cm hoogte is de temperatuuroopbouw meer geleidelijk en minder extreem dan op 180 cm hoogte: de temperatuuroopbouw begint op t=1 min 19 sec vanaf 14,2 graden Celsius en bereikt op t=3 min 30 een waarde van 295,8 graden Celsius. Hierna zakt de temperatuur terug naar 57 graden Celsius op t=22 min 47 sec, met een tussentijdse kleine piek van 147,6 graden Celsius op t=6 min 37 sec.

Op 50 cm hoogte begint de temperatuur vanaf t=23 min weer -enigszins fluctuerend- te stijgen, om bij t=35 min 20 sec 1011 graden Celsius te halen.

De kritische temperatuur van 150 graden Celsius wordt op 180 cm hoogte in de ouderslaapkamer bereikt op t=2 min 27 sec. Dat betekent dat qua temperatuur tot 2 min 27 sec onbelemmerd gevluht kon worden vanuit de ouderslaapkamer. Op t=3 min 10 sec wordt ook op hoogte 50 cm een temperatuur van 150 graden overschreden. Dat betekent dat vanaf dat moment in de ouderslaapkamer een niet meer overleefbare situatie was.

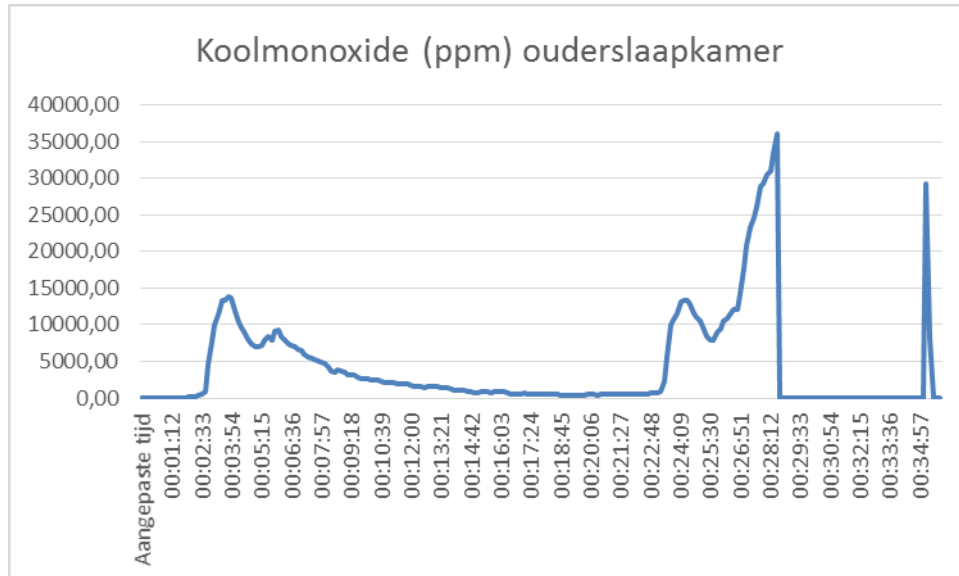
### 20.1.3 Stralingswarmte



Na t=1 min 12 sec begint de stralingswarmte op te lopen van 0,1 a 0,2 kW/m2 naar een piek van 46,2 kW/m2 op t= 3 min 22 sec. Hierna loopt de stralingswarmte weer snel terug tot 2,5 kW/m2 op t=5 min 28 sec, om vervolgens nog kort op te lopen naar 7,9 kW/m2 op t=6 min 25 sec. De stralingswarmte neemt daarna af tot (gemiddeld) 1 kW/m2 op t=22 min 40 sec. Vanaf t=22 min 40 sec neemt de stralingswarmte weer toe, om een piek van 61,8 kW/m2 te bereiken op t=30 min 29 sec.

De grenswaarde op de factor stralingswarmte voor onbelemmerd vluchten van 2 kW/m<sup>2</sup> wordt in de ouderslaapkamer op t=2 min 24 sec overschreden. De grenswaarde van 6 kW/m<sup>2</sup> voor een niet meer overleefbare situatie wordt in de ouderslaapkamer op t=2 min 51 sec bereikt.

#### 20.1.4 Koolmonoxide

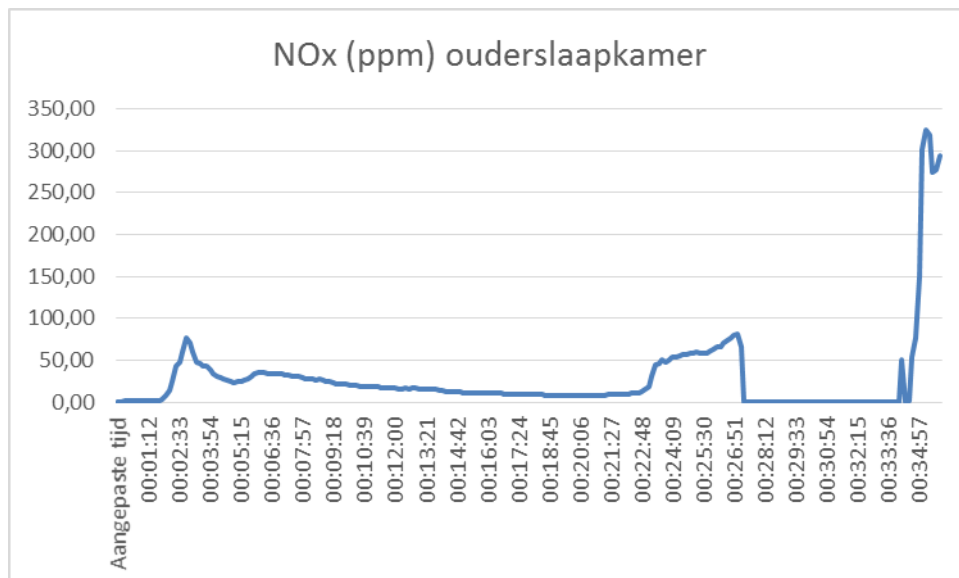


Een minuut na het ontsteken van de brand begint de concentratie koolmonoxide snel op te lopen: Op t=3 min wordt er al een waarde van 7779 ppm koolmonoxide gemeten. Deze waarde stijgt snel door naar een piek van 13839 ppm op t=3 min 45 sec. Hierna neemt de concentratie koolmonoxide iets af tot 6992 ppm op t=4 min 57 sec om vlak daarna op t=6 min weer even 9204 ppm te bedragen. Daarna loopt de concentratie terug tot 487 ppm op t=22 min 12 sec. Vanaf t=22 min 21 sec loopt de concentratie koolmonoxide weer snel op: Op t=24 min 18 sec wordt 13328 ppm gemeten. Vervolgens is er een kleine daling van de concentratie om daarna zeer snel op te lopen en op t=28 min 30 sec 36050 ppm te bereiken.

Na dit tijdstip valt de meetapparatuur enige tijd uit, maar herstelt zich weer vlak voor einde test. Aangezien de meetapparatuur dan niet meer betrouwbaar wordt geacht, worden ook de meetwaarden vanaf t=28 min 30 sec niet meer betrouwbaar geacht.

Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevlucht worden vanaf t= 3 min 9 sec. Verondersteld wordt dat de kans op overleving op t=6 min 9 sec sterk is afgenomen.

## 20.1.5 NOx



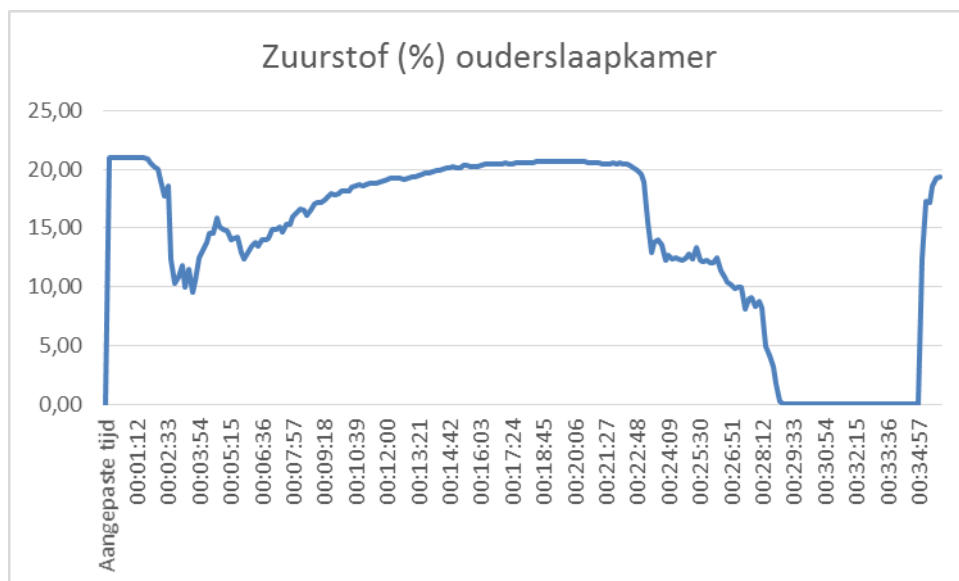
De concentratie NOx op de ouderslaapkamer begint vrijwel direct na het ontsteken van de brand langzaam op te lopen. Vanaf t=1 min 39 sec begint de concentratie sneller op te lopen: van 3 ppm op t=1 min 48 sec naar 76,5 ppm op t=2 min 51 sec. Na deze piek neemt de concentratie NOx af tot een waarde van 8 ppm op t=21 min 09 sec, met een enkele kleine piek van 36 ppm op t=6 min 9 sec.

Na t=21 min 18 sec gaat de concentratie weer snel oplopen en bereikt op t=27 een piek van 81 ppm.

Na dit tijdstip valt de meetapparatuur enige tijd uit, maar herstelt zich weer vlak voor einde test. Aangezien de meetapparatuur dan niet meer betrouwbaar wordt geacht, worden ook de meetwaarden vanaf t=28 min 30 sec niet meer betrouwbaar geacht.

Op basis van de gemeten NOx-concentraties treedt snel vluchthinder op. AEGL-2 voor 10 minuten wordt overschreden vanaf t=2min 15 sec en AEGL-3 voor 10 minuten vanaf t=2 min 24 sec. Verondersteld wordt dat de kans op overleving daarmee op t=12 min 24 sec fors is afgenomen. Mogelijk kan een bewoner nog wel vertraagd vluchten, maar kan ten gevolge van de blootstelling aan NOx later nog sterfte optreden.

## 20.1.6 Zuurstof



Na t=1 min 57 sec gaat het percentage zuurstof significant afnemen en daalt dan snel naar 9,48% op t=3 min 36 sec. Hierna neemt het percentage zuurstof weer snel toe en af (15,83% op t=4 min 39 sec, 12,35% op t=5 min 51 sec) om daarna geleidelijk op te lopen naar een vrij constante concentratie van (gemiddeld) 20,66% tussen t=18 min 27 sec en t=20 min 33 sec). Hierna daalt het percentage zuurstof sterk: naar 12,24% op t=24 en dan 4,17% op t=28 min 30 sec.

Na dit tijdstip valt de meetapparatuur enige tijd uit, maar herstelt zich weer vlak voor einde test. Aangezien de meetapparatuur dan niet meer betrouwbaar wordt geacht, worden ook de meetwaarden vanaf t=28 min 30 sec niet meer betrouwbaar geacht.

De grenswaarde op de factor zuurstof voor veilig vluchten (14% zuurstof) wordt onderschreden op t=2 min 42 sec en de grenswaarde voor overleven (6%) wordt pas onderschreden op t=28 min 21 sec. Het effect van de asfyxiërende stoffen wordt versterkt door het lage zuurstofpercentage.

## 20.2 Overloop

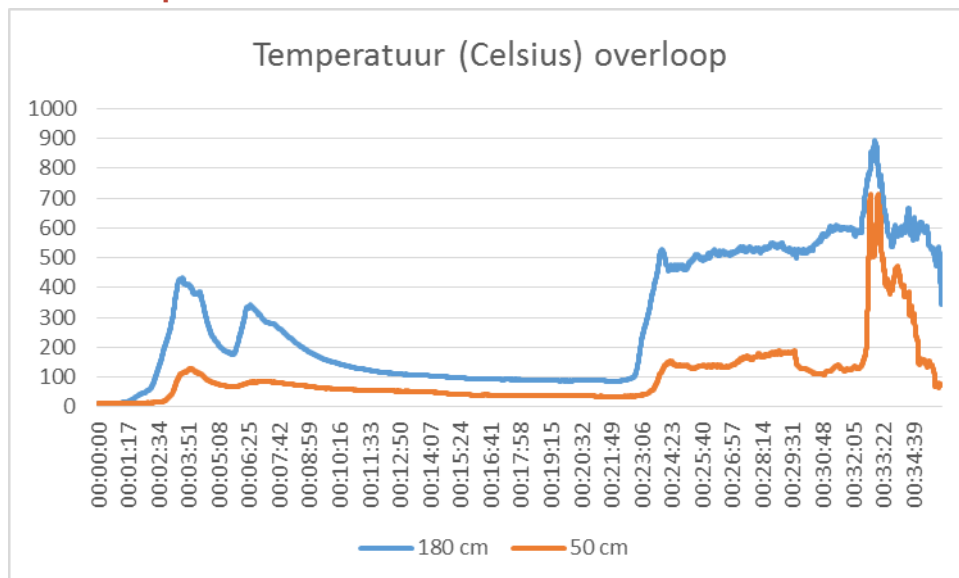
### 20.2.1 Vastgelegde visuele waarneming

Al op t=1 min begint de eerste rook van de ouderslaapkamer de overloop binnen te stromen. De rook verspreidt zich snel: op t=2 min is de hoogte van 180 cm hoogte al niet meer rookvrij. Op t=3 min is er nog een rookvrije ruimte van 30 cm boven de vloer. Op t=3 min 20 sec bereikt de (zwarte) rooklaag de vloer van de bovenverdieping. Vanaf t=3 min 50 sec trekt de rooklaag weer enkele centimeters op, zodat het trapgat weer zichtbaar wordt. Enkele seconden later zakt de rooklaag weer, en deze fluctuatie van de rooklaag herhaalt zich tot t=: dan blijft het trapgat constant zichtbaar en stabiliseert de rooklaag zich op 20 cm boven de vloer. Vanaf t=9 min 30 sec wordt de rooklaag minder dik: er is weer licht zichtbaar dat door het veluxraam naar binnen schijnt. Op t=18 min trekt de rook op de overloop op en wordt minder dik.

Een minuut na het verplaatsen van de klerenkast neemt de dikte van de rook op de overloop toe, en zijn de eerste vlammen zichtbaar die vanuit de ouderslaapkamer de overloop inkomen. Op t=24 min 30 sec is er een luchtstroom op de overloop zichtbaar in de richting van de ouderslaapkamer. Er is redelijk goed zicht op de overloop en er is een rookvrije laag van zeker 30 cm. De was op de overloop dampd dan behoorlijk uit. Op t=29 min 5 sec ontstaat er een breuk in het veluxraam op de overloop. Op t=29 min 30 sec is de intensiteit van de brand op de ouderslaapkamer zichtbaar minder: er zijn geen vlammentongen langs het plafond meer zichtbaar. Op 29 min 40 sec is er een duidelijk andere luchtstroom: deze komt vanuit het trapgat. Vanaf t=29 min 50 sec is zichtbaar dat de brand fors in intensiteit zichtbaar: vlammen beginnen een veel lichtere kleur te krijgen. Vanaf t=30 min 30 sec is er weer een duidelijke luchtstroom naar de ouderslaapkamer zichtbaar. Deze heeft bijna de vorm van de slurf van een (horizontale) spiraal. Op t=32 min ontsteekt de was die op de overloop ligt. Voor de rest zijn er dan op de overloop nog relatief weinig vlammen zichtbaar. Op t=32 min 40 sec ontsteekt het schilderij op de overloop. Vanaf t=32 min 42 sec vindt er op de overloop een flashover plaats: de gehele ruimte inclusief de vloer wordt ontstoken. Op t=33 min 27 sec wordt de brand uitslaand via het veluxraam.



## 20.2.2 Temperatuur



Na het ontsteken van de brand is er in de overloop op 180 cm hoogte sprake van een zeer snel stijgende temperatuur: op t=0 min 39 sec bedraagt de temperatuur 14,1 graden Celsius en op:

- t=1 min 39 sec: 35,6 graden Celsius (opbouw van 25,5 graden in 1 minuut);
- t=2 min 39 sec: 148,5 graden Celsius (opbouw van 123 graden in 1 minuut);
- t=3 min 39 sec: 428 graden Celsius (opbouw van 279,5 graden in 1 minuut).

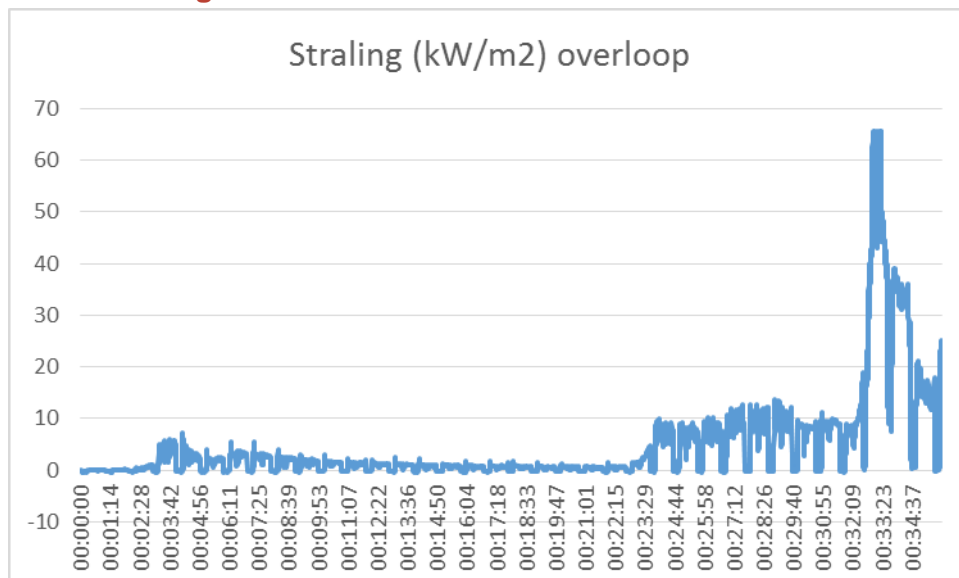
Op t=3 min 35 sec is dan de piek bereikt van 433,8 graden Celsius. Na deze piek daalt de temperatuur (snel) tot 176,3 graden Celsius op t=5 min 42 sec, om vervolgens weer te stijgen tot 341,7 graden Celsius op t=6 min 28 sec. Na deze tweede piek neemt de temperatuur behoorlijk constant af tot 85,7 graden Celsius op t=22 min 3 sec. Vanaf 22 min 4 sec stijgt de temperatuur: eerst langzaam en dan snel tot 528,7 graden Celsius op t=23 min 59 sec. Na deze piek daalt de temperatuur iets terug om vervolgens langzaam door te stijgen naar 588 graden Celsius op t=32 min 27 sec. Na t=32 min 28 sec stijgt de temperatuur snel door tot een piekwarmte van 893,3 graden Celsius op t=33 min.

Op 50 cm hoogte is de temperatuuropbouw meer geleidelijk en minder extreem dan op 180 cm hoogte: de temperatuuropbouw begint op t=1 min 52 sec vanaf 14,5 graden Celsius en bereikt op t=3 min 41 een waarde van 120,2 graden Celsius. Hierna zakt de temperatuur vrijwel geleidelijk terug naar een licht fluctuerende 37 graden Celsius op t=23 min.

Op 50 cm hoogte begint de temperatuur vanaf t=23 min weer -enigszins fluctuerend- te stijgen. Vanaf t=32 min 23 sec begint de temperatuur op 50 cm hoogte (ongeveer 130 graden) snel te stijgen naar 714 graden Celsius op t=32 min 49 sec. Dat is een temperatuurstijging van 584 graden Celsius in 26 (!! ) seconden.

De kritische temperatuur van 150 graden Celsius wordt op 180 cm hoogte in de overloop bereikt op t=3 min 10 sec. Dat betekent dat qua temperatuur tot 3 min 10 sec onbelemmerd gevluht kon worden vanuit de overloop. Op t=27 min 9 sec wordt ook op hoogte 50 cm een temperatuur van 150 graden overschreden. Dat betekent dat vanaf dat moment in de overloop een niet meer overleefbare situatie was.

### 20.2.3 Stralingswarmte

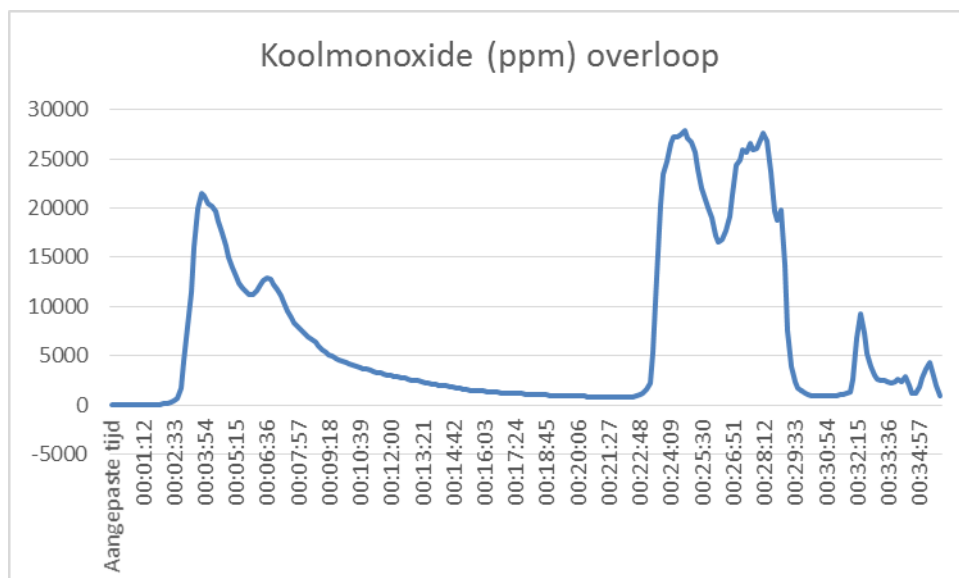


Na t=2 min 18 sec begint de stralingswarmte op te lopen naar 0,1 a 0,2 kW/m<sup>2</sup>. Op t=3 min 30 sec wordt een korte piek van 5,8 kW/m<sup>2</sup> bereikt. Hierna loopt de stralingswarmte weer snel terug tot gemiddeld 0,5 kW/m<sup>2</sup> op t=22 min 40 sec.

Vanaf t=22 min 57 sec neemt de stralingswarmte weer toe: eerst geleidelijk fluctuerend tussen de 7 en 12 kW/m<sup>2</sup> en vanaf t=32 min 32 sec naar een piek van 65,7 kW/m<sup>2</sup> op t=32 min 59 sec.

De grenswaarde op de factor stralingswarmte voor onbelemmerd vluchten van 2 kW/m<sup>2</sup> wordt in de overloop op t=3 min 15 sec overschreden. De grenswaarde van 6 kW/m<sup>2</sup> voor een niet meer overleefbare situatie wordt in de overloop op t=23 min 57 sec bereikt.

### 20.2.4 Koolmonoxide



Vanaf t=1 min 48 sec begint de waarde koolmonoxide snel op te lopen:

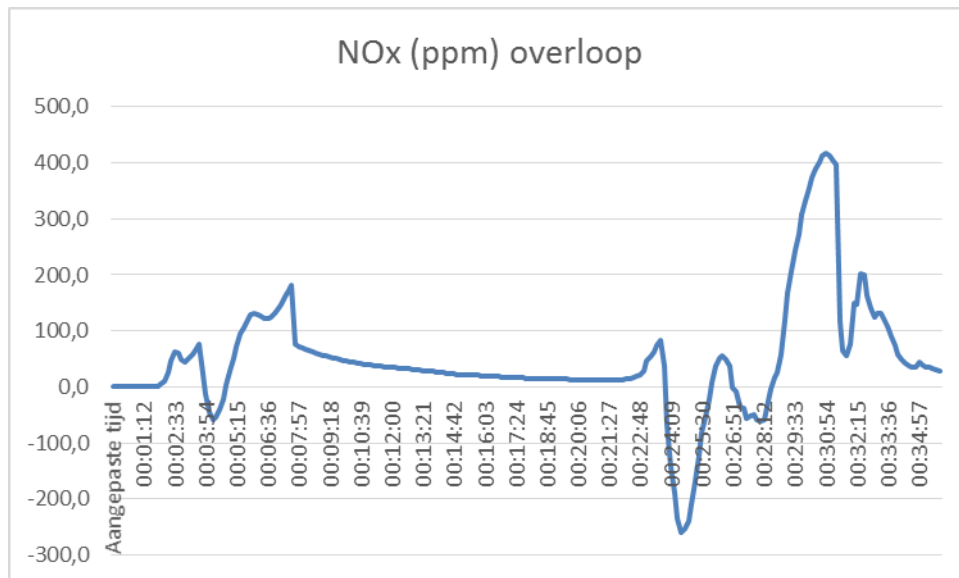
- Op t=1 min 48 sec wordt er een waarde van 3 ppm gemeten
- Op t=2 min 42 sec wordt er een waarde van 621 ppm gemeten
- Op t=3 min 45 sec wordt er een waarde van 21516 ppm gemeten. Dit is tevens de eerste piekwaarde.

In een tijdsbestek van 1 minuut stijgt de concentratie koolmonoxide dus 20891 ppm!!

Op t=3 min 12 sec wordt de eerste piekwaarde van 22448 ppm gemeten. Hierna zakt de concentratie behoorlijk gestaag terug naar 413 ppm op t=21 min 30 sec. Hierna stijgt de concentratie weer pijlsnel: op t=25 min 12 sec wordt een piek bereikt van 36494 ppm. De concentratie zakt dan snel terug naar 16499 ppm (t=26 min 15 sec) om daarna weer te stijgen tot 27682 ppm op t=28 min 12 sec. Na deze piek daalt de concentratie snel terug tot 900 ppm op t=31 min 3 sec. Vanaf t=31 min 57 sec stijgt de concentratie weer.

Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevlucht worden vanaf t= 3 min 18 sec. Verondersteld wordt dat de kans op overleving op t=6 min 18 sec sterk is afgenomen.

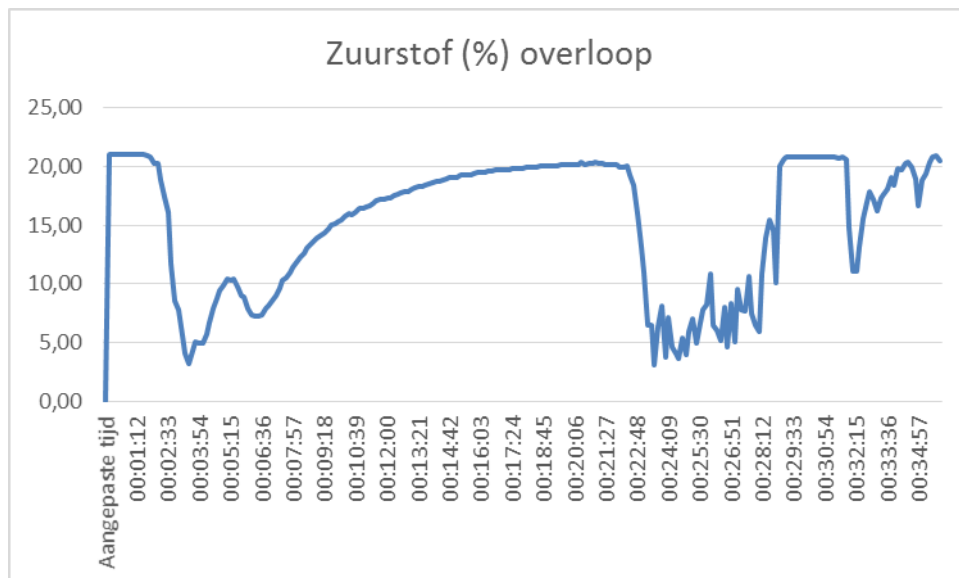
### 20.2.5 NOx



Vanwege de twee negatieve uitschieters van de meetwaarden koolmonoxide worden deze met enige terughoudendheid gezien. Toch kunnen er een aantal relevante waarden worden ontleend aan de grafiek:

Op basis van de gemeten NOx-concentraties treedt snel vluchthinder op. AEGL-2 voor 10 minuten wordt overschreden vanaf t=2 min 15 sec en AEGL-3 voor 10 minuten vanaf t=2 min 24 sec. Verondersteld wordt dat de kans op overleving daarmee op t=12 min 24 sec fors is afgenomen. Mogelijk kan een bewoner nog wel vertraagd vluchten, maar kan ten gevolge van de blootstelling aan NOx later nog sterfte optreden.

## 20.2.6 Zuurstof



Na start test blijft het percentage zuurstof op de overloop tot t=1 min 39 sec vrijwel constant op 21%, om daarna scherp te dalen tot 3,2% op t=3 min 27 sec. Daarna stijgt het percentage weer tot 10,45% op t=5 min 24 sec om vervolgens weer te dalen tot 7,2% op t=6 min 18 sec. Na dit tijdstip is het percentage zuurstof tussen t=18 min 36 sec en t=21 min 54 sec stabiel rond de 20,2%. Vanaf t=22 min 21 sec daalt de concentratie zuurstof sterk naar 3,14% op t=23 min 33 sec. Vanaf t=23 min is er dan een behoorlijk fluctuerend zuurstofpercentage dat licht oploopt. Vanaf t=28 min 57 sec stijgt het zuurstofpercentage plots weer naar normale waarden (boven de 20,5%). Op t=31 min 57 sec is er dan opeens weer een daling van het percentage zuurstof; op t=32 min 15 sec wordt een waarde van 11,06% gemeten. Tot einde test neemt hierna het percentage zuurstof –licht fluctuerend– toe.

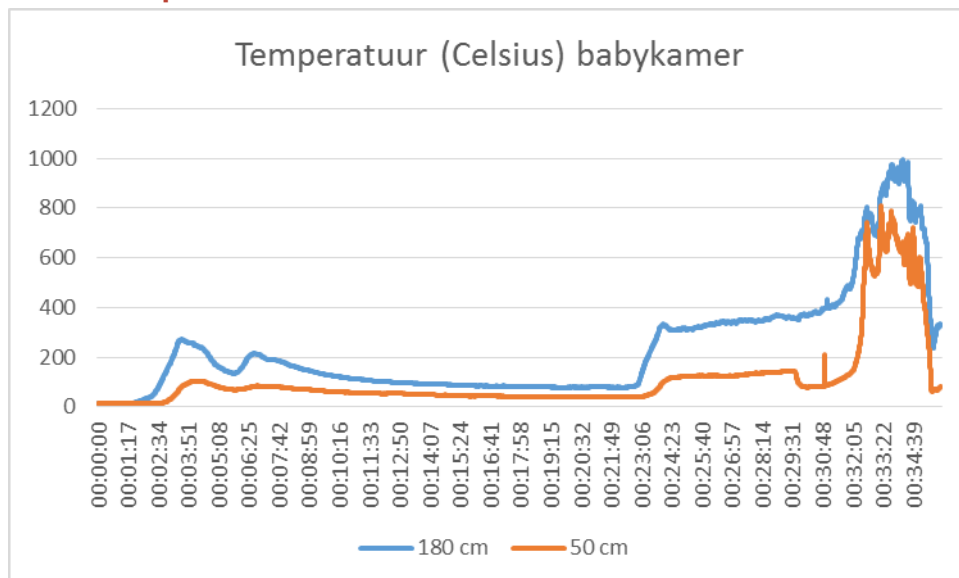
De grenswaarde op de factor zuurstof voor veilig vluchten (14% zuurstof) wordt onderschreden op t=2 min 42 sec en de grenswaarde voor overleven (6%) wordt onderschreden op t=3 min 9 sec. Het effect van de asfyxiërende stoffen wordt versterkt door het extreem lage zuurstofpercentage.

## 20.3 Babykamer

### 20.3.1 Vastgelegde visuele waarneming

Op t=1 min 30 sec komt de eerste rook de babykamer binnen. Dit gaat erg snel: Op t=2 min is het plafond van de babykamer al gevuld met zwarte rook en op t=2 min 30 is er nog maar 150 cm rookvrije ruimte boven de vloer. Op t=3 min is er bijna een volledige 'blackout' in de babykamer door de rook. Op t=32 min 12 sec is de brand uitslaand geworden op de babykamer.

## 20.3.2 Temperatuur



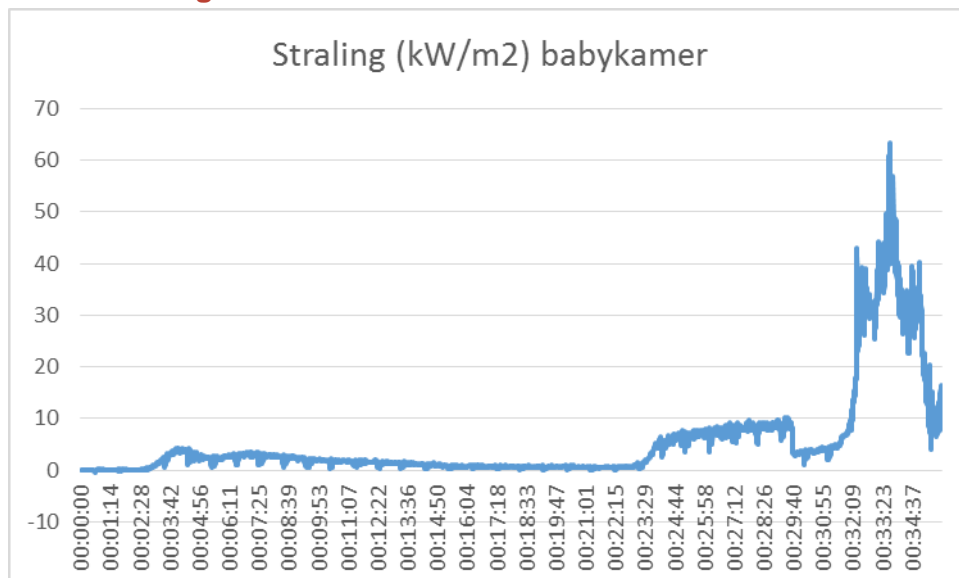
Na het ontsteken van de brand is er in de babykamer op 180 cm hoogte sprake van een snel stijgende temperatuur: op t=0 min 39 sec bedraagt de temperatuur 13,8 graden Celsius en op:

- t=1 min 39 sec: 19,2 graden Celsius (opbouw van 5,4 graden in 1 minuut);
- t=2 min 39 sec: 96,1 graden Celsius (opbouw van 76,9 graden in 1 minuut);
- t=3 min 39 sec: 268 graden Celsius (opbouw van 171,9 graden in 1 minuut).

Op t=3 min 38 sec is dan de piek bereikt van 269,1 graden Celsius. Na deze piek daalt de temperatuur (snel) tot 135,3 graden Celsius op t=5 min 47 sec, om vervolgens weer te stijgen tot 2125,8 graden Celsius op t=6 min 30 sec. Na deze tweede piek neemt de temperatuur behoorlijk constant af tot 79 graden Celsius op t=22 min 4 sec. Vanaf 22 min 33 sec stijgt de temperatuur: eerst langzaam en dan snel tot 333,9 graden Celsius op t=24 min 1 sec. Na deze piek daalt de temperatuur iets terug om vervolgens langzaam door te stijgen naar 804,8 graden Celsius op t=32 min 40 sec. Na t=32 min 40 sec daalt de temperatuur tot 329,3 graden bij einde test.

De kritische temperatuur van 150 graden Celsius wordt op 180 cm hoogte in de babykamer bereikt op t=2 min 56 sec. Dat betekent dat qua temperatuur tot 2 min 56 sec onbelemmerd gevluht kon worden vanuit de babykamer. Op t=32 min 7 sec wordt ook op hoogte 50 cm een temperatuur van 150 graden overschreden. Dat betekent dat vanaf dat moment in de babykamer een niet meer overleefbare situatie was.

### 20.3.3 Stralingswarmte

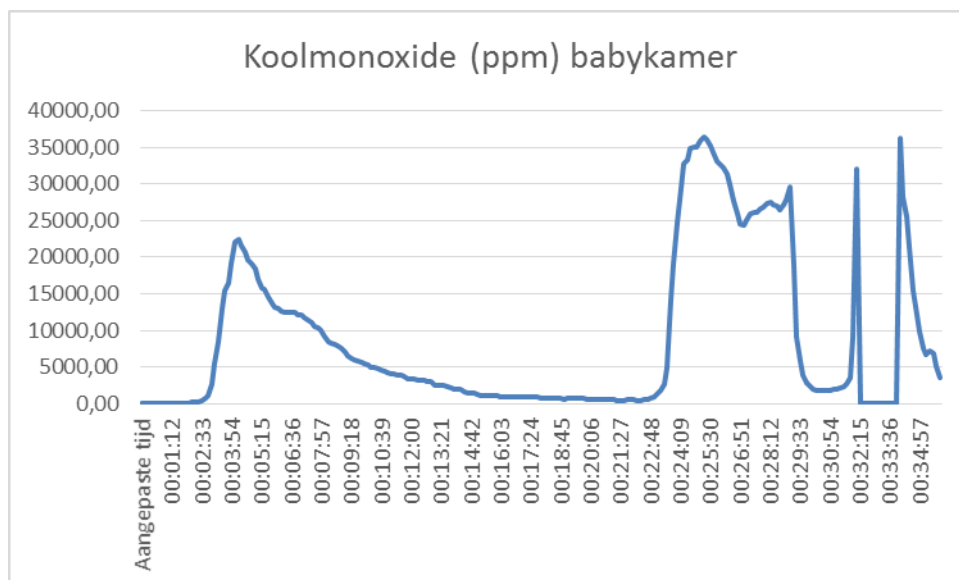


Na t=2 min 25 sec begint de stralingswarmte op te lopen naar 0,1 a 0,2 kW/m2. Op t=3 min 58 sec wordt een korte piek van 4,2 kW/m2 bereikt. Hierna loopt de stralingswarmte weer fluctuerend terug tot gemiddeld 0,6 kW/m2 op t=22 min 40 sec.

Vanaf t=23 min 2 sec neemt de stralingswarmte weer toe: eerst geleidelijk fluctuerend tussen de 6 en 10 kW/m2 en vanaf t=32 min 07 sec naar een piek van 42,9 kW/m2 op t=32 min 20 sec en daarna een piek van 63,3 kW/m2 op t=33 min 43 sec,

De grenswaarde op de factor stralingswarmte voor onbelemmerd vluchten van 2 kW/m2 wordt in de babykamer op t=3 min 23 sec overschreden. De grenswaarde van 6 kW/m2 voor een niet meer overleefbare situatie wordt in de babykamer op t=24 min 40 sec bereikt.

### 20.3.4 Koolmonoxide



Vanaf t=1 min 48 sec begint de waarde koolmonoxide snel op te lopen:

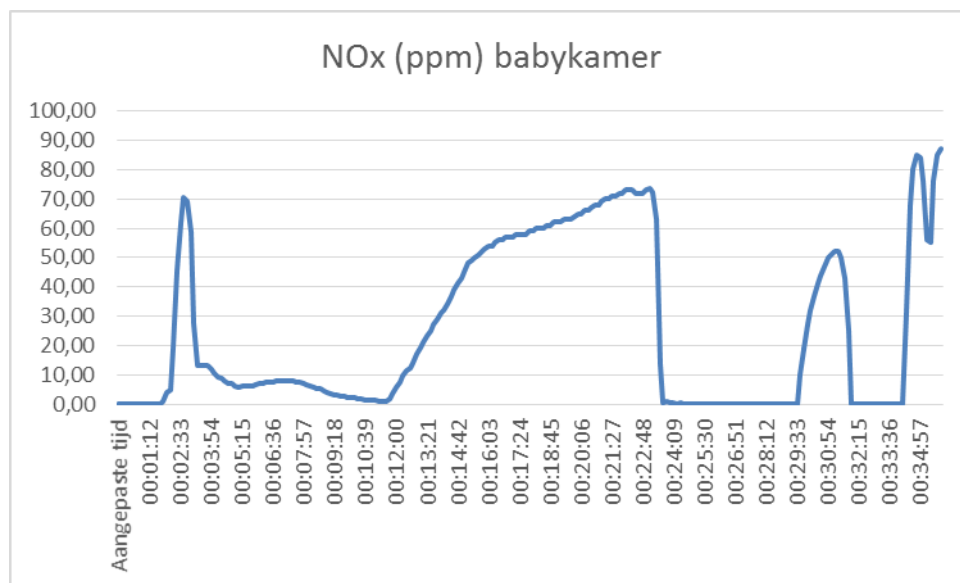
- Op t=1 min 48 sec wordt er een waarde van 1 ppm gemeten
- Op t=2 min 42 sec wordt er een waarde van 656 ppm gemeten
- Op t=3 min 45 sec wordt er een waarde van 16496 ppm gemeten.

In een tijdsbestek van 1 minuut stijgt de concentratie koolmonoxide dus 15840 ppm!!

Hierna stijgt de concentratie koolmonoxide nog door naar een waarde van 22448 ppm op t=4 min 12 sec. Hierna zakt de concentratie behoorlijk gestaag terug naar 413 ppm op t=21 min 36 sec. Hierna stijgt de concentratie weer pijlsnel: op t=24 min 27 sec wordt een piek bereikt van 27299 ppm. De concentratie koolmonoxide kent hierna tot einde test een aantal scherpe pieken en dalen. Vanaf het moment dat de voordeur wordt geopend (t=29 min 39 sec) bedraagt de concentratie 3870 ppm en daalt dan verder tot 1786 ppm op t=23 min 53 sec. In aanloop naar de piekwaarde in temperatuur (t=32 min 40 sec) stijgt ook de concentratie koolmonoxide weer sterk tot 32018 ppm, waarna de meetapparatuur kort uitvalt. Als de meetapparatuur twee minuten later weer functioneert, meet deze nog steeds een waarde van 36286 ppm koolmonoxide. De piek in de temperatuur zat precies midden in het tijdvak waar de meetapparatuur uitviel.

Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevlucht worden vanaf t= 3 min 30 sec. Verondersteld wordt dat de kans op overleving op t=6 min 30 sec sterk is afgenomen.

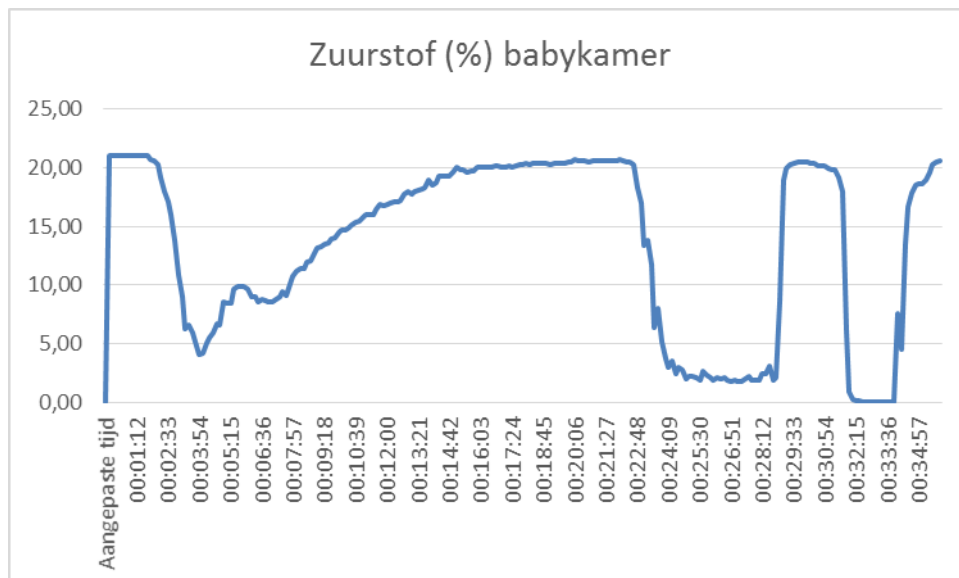
### 20.3.5 NOx



Vanaf t=1 min 48 sec begint er een concentratie NOx op te bouwen die snel stijgt en een eerste piek bereikt van 70,7 ppm op t=2 min 42 sec. Net zo snel als de concentratie is opgebouwd, loopt deze daarna ook weer terug, en bereikt op t=11 min 33 sec nog maar 0,8 ppm. Hierna gaat de concentratie weer sterk stijgen, en bereikt op t=23 min 6 sec een nieuwe piek van 73,7 ppm. Vanaf dat moment valt de meetapparatuur enige tijd uit en worden de metingen onbetrouwbaar geacht.

Op basis van de gemeten NOx-concentraties treedt snel vluchthinder op. AEGL-2 voor 10 minuten wordt overschreden vanaf t=2 min 24 sec en tegelijkertijd wordt ook de AEGL-3 voor 10 minuten overschreden. Verondersteld wordt dat de kans op overleving daarmee op t=12 min 24 sec fors is afgenomen. Mogelijk kan een bewoner nog wel vertraagd vluchten, maar kan ten gevolge van de blootstelling aan NOx later nog sterfte optreden.

## 20.3.6 Zuurstof



Na start test blijft het percentage zuurstof op de babykamer tot  $t=1$  min 39 sec vrijwel constant op 21%, om daarna scherp te dalen tot 4,06% op  $t=3$  min 54 sec. Daarna stijgt het percentage weer tot 9,9% op  $t=5$  min 33 sec om vervolgens weer te dalen tot 8,2% op  $t=6$  min 54 sec. Op  $t=15$  min 54 sec wordt er weer 20% zuurstof bereikt en tot  $t=22$  min 39 sec is het percentage zuurstof dan stabiel tussen de 20,2% en 20,6%. Vanaf  $t=22$  min 39 sec daalt de concentratie zuurstof sterk naar 6,4% op  $t=23$  min 33 sec en daalt nog verder naar 1,75% op  $t=27$  min 9 sec. Op  $t=29$  min 6 sec bedraagt het percentage zuurstof dan opeens weer 18,97%, maar gaat vanaf 31 min 39 sec weer dalen. Vanaf dat moment valt de meetapparatuur enige tijd uit en worden de metingen onbetrouwbaar geacht.

De grenswaarde op de factor zuurstof voor veilig vluchten (14% zuurstof) wordt onderschreden op  $t=2$  min 51 sec en de grenswaarde voor overleven (6%) wordt onderschreden op  $t=3$  min 36 sec. Het effect van de asfyxiërende stoffen wordt versterkt door het extreem lage zuurstofpercentage.

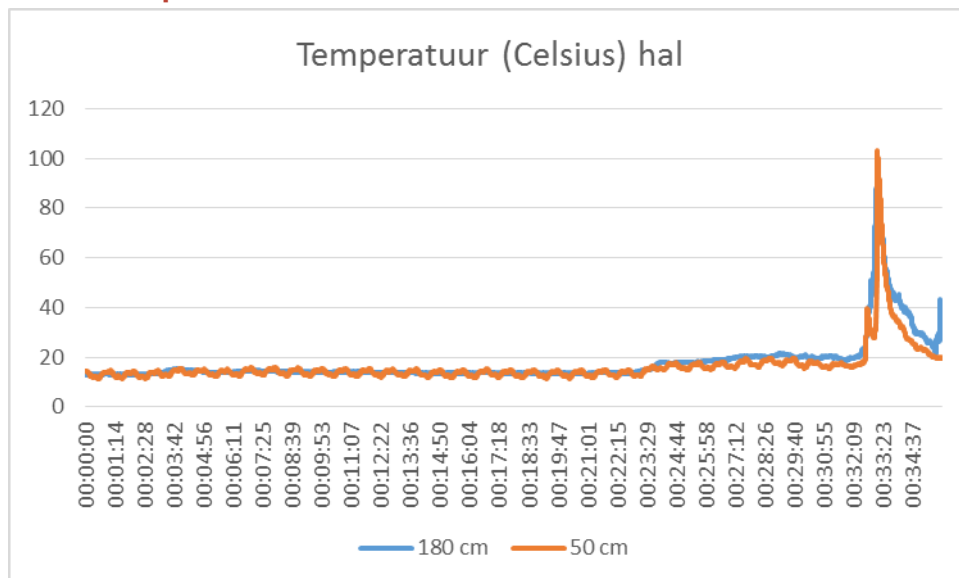
## 20.4 Hal

### 20.4.1 Vastgelegde visuele waarneming

Op  $t=3$  min 30 sec zijn in de hal brandresten zichtbaar die naar beneden dwarrelen. Op  $t=29$  min is er in de hal een lichte rookwaas zichtbaar. Op  $t=29$  min 40 sec gaat de voordeur open en is zichtbaar dat de (lichte) rook op wervelt en verdwijnt. Tot einde test zijn er afgezien van steeds meer neer dwarrelende brandresten in de hal geen zichtbare effecten meer van de brand, hoewel er op de overloop duidelijk vuur en rook zichtbaar is. Op  $t=35$  min 50 sec is een forse lading stoom die vanaf de overloop naar beneden komt.



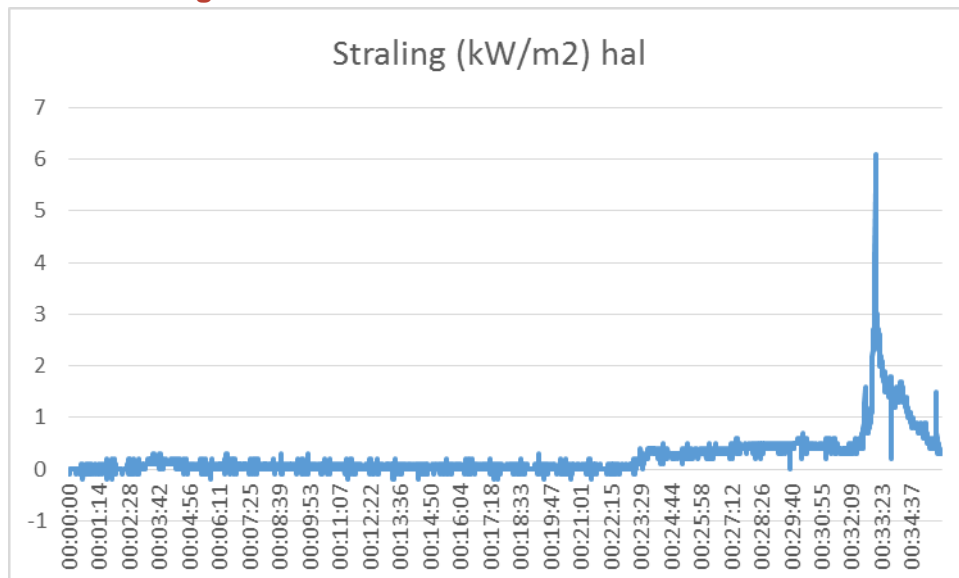
## 20.4.2 Temperatuur



De temperatuur in de hal blijft tot  $t=23$  min 3 sec vrijwel constant op 13 graden Celsius. Vanaf dat moment gaat de temperatuur licht oplopen naar 20,6 graden Celsius op  $t=29$  min 35 sec, en piekt tussen  $t=32$  min 40 sec en  $t=33$  min 51 sec, met de hoogst gemeten waarde 95,5 graden Celsius op  $t=33$  min 11 sec.

Daarmee zijn tot einde test op de factor temperatuur de grenswaarden voor onbelemmerd vluchten en overleven in de hal niet bereikt.

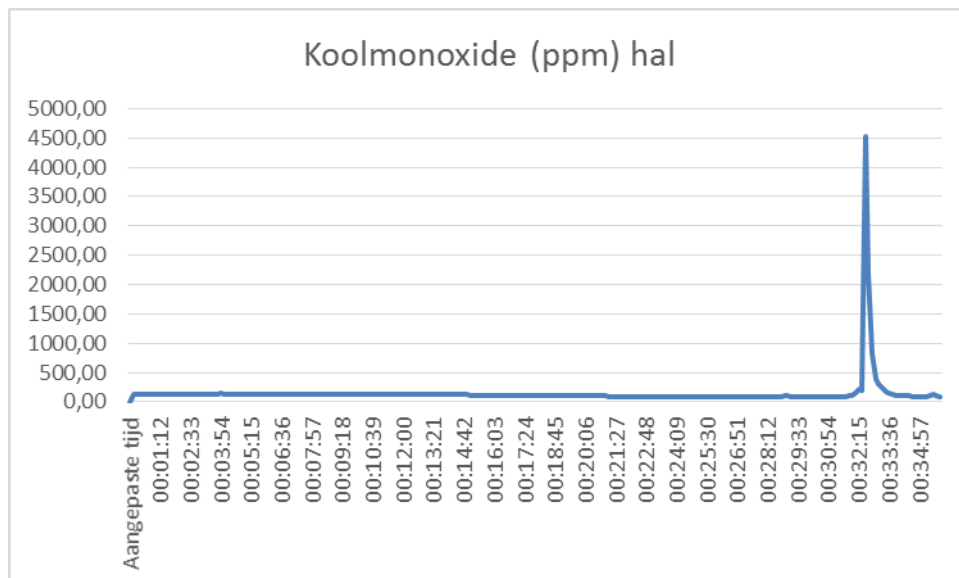
## 20.4.3 Stralingswarmte



De stralingswarmte in de hal is gedurende de eerste 23 minuten van de brandproef nagenoeg 0 kW/m<sup>2</sup>. Vanaf  $t=23$  min 8 sec begint de stralingswarmte langzaam op te lopen, om op  $t=32$  min 39 sec ongeveer 0,4 a 0,5 kW/m<sup>2</sup> te bedragen. Op  $t=32$  min 40 sec gaat de stralingswarmte oplopen, en bereikt een hele korte piek (0,2 sec) 33,1 kW/m<sup>2</sup> op  $t=33$  min 8 sec. Hierna zakt de stralingswarmte terug naar 0,3 kW/m<sup>2</sup> bij einde test.

De grenswaarde op de factor stralingswarmte voor onbelemmerd vluchten van 2 kW/m<sup>2</sup> wordt in de hal op  $t=33$  min 1 sec overschreden. De grenswaarde van 6 kW/m<sup>2</sup> voor een niet meer overleefbare situatie wordt in de hal op  $t=33$  min 8 sec bereikt.

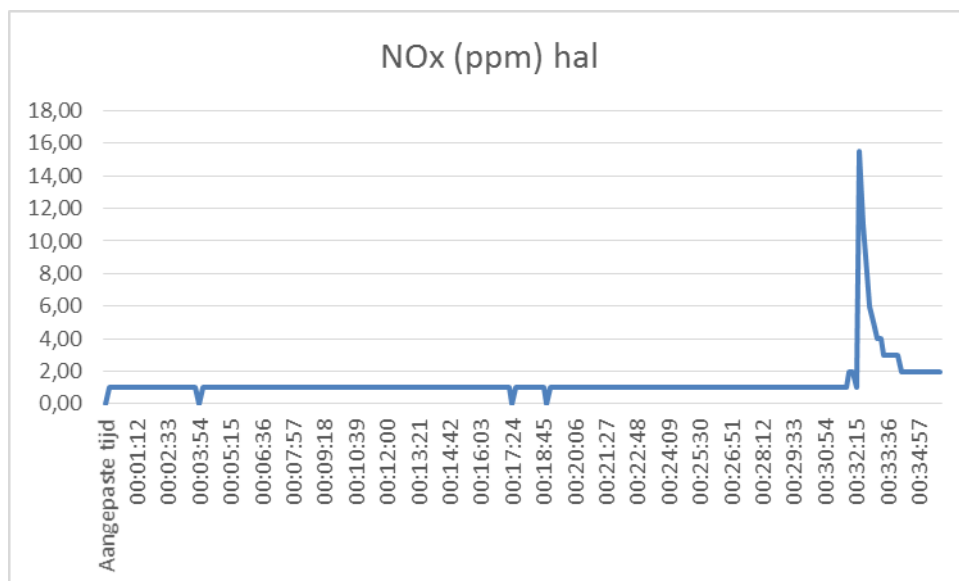
#### 20.4.4 Koolmonoxide



De concentratie koolmonoxide in de hal heeft al vanaf  $t=0$  een waarde van 132 ppm hetgeen vragen oproept over de betrouwbaarheid van deze meting. Tussen  $t=31$  min 48 sec en  $t=32$  min 51 sec zit een duidelijke piek in de concentratie koolmonoxide, met een piek van 4523 ppm op  $t=32$  min 33 sec.

Ondanks een korte heftige piek op  $t=32$  min is de situatie in de hal tot einde test zodanig dat op de factor koolmonoxide in combinatie met HCN gevluht en overleefd kan worden.

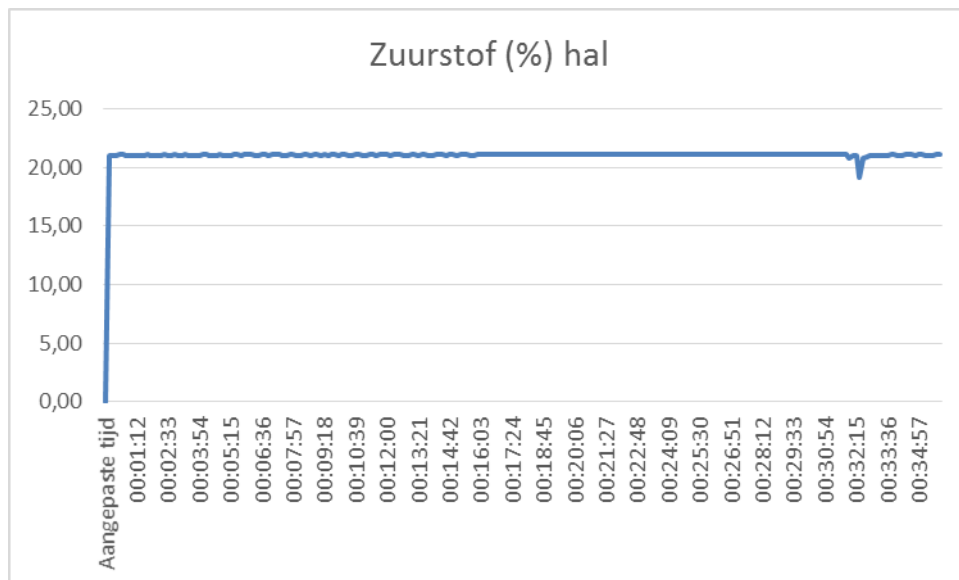
#### 20.4.5 NOx



De concentratie NOx in de hal start bij aanvang test al op 1 ppm, hetgeen vragen oproept over de accuraatheid. Op  $t=32$  min 24 sec piekt de concentratie op 15,5 ppm, en zakt daarna weer terug naar 2 ppm op  $t=34$  min 12 sec.

De AEGL-2 en AEGL-3 worden beide niet overschreden. Op de factor NOx kan men dus tot einde test in de hal ontvluchten en overleven.

## 20.4.6 Zuurstof



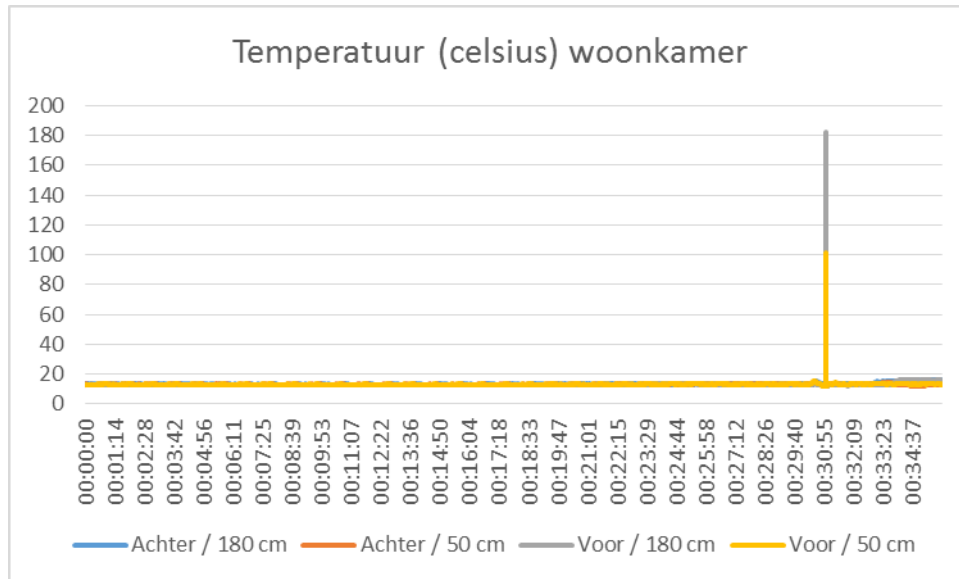
De concentratie zuurstof blijft gedurende de gehele test op een stabiel percentage van 21,05-21,07%, met uitzondering van een kleine daling tot 19,17% op t=32 min 24 sec. De grenswaarden voor onbelemmerd vluchten en overleven worden op de factor zuurstof de gehele test niet gehaald.

## 20.5 Woonkamer

### 20.5.1 Vastgelegde visuele waarneming

Vanaf t=26 min 35 sec begint de woonkamer zich door het plafond heel langzaam te vullen met lichte rook. Op t=27 min 40 sec is de gehele woonkamer licht gevuld met (koude) rook. Er is geen sprake van een hete rooklaag die expliciet tegen het plafond hangt, maar een gelijkmatige verspreiding door de woonkamer. Op t=32 min worden de rookmarkers moeilijk zichtbaar. Op t=34 min 10 sec zijn de onderste en bovenste rookmarker nauwelijks meer zichtbaar. Ook het achterraam is dan nog nauwelijks te onderscheiden vanaf de positie van de camera. Vanaf 36 min 30 sec zijn rookmarkers én achterraam niet meer te onderscheiden en is de hele woonkamer één dikke grijze massa.

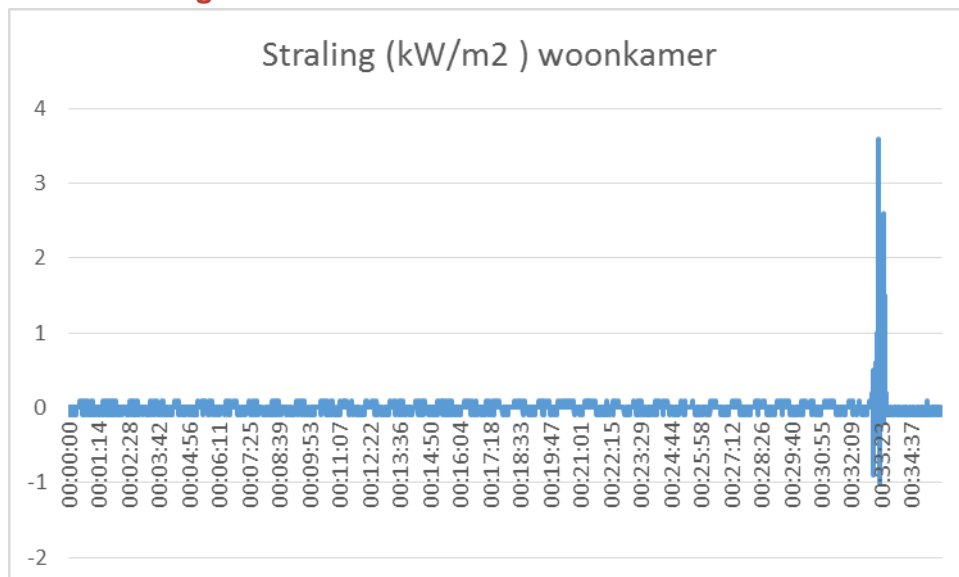
## 20.5.2 Temperatuur



De temperatuur in de woonkamer stijgt gedurende de brandproef van 13,4 graden Celsius (gemiddeld in de hele kamer op hoogte 180 cm) en 13,2 graden Celsius op 50 cm hoogte naar gemiddeld 16,3 graden Celsius op 180 cm en 13,1 graden Celsius op 50 cm. Er vindt dus eens stijging plaats van bijna drie graden op 180 cm hoogte, terwijl de temperatuur op 50 cm vrijwel gelijk blijft. Opmerkelijk is dat exact op  $t=31$  een piek is geregistreerd achter in de woonkamer, zowel op 180 cm als 50 cm hoogte. Deze piek heeft slechts 0,2 seconde geduurd, maar heeft waardes bereikt van 181,9 graden Celsius (180 cm) en 101,5 graden Celsius (50 cm). Deze enkele piek was echter heel kortdurend en alleen achter in de woonkamer. Daarom wordt deze als onvoldoende significant beschouwd.

Daarmee zijn tot einde test op de factor temperatuur de grenswaarden voor onbelemmerd vluchten en overleven in de woonkamer niet bereikt.

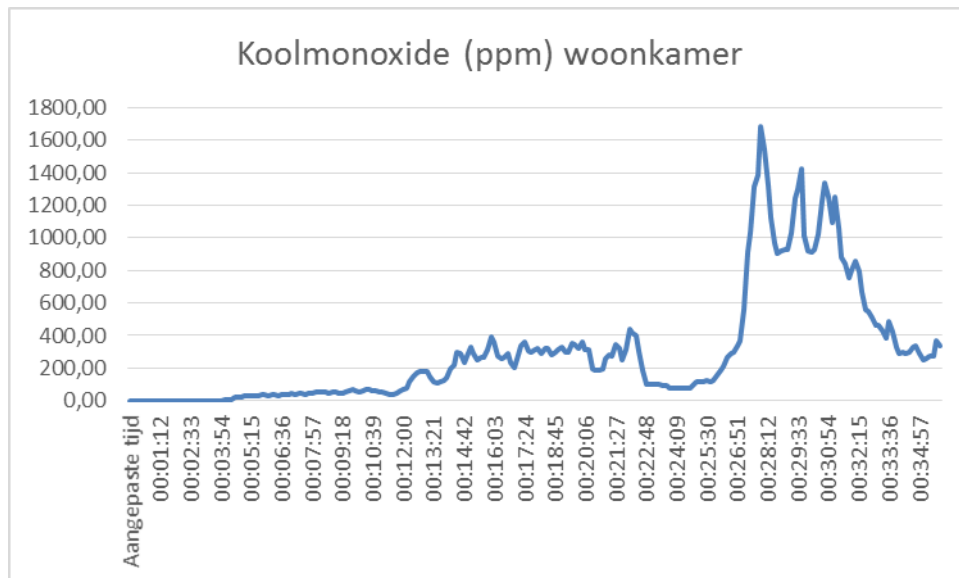
## 20.5.3 Stralingswarmte



De stralingswarmte in de woonkamer bedraagt feitelijk gedurende de gehele brandproef 0 kW/m<sup>2</sup>. Alleen in het tijdvak  $t=33$  min 1 sec en  $t=33$  min 33 sec is er sprake van stralingswarmte met een hele korte piek van 3,6 kW/m<sup>2</sup> op  $t=33$  min 15 sec.

De grenswaarde op de factor stralingswarmte voor onbelemmerd vluchten van 2 kW/m<sup>2</sup> wordt in de woonkamer op t=33 min 15 sec overschreden. De grenswaarde van 6 kW/m<sup>2</sup> voor een niet meer overleefbare situatie wordt in de woonkamer niet bereikt.

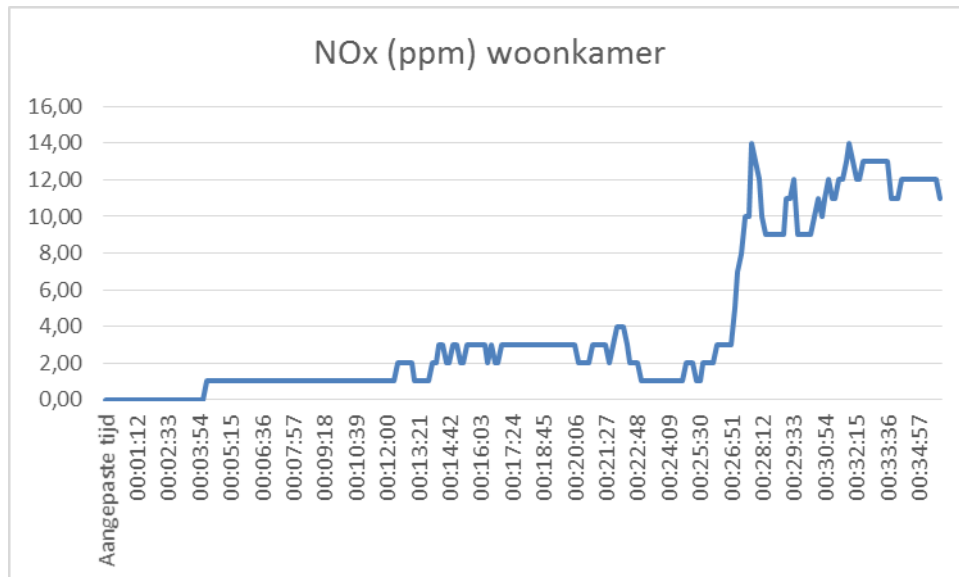
#### 20.5.4 Koolmonoxide



Na start test begint de concentratie vanaf t=3 min 54 sec geleidelijk op te lopen. Tussen t=12 en t=23 vindt er een sterke fluctuatie plaats in de gemeten concentratie koolmonoxide. Vanaf t=24 min 45 sec gaat de concentratie snel stijgen, en bereikt op t=27 min 54 sec een piek van 1682 ppm. Na deze piek daalt en stijgt de concentratie koolmonoxide. Vanaf t=30 min 45 sec is een vrijwel constante afname tot einde test.

Op basis van blootstelling aan koolmonoxide en HCN kan er niet meer gevlucht worden vanaf t= 27 min 45 sec. Verondersteld wordt dat tot einde test overleefd kan worden.

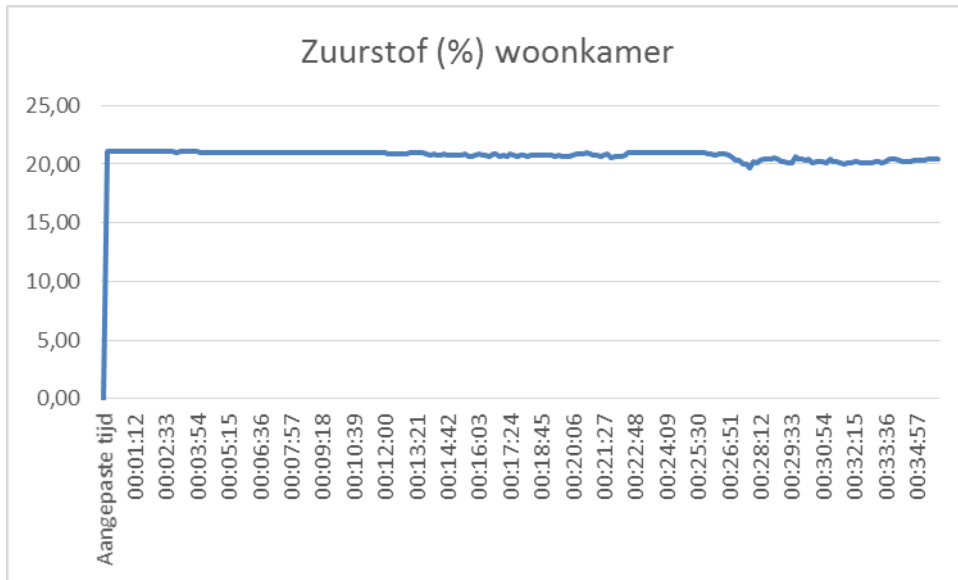
#### 20.5.5 NOx



De concentratie NOx blijft in de woonkamer gedurende lange tijd laag. Pas vanaf t=26 min 51 sec gaat deze significant (en snel) stijgen.

De AEGL-2 en AEGL-3 worden beide niet overschreden. Op de factor NOx kan men dus tot einde test in de hal ontvluchten en overleven.

## 20.5.6 Zuurstof



Het percentage zuurstof blijft in de woonkamer vrijwel constant.

# 21 Bijlage 7: Woninginrichting

Ruimte	Object	Aantal/ test	Aantal Totaal	
Keuken (alleen RB)	Handdoeken	2	10	
	Afdruiprekje	1	5	
	Oude magnetron	1	1	
	Oude oven/gasstel	1	1	
	Keukenrolhouder (ex rol)	1	5	
	Keukenrol	2	10	
	Afzuigkap	1	1	
	Oud kunststof keukenapparaat (frituurpan o.i.d.) (kringloop)	1	2	
	Woonkamer	Bank	2	10
		Wandplank	1	5
	Tijdschrifthouder	1	5	
	stoel	2	8	
	poef	1	4	
	Poefkussen	1	5	
	salontafel	1	4	
	Staande lamp	2	8	
	Boekenkast hoog	2	9	
	Boekenkast laag	1	4	
	Tafel	1	4	
	Tafelkleed	2	10	
	Tafelstoelen	4	16	
	TV-meubel	1	4	

TV dik	1	5
AV-set	1	5
Gordijnen	2	10
Schilderij/ foto	2	10
Kinder speeltent	1	5
Vloerkleed (groter)	2	10
Kussens	8	40
Plaid	6	30
Tijdschriften of kranten	10 cm	
Kunstplanten	6	30
Kunstplanten	6	30
Kaarsen	1	5
Bord	1	5
Slaapkamer 1	1	5
Bed		
Lattenbodem	1	6
Matras	1	5
	2	13
Dekbed		
Kussen	2	10
Beddengoed	1	5
Kledingkast	1	5
Nachtkastje	1	5
Nachtlamp	1	6
Vloerkleed	1	6
Kleding	12	
Gordijnen	1	6
Tijdschriften		
Kledinghangers	2	12



Slaapkamer 2	Kinderbed	1	5	
	Matras	1	5	
	Commode	1	5	
	Commodekussen	1	6	
	Nachtkastje	1	5	
	Opbergbakjes	1	6	
	Kledingkast	1	5	
	Speelgoed		75 euro totaal	6 x totaal
	Dekbed babybed	1	6	
	Klamboe	1	6	
	Kleding	12		
	Vloerkleed	1	5	
	Kledinghangers	2	12	
Hal	Lage kast	1	5	
	Kapstok	1	5	
	Mand	2	12	
	Fleece	2	10	
	Jassen	10	50	
Overloop	Kledingmanden	2	12	
	Kleding	2 manden vol	Zie kleding	
	Schilderij/ foto	2	10	

# 22 Bijlage 9: Meteo

Major Test Monday: 20-10-2014					Major Test Tuesday: 21-10-2014				
Time [h]	Wind speed [m/s]	Temp [°C]	RH [%]	Wind richting [°]	Time [h]	Wind speed [m/s]	Temp [°C]	RH [%]	Wind richting [°]
1	6	14,5	88	240	1	5	12,5	90	220
2	6	14,1	91	240	2	5	12,1	91	210
3	6	13,7	92	230	3	5	11,8	92	200
4	6	13,6	93	230	4	5	11,8	92	210
5	6	13,4	94	230	5	6	11,9	92	200
6	5	13,4	92	230	6	6	12,3	89	200
7	5	13,7	91	230	7	7	12,3	88	200
8	5	13,5	94	220	8	7	11,9	92	180
9	5	13,8	94	240	9	8	12,3	88	200
<b>10</b>	<b>5</b>	<b>14,5</b>	<b>90</b>	230	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>11,8</b>	<b>95</b>	190
11	5	14,8	92	240	11	9	12,1	94	190
12	6	16,6	80	240	12	9	12,1	95	200
13	5	15,6	80	260	13	8	12,6	96	200
<b>14</b>	<b>6</b>	<b>15,5</b>	<b>79</b>	240	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>11,9</b>	<b>89</b>	270
15	6	15,9	72	240	15	7	10,4	84	270
16	6	14,3	77	250	16	5	10,4	83	260
17	4	13,3	83	230	17	5	9,7	82	270
18	3	13,1	85	230	18	5	9,1	81	260
19	4	13,3	85	230	19	7	7,6	88	250
20	4	13,1	86	220	20	6	7,4	91	240
21	4	12,3	91	210	21	4	7,7	90	270
22	4	12,5	88	210	22	6	7,6	91	270
23	5	12,6	88	220	23	5	7,9	90	280
24	5	12,1	91	220	24	7	7,8	91	260

Major Test Wednesday: 22-10-2014					Major Test Thursday: 23-10- 2014				
Time [h]	Wind speed [m/s]	Temp [°C]	RH [%]	Wind richting [°]	Time [h]	Wind speed [m/s]	Temp [°C]	RH [%]	Wind richting [°]
1	5	7,4	88	260	1	4	11,3	87	240
2	4	7,2	88	270	2	4	11,2	86	200
3	5	7,9	84	270	3	5	11	87	200
4	5	7,6	87	290	4	5	11	84	210
5	6	7,6	88	290	5	5	10,6	85	210
6	6	7,9	87	300	6	4	10,4	89	210
7	6	8,1	83	290	7	5	10,6	87	210
8	5	8,7	85	290	8	5	10,9	83	210
9	6	10,2	78	300	9	5	11,2	82	200
<b>10</b>	<b>7</b>	<b>11,5</b>	<b>73</b>	<b>310</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>11,6</b>	<b>80</b>	<b>200</b>
11	7	9,9	86	300	11	5	11	91	190
12	6	11,7	74	320	12	5	11,1	92	220
13	7	10,7	78	330	13	5	11,6	91	210
<b>14</b>	<b>6</b>	<b>11,7</b>	<b>71</b>	<b>320</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>11,5</b>	<b>90</b>	<b>210</b>
15	6	11,2	73	310	15	5	11,9	87	190
16	6	10,7	74	310	16	5	11,9	85	190
17	4	10,4	75	300	17	4	11,9	86	190
18	3	8,5	85	280	18	4	11,5	90	190
19	1	8,7	87	270	19	4	10,9	97	190
20	2	8,5	90	250	20	4	11	97	190
21	2	8,7	93	240	21	4	11,1	96	200
22	1	6,3	97	200	22	5	10,8	98	200
23	1	6,3	98	190	23	5	10,8	97	190
24	1	7,6	95	250	24	5	10,8	98	190

