

PROJECT nr. VIPA/2014/BVO

**BRANDVEILIGHEID IN OUDERENVOORZIENINGEN:
ONDERZOEK NAAR DE DOELMATIGHEID VAN ALTERNATIEVE
BRANDVEILIGHEIDSMATREGELEN IN NIEUWE ZORGCONCEPTEN**



© Bram Tack

Studie uitgevoerd door:



EXOVA WFRGENT nv
Ottergemsesteenweg-Zuid 711
9000 Gent
België

en

UNIVERSITEIT GENT
Sint-Pietersnieuwstraat 25
9000 Gent
België

In opdracht van:



Het Vlaams Infrastructuurfonds voor Persoonsgebonden Aangelegenheden (VIPA)
Koning Albert II-laan 35, bus 34
1030 Brussel
België

INHOUDSTABEL

1	Inleiding.....	5
1.1	Situering van het project.....	5
1.2	Doelstelling en projectomschrijving.....	6
1.3	Onderzoeksmethodologie.....	6
1.4	Werking van de stuurgroep.....	6
1.5	Woord van dank.....	7
2	Algemeen luik (Fase I).....	8
2.1	Brandveiligheid in ouderenvoorzieningen.....	8
2.2	Wetgeving (omtrent ouderenvoorzieningen).....	10
2.3	Beschikbare alternatieven voor brandveiligheid in België.....	38
3	Bepaling van de typologie en de ontwerpbrand (Fase I).....	41
3.1	Typologie.....	41
3.2	Ventilatiecondities.....	42
3.3	Ontwerpbrand.....	43
3.4	Samenvatting configuratie praktijktesten.....	44
4	Praktijktesten (Fase II).....	46
4.1	Proefopstelling.....	46
4.2	Brandhaard.....	48
4.3	Metingen.....	50
4.4	Proef 1: “Nulproef” - enkel branddetectie.....	53
4.5	Proef 2: Toepassing van brandwerende deuren in de evacuatiewegen.....	57
4.6	Proef 3: Toepassing van een ontrokingssysteem.....	65
4.7	Proef 4: Toepassing van een automatische blussing.....	75
4.8	Proef 5: Toepassing van een combinatie van een ontrokingssysteem en een automatische blussing.....	84
4.9	Conclusies praktijktesten.....	90
5	Computersimulaties (Fase III).....	100
5.1	Evaluatie van de resultaten van de praktijktesten.....	100
5.2	Bijkomende CFD-simulaties.....	107
6	Het gewenste veiligheidsniveau (Fase III).....	142
6.1	Doelstelling.....	142
6.2	Veiligheidsniveau in de onderzochte landen.....	142
6.3	Invloed van rook op de evacuerende persoon.....	143
6.4	Veiligheidsniveau in Vlaanderen.....	145

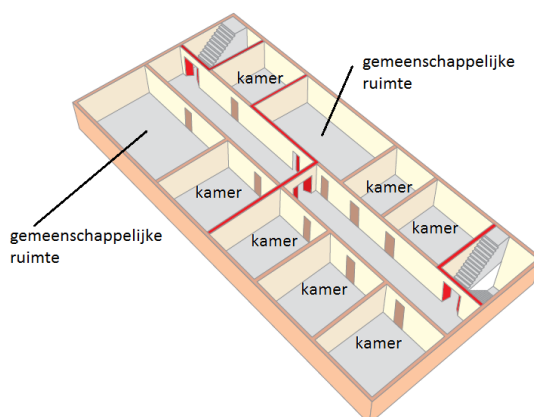
6.5	Brandscenario's	146
6.6	Conclusie i.v.m. het gewenste veiligheidsniveau in Vlaanderen.....	154
7	Conclusies en aanbevelingen (Fase III)	158
7.1	Het gewenste veiligheidsniveau	158
7.2	Evacuatie doorheen een brandruimte	159
7.3	Evacuatie door aanliggende compartimenten	159
7.4	Maatregelen voor een veilige evacuatie	160
7.5	Uitbreiding conclusies naar de kamer als brandruimte	160
7.6	Uitbreiding conclusies naar functioneel aanverwante voorzieningen	161
7.7	Ontstaan van een brand verhinderen en een snelle branduitbreiding tegengaan	161
8	Bronnen	162
9	Bijlagen (Metingen tijdens de praktijktesten)	165
9.1	Proef 1: "Nulproef" - Enkel branddetectie	165
9.2	Proef 2: Toepassing van brandwerende deuren in de evacuatiweg	167
9.3	Proef 3: Toepassing van een ontrokingssysteem	170
9.4	Proef 4: Toepassing van een automatische blussing.....	173
9.5	Proef 5: Toepassing van een combinatie van een ontrokingssysteem en een automatische blussing.....	176

1 Inleiding

1.1 Situering van het project

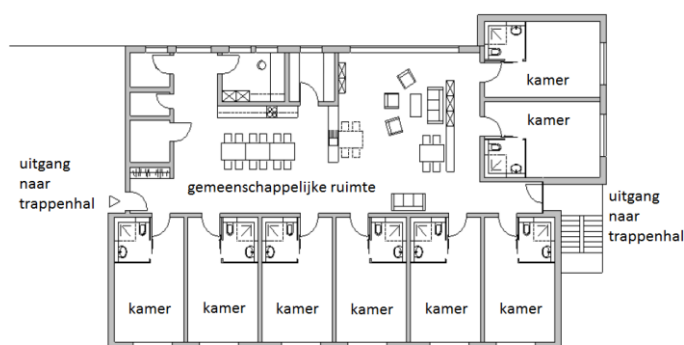
De bestaande federale algemene regelgeving voor brandveiligheid [1] en de Vlaamse specifieke regelgeving voor brandveiligheid in ouderenvoorzieningen [2] zijn gebaseerd op een typologie waarbij een reeks individuele kamers uitgeven op een gang die functioneert als circulatieweg en als evacuatiweg in geval van brand.

In deze typische schikking, die zeer verwant is aan de lay-out van een verpleegeenheid in een ziekenhuis, zijn ruimten voor gemeenschappelijk gebruik (zoals bv. leefruimten, zitruimten en tv-ruimten) gescheiden van de circulatie- en evacuatiwegen die over het algemeen twee onafhankelijke trapzalen verbinden zoals weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 1: Ruimte voor gemeenschappelijk gebruik gescheiden van de circulatie- en evacuatiweg [3]

In recente ontwerpen voor woonzorgcentra merkt men een snelle evolutie op naar een schikking waarbij de bovengenoemde gemeenschappelijke ruimten deel uitmaken van de circulatie- en evacuatiwegen, in een zeer open configuratie zoals weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 2: Ruimte voor gemeenschappelijk gebruik geïntegreerd in de circulatie- en evacuatiweg [4]

Deze gemeenschappelijke ruimten omvatten tv-toestellen, zetels, drankautomaten, koelkasten, tot en met elementaire keukenuitrusting zoals kookplaten en koffiezetmachines. Dergelijke schikking is niet mogelijk binnen het concept van de huidige regelgeving brandveiligheid en bovendien beschikt men niet over een onderbouwd beoordelingskader om mogelijke alternatieve brandveiligheidsmaatregelen doelmatig in te zetten.

1.2 Doelstelling en projectomschrijving

De studie moet de doelmatigheid van alternatieve brandveiligheidsmaatregelen in bestaande en nieuwe vormen van ouderenvoorzieningen onderzoeken.

Op basis van de resultaten van het onderzoek zal een beoordelingskader geformuleerd worden als ondersteuning van de adviezen bij mogelijke afwijkingen enerzijds en als basis voor een aanpassing van de regelgeving anderzijds.

De aanpassing van de regelgeving is erop gericht de tegenstellingen tussen het veiligheidsconcept onder de huidige regelgeving brandveiligheid en de nieuwste zorgconcepten zo veel mogelijk weg te werken, zonder daarbij afbreuk te doen aan de veiligheid van personen in ouderenvoorzieningen in geval van brand.

1.3 Onderzoeksmethodologie

Het onderzoek omvat een eerste algemeen luik (Fase I) waarin de wetgeving inzake brandveiligheid in binnen- en buitenland, de beschikbare alternatieven voor brandveiligheid en de specifieke parameters van een brandscenario in kaart worden gebracht.

In het tweede deel van het onderzoek (Fase II) wordt het effect van de alternatieve brandveiligheidsmaatregelen onderzocht op een nagebouwde situatie in labo-omstandigheden waarbij een op voorhand gedefinieerd brandscenario in de praktijk getest wordt.

In het derde en laatste deel van het onderzoek (Fase III) wordt een CFD-model (CFD: Computational Fluid Dynamics) beoordeeld op basis van de resultaten bekomen tijdens de praktijktesten. Er worden eveneens bijkomende CFD-simulaties uitgevoerd om de invloed van vooraf bepaalde parameters (bv. ander type brandhaard, andere configuratie, ...) op de bekomen testresultaten na te gaan. Op basis van de resultaten bekomen tijdens de praktijktesten en de bijkomende CFD-simulaties, en rekening houdend met de geformuleerde definitie van het gewenste veiligheidsniveau, worden conclusies en aanbevelingen geformuleerd omtrent de brandveiligheid in ouderenvoorzieningen.

1.4 Werking van de stuurgroep

Het onderzoek werd begeleid door de aanbestedende overheid (VIPA), bijgestaan door een stuurgroep.

Het voorbereidend rapport, de tussentijdse rapporten en het ontwerpeindrapport werden voor advies voorgelegd aan de stuurgroep die samengeroepen en samengesteld werd door de aanbestedende overheid. Vertegenwoordigers van de opdrachtnemer (EXOVA WFRGENT nv en Universiteit Gent) woonden de vergaderingen van de stuurgroep bij.

De samenstelling van de stuurgroep wordt hieronder weergegeven (organisaties + vertegenwoordigers):

- VIPA: Mevr. Ann Beusen (voorzitter), Dhr. Thomas Feys en Dhr. Ivan de Boom
- Agentschap Facilitair Bedrijf: Dhr. Gert Potoms en Dhr. Peter Bockstaele
- Agentschap Zorg en Gezondheid: Dhr. Jurgen Claes
- Zorgnet Vlaanderen: Dhr. Walter Sablon
- PREBES: Dhr. Dominic Hermans en Dhr. Lieven Carron
- VVSG: Mevr. Evi Beyl
- FERUBEL: Dhr. Daniel Vandermeulen
- VLOZO: Dhr. Johan Poel en Dhr. Frank Foucart
- FOD Binnenlandse Zaken: Dhr. Jan De Saedeleer en Dhr. Antoine Falmagne
- BVV: Dhr. Christian Gryspeert en Dhr. Jan Leenknecht
- BFSN: Dhr. François Asselman
- NAV: Dhr. Nico Luyten
- Ingenium: Dhr. Tom Bruynbroeck
- Agoria Fire Technologies: Dhr. Bart Vanbever
- UGent: Dhr. Bart Merci
- EXOVA WFRGENT: Dhr. Bart Sette en Dhr. Pieter Poppe (projectverantwoordelijke).

1.5 Woord van dank

EXOVA WFRGENT nv en de Universiteit Gent wensen uitdrukkelijk onderstaande partijen te bedanken voor hun essentiële bijdrage aan dit grootschalig project:

- de brandweer van Brandweerzone Centrum Post Gent, voor hun assistentie tijdens de praktijktesten;
- Agoria Fire Technologies – afdeling RWA, in het bijzonder de firma Brakel Aero, voor het aanleveren en installeren van het ontrokingssysteem;
- het Belgian Fire Sprinkler Network (BFSN), voor het aanleveren en plaatsen van het automatische blussysteem;
- Promat International nv, voor het aanleveren van de platen noodzakelijk voor de opbouw van de proefopstelling;
- Data Science Lab van de Universiteit Gent, voor de analyse van de videobeelden;
- het personeel van EXOVA WFRGENT nv, voor het voorbereiden en uitvoeren van de praktijktesten.

2 Algemeen luik (Fase I)

In het algemeen luik van het project (Fase I) worden vooreerst de wetgeving inzake brandveiligheid in binnen- en buitenland evenals de beschikbare alternatieven voor brandveiligheid in België in kaart gebracht. Vervolgens worden de opbouw van de proefopstelling (typologie) en de ontwerpbrand vastgelegd.

2.1 Brandveiligheid in ouderenvoorzieningen

2.1.1 Branden in ouderenvoorzieningen

Er zijn in het verleden reeds meerdere fatale branden in ouderenvoorzieningen of soortgelijke voorzieningen geweest. Enkele hiervan worden hieronder weergegeven:

- Ouderenvoorziening Rosepark (Glasgow, Schotland - 31 januari 2004) – 14 doden
In de nacht van zaterdag 31 januari 2004 brak een brand uit omstreeks 04.25u in een kast die zich in een gang bevond. De kast bevatte een elektrische verdeelkast en brandbare materialen evenals een aantal spuitbussen. De brand was kort maar hevig waardoor er zich een enorme rookontwikkeling in de gang manifesteerde. De meeste bewoners konden geëvacueerd worden, doch een paar bewoners stierven toch enkele dagen na de brand. Het uiteindelijke totale aantal slachtoffers bedroeg veertien. De rookontwikkeling was de directe oorzaak voor het overlijden.
- Woon- en zorgcentrum Kannunik Triest (Melle, België – 6 augustus 2009) – 9 doden
Op donderdag 6 augustus 2009 omstreeks 20.00u brak een brand uit in een kamer. Een defect elektrisch toestel in een kamer veroorzaakte waarschijnlijk de brand en stak een matras aan. De bewoner kon de kamer verlaten, maar liet de deur openstaan waardoor de brand, en vooral de rookontwikkeling, zich verspreidde in de gang. Het personeel werd gealarmeerd door de automatische branddetectie, die ook de branddeuren stuurde. Daardoor kon uitbreiding naar de gehele verdieping voorkomen worden. Omdat de brand zich voordeed in een kamer dicht bij de branddeuren, waren de andere kamers niet meer bereikbaar voor hulpverleners zonder bescherming. Bij de zware uitslaande brand zijn negen bewoners om het leven gekomen door verstikking. Drie andere bejaarden verkeerden nog een tijd in levensgevaar.
- Kliniek Intensieve Zorg Ouderen van GGZ Leiden Rivierduinen (Oegstgeest, Nederland – 12 maart 2011) – 3 doden
Op zaterdagavond 12 maart 2011 om 21.37u werd een brand gedetecteerd in een patiëntenkamer. Personeelsleden probeerden tevergeefs de brand te blussen, waarna er zich een enorm snelle rookverspreiding ontwikkelde in de gangen. Bij de evacuatie bleven vijf patiënten achter in het brandende gebouw. Twee van hen overleden ter plaatse. Drie van hen konden nog gered worden met behulp van de brandweer. Een patiënt overleed alsnog enkele dagen later. De rookontwikkeling was de directe oorzaak voor het overlijden.

2.1.2 Brandveiligheid

Een gebouw kan als “brandveilig” beschouwd worden indien aan onderstaande (functionele) eisen voldaan wordt:

- voorkomen van het ontstaan, de ontwikkeling en de voortplanting (zowel binnen het gebouw als naar een ander gebouw) van een brand;
- er voor zorgen dat iedereen op een veilige manier kan evacueren in geval van brand;
- er voor zorgen dat de brandweer kan ingrijpen in geval van brand.

Gezien de meeste dodelijke slachtoffers te wijten zijn aan een (kortstondige of langdurige) blootstelling aan rook (eerder dan direct vlamcontact of straling van de brand), zal in deze studie de brandveiligheid van de bewoners onderzocht worden tijdens de beginfase van een brand (= ontwikkeling van een brand).

Het gewenste veiligheidsniveau in ouderenvoorzieningen wordt vastgelegd in § 6.

2.1.3 Doelgroep

De Vlaamse wetgeving omtrent brandveiligheid [2] is van toepassing op onderstaande voorzieningen:

- ouderenvoorziening: een dagverzorgingscentrum, een centrum voor kortverblijf of een woonzorgcentrum;
- centrum voor herstelverblijf: een thuiszorgvoorziening als vermeld in artikel 28 van het Woonzorgdecreet van 13 maart 2009.

De bewoners van dergelijke ouderenvoorzieningen worden gekenmerkt als gedeeltelijk of niet zelfredzaam waardoor een interventie van het personeel noodzakelijk is tijdens de evacuatie. Net omwille van deze nodige interventie van het personeel, zal de voor vluchten benodigde tijd (RSET: Required Safe Egress Time) beduidend hoger zijn dan in het geval van zelfredzame bewoners.

Alhoewel de scope van deze studie zich in eerste instantie focust op de brandveiligheid in ouderenvoorzieningen, kunnen de resultaten van deze studie ook toegepast worden op voorzieningen met soortgelijke configuraties waarbij de graad van bescherming kan beoordeeld worden op basis van onderstaande criteria:

- type bewoners: zelfredzaam of niet-zelfredzaam;
- aantal personeelsleden ter beschikking voor een eventuele evacuatie;
- dag- of nachtbezetting;
- mentale en fysieke conditie van de bewoners;
- hoeveelheid brandlast in de deelcompartimenten;
- inplanting en indeling van de deelcompartimenten.

2.1.4 Evacuatiestrategie

Gezien de hierboven beschreven karakteristieken van de bewoners van ouderenvoorzieningen, nl. niet-zelfredzaam, dient een horizontale evacuatie uitgevoerd te worden. Dit houdt in dat de bewoners in eerste instantie geëvacueerd worden tot een veilige locatie en dit op dezelfde verdieping.

Deze evacuatie kan op drie manieren gebeuren:

- onmiddellijke evacuatie:
de evacuatie begint onmiddellijk van zodra het brandalarm gegeven wordt;
- progressieve evacuatie:
de evacuatie begint uiteraard ook onmiddellijk van zodra het brandalarm gegeven wordt, maar er wordt in eerste instantie voor gezorgd dat de personen die zich in de meest kwetsbare zone bevinden eerst geëvacueerd worden. Gezien de hoge afhankelijkheid van de bewoners, is een progressieve evacuatie dus de beste evacuatiestrategie in ouderenvoorzieningen;
- uitgestelde evacuatie ('defend in place'):
van zodra het brandalarm gegeven wordt, blijft de bewoner in de kamer waar deze niet blootgesteld wordt aan de gevolgen van de brand. De bewoner wacht op het personeel en/of de brandweer die de evacuatie op een later tijdstip uitvoeren, m.a.w. de evacuatie begint slechts van zodra de omstandigheden tijdens de evacuatie niet meer kritisch zijn voor de bewoner.

Er wordt tijdens deze studie aangenomen dat de eventuele verticale evacuatie kan gebeuren in een beveiligde omgeving waarbij de bewoners niet blootgesteld worden aan de gevolgen van een brand. De verticale evacuatie zal dus niet opgenomen worden bij de bepaling van de RSET.

2.2 Wetgeving (omtrent ouderenvoorzieningen)

Het doel van de wetgeving is het risico op slachtoffers in geval van brand te beperken. Derhalve zijn er in de wetgeving steeds eisen terug te vinden om een gebouw brandveilig te ontwerpen. Dit kunnen functionele eisen of prestatie-eisen zijn.

De functionele eisen bepalen het doel van de wetgeving, terwijl de prestatie-eisen een praktische invulling zijn van de functionele eisen. De functionele eisen - welke opgenomen zijn in elke wetgeving - worden hieronder weergegeven:

- voorkomen van het ontstaan, de ontwikkeling en de voortplanting (zowel binnen het gebouw als naar een ander gebouw) van een brand;
- er voor zorgen dat iedereen op een veilige manier kan evacueren in geval van brand;
- er voor zorgen dat de brandweer kan ingrijpen in geval van brand.

De daarbij horende prestatie-eisen kunnen bijvoorbeeld zijn:

- eisen i.v.m. de reactie bij brand van bouwmaterialen (om het ontstaan van een brand tegen te gaan en de ontwikkeling ervan te beperken of te vertragen);
- eisen i.v.m. de brandweerstand van compartimentsgrenzen (om de voortplanting van een brand in een gebouw tegen te gaan);
- eisen i.v.m. de loopafstanden (om een veilige evacuatie te kunnen garanderen);
- ...

Wanneer aan de prestatie-eis voldaan is, is daarmee ook aan de bijhorende functionele eis voldaan en wordt een voldoende graad van bescherming (bepaald door de wetgever) bekomen.

Een wetgeving die gebaseerd is op prestatie-eisen wordt een prescriptieve wetgeving genoemd. Een wetgeving die gebaseerd is op functionele eisen (eventueel aangevuld met prescriptieve aanbevelingen) wordt een performantiële wetgeving (Performance Based Design) genoemd.

Een prescriptieve wetgeving heeft het voordeel van de eenvoud in toepassing en controle, maar zij heeft ongetwijfeld het nadeel van een gebrek aan flexibiliteit bij het ontwerpen van “niet standaardconfiguraties”.

In een performantiële wetgeving wordt aan de ontwerper de keuze gelaten op welke manier hij een voorgeschreven veiligheidsniveau bereikt, maar het wordt dan wel zijn taak om het bewijs van een gelijkwaardige graad van bescherming te leveren (wat niet altijd eenvoudig is zoals verder in deze studie zal blijken).

2.2.1 Vlaanderen

2.2.1.1 Algemeen

In België is op federaal niveau de “Brandveiligheid” opgenomen in de Basisnormen [1]. Deze algemene prescriptieve wetgeving beschrijft hoe nieuwe gebouwen dienen opgebouwd te worden opdat deze als brandveilig kunnen beschouwd worden.

Op regionaal niveau zijn er wel specifieke regelgevingen van toepassing zoals bv. voor ziekenhuizen, rustoorden, hotels, ...

2.2.1.2 Specifieke regelgeving omtrent ouderenvoorzieningen

In Vlaanderen is er een specifieke regelgeving van toepassing voor bestaande en nieuwe ouderenvoorzieningen (en centra voor herstelverblijf) [2] en dit in samenhang met de federale wetgeving. Voor Vlaanderen geldt dat de strengste van beide (regionaal en federaal) van toepassing is. Een document [5] werd opgesteld om deze Vlaamse regelgeving toe te lichten en te verduidelijken.

Een regionale wetgeving voor ouderenvoorzieningen is ook terug te vinden in Wallonië [6], Brussel [7] en de Duitstalige gemeenschap [8].

In de onderstaande paragrafen zal enkel de Vlaamse regelgeving besproken worden. Enkel indien er verschillen ten opzichte van de andere regionale wetgevingen zijn, zal dit expliciet vermeld worden.

Ter info: in de andere regionale wetgevingen is er nog steeds sprake van een Belgische klassering voor Weerstand tegen Brand en Reactie bij brand. Een Europese klassering is hierin nog niet voorzien.

2.2.1.2.1 Compartimentering

Elke bouwlaag wordt onderverdeeld in compartimenten en deelcompartimenten om een horizontale evacuatie te garanderen. Het enige verschil tussen beide types compartimenten is de eis i.v.m. brandweerstand van de wanden. Deze dient EI 60 (volgens de Europese norm EN 13501-2) te bedragen voor de wanden van de compartimenten en EI 30 (volgens de Europese norm EN 13501-2) voor de wanden van de deelcompartimenten.

De oppervlakte van één compartiment bedraagt maximaal 1250 m². Elke bouwlaag moet opgesplitst worden in deelcompartimenten waarbij het aantal (slapende) bewoners in een deelcompartiment beperkt is tot 20.

2.2.1.2.2 Evacuatiewegen

Ieder (deel)compartiment beschikt over minstens twee uitgangen. Een bouwlaag in een laag gebouw met maximaal zes (slapende) bewoners dient slechts over één uitgang te beschikken.

De loopafstand van de ingang van een kamer in een (deel)compartiment tot de dichtstbijzijnde veilige locatie (bv. ingang van het trappenhuis) bedraagt maximaal 30 m of 15 m indien het een doodlopende evacuatieweg betreft. De loopafstand van de ingang van een kamer tot de andere veilige locatie bedraagt maximaal 60 m.

De nuttige breedte van een evacuatieweg wordt voornamelijk bepaald in functie van het aantal personen dat hiervan gebruik maakt en dient minstens 1,2 m te bedragen.

De bekleding van de verticale wanden in evacuatiewegen dient minstens over een Europese klasse B-s1,d2 (volgens de Europese norm EN 13501-1) te beschikken. Op basis van Tabel IV van Bijlage 5 van de federale basisnormen [1] kan afgeleid worden dat de (verlaagde) plafonds in evacuatiewegen minstens over een Europese klasse B-s1,d0 (volgens de Europese norm EN 13501-1) dienen te beschikken.

Op basis van het document [5] kan afgeleid worden dat de toepassing van koelkasten of frisdrankautomaten toegestaan is in aparte nissen van de evacuatiewegen.

In de Duitstalige Gemeenschap, in Wallonië en in Vlaanderen mogen zitmeubels (stoelen, zetels,...) in de evacuatiewegen aangebracht worden voor zover deze voldoen aan de normen NBN EN 1201-1 en NBN EN 1201-2.

2.2.1.2.3 Deuren

De deuren aangebracht tussen de (deel)compartimenten dienen bij brand zelfsluitend te zijn en over een Europese EI₁ 30 klassering (volgens de Europese norm EN 13501-2) te beschikken. In de overige regionale wetgevingen dienen deze deuren zelfsluitend ofwel bij brand zelfsluitend te zijn. Enkel in de Duitstalige Gemeenschap dienen deze deuren ook met “anti-rookvoegen” uitgerust te worden. Het is echter niet duidelijk hoe dit dient aangetoond te worden.

De deuren van de kamers (of andere lokalen bestemd voor de bewoners) dienen over een Europese EI₁ 30 klassering (volgens de Europese norm EN 13501-2) te beschikken en zijn uitgerust met deursluiters met vrijloop (en zijn aldus gekoppeld aan het detectiesysteem). In de overige regionale wetgevingen dienen de kamerdeuren zelfsluitend te zijn (en dus niet bij brand zelfsluitend).

2.2.1.2.4 Veiligheidsverlichting in de evacuatiewegen

De evacuatiewegen dienen voorzien te zijn van een veiligheidsverlichting met een horizontale verlichtingssterkte van minstens 1 lux ter hoogte van de grond in de as van de vluchtweg. Op mogelijk gevaarlijke plaatsen van de vluchtweg (bv. richtingverandering, een kruising, ...) bedraagt de minimale horizontale verlichtingssterkte 5 lux.

Zodra de normale stroom uitvalt, dienen autonome bronnen automatisch en binnen één minuut de werking van de veiligheidsverlichting gedurende één uur te garanderen.

De veiligheidsverlichting dient te voldoen aan de geldende normen.

2.2.1.2.5 Actieve brandbeveiligingssystemen

De volgende actieve brandbeveiligingssystemen zijn terug te vinden in de wetgeving:

- Detectiesysteem
Een algemene automatische branddetectie is verplicht. In de bestaande voorzieningen dient de branddetectie ontworpen, uitgevoerd en onderhouden te worden volgens de regels van goed vakmanschap. Voor nieuwe voorzieningen is een automatische branddetectie verplicht conform NBN S 21-100 en addenda.
- Automatisch blussysteem
De toepassing van een automatisch blussysteem is niet voorzien in de regelgeving, behalve in de collectieve keukens bij elk vast bak-, braad- of frituurtoestel.
- Ontroking
De toepassing van een ontrokingssysteem is niet voorzien in de regelgeving.

2.2.1.2.6 Personeel

Het personeel dat in de voorziening werkzaam is, dient een vorming in verband met brandpreventie te krijgen. Er zijn geen eisen in verband met het aantal personeelsleden in functie van het aantal bewoners opgenomen in deze regelgeving.

2.2.1.3 Open compartimenten gelegen in de evacuatieweg

Enkel in de Vlaamse regelgeving is het toegestaan om niet-afgesloten zones aan te brengen in de evacuatieweg op voorwaarde dat aan de onderstaande vereisten voldaan wordt:

- in de zithoeken mogen geen activiteiten plaatsvinden die brandgevaar opleveren. In de toelichting op de regelgeving wordt vermeld dat het gebruik van toestellen zoals kookplaten, koffiezetapparaten of microgolfovens niet toegelaten is;
- er mag een tv-toestel staan, dat na gebruik volledig (manueel) uitgeschakeld wordt;
- de opgestelde zitmeubels (stoelen, zetels,...) hebben een verbeterd brandgedrag en dienen te voldoen aan de normen NBN EN 1201-1 en NBN EN 1201-2;
- de nuttige breedte van de evacuatieweg moet ter hoogte van de zithoek op elk moment gewaarborgd blijven.

2.2.1.4 Graad van bescherming

Indien voldaan wordt aan de prestatie-eisen opgenomen in de Vlaamse regelgeving (en de federale wetgeving), wordt eveneens voldaan aan de functionele eisen zodat een voldoende graad van bescherming (bepaald door de wetgever) bekomen wordt.

Afwijkingen op de Vlaamse regelgeving kunnen bekomen worden na een positief advies van de Technische Commissie Brandveiligheid WVG, afwijkingen op de federale basisnormen na een positief advies van de Commissie voor Afwijking van de federale overheid. Bij dergelijke afwijkingsdossiers dienen alternatieve maatregelen aangewend te worden om een gelijkwaardig veiligheidsniveau te kunnen garanderen. Het is echter niet duidelijk aan welke criteria moet voldaan worden om aan de functionele eisen te voldoen en aldus het gewenste veiligheidsniveau te bekomen.

2.2.2 Het Verenigd Koninkrijk

2.2.2.1 Algemeen

Het Verenigd Koninkrijk is ingedeeld in vier landen, nl. Engeland, Wales, Schotland en Noord-Ierland. Voor deze landen bestaan er afzonderlijke bouwregelgevingen (*Building Regulations*), waarbij het gedeelte "Brandveiligheid" opgenomen is in de onderstaande documenten:

- voor Engeland en Wales: *Approved Document B* van de *Building Regulations* [9];
- voor Schotland: Sectie 2 van Schedule 5 van de *Building Regulations* [10];
- voor Noord-Ierland: in Deel E van de *Building Regulations* [11].

In alle bovenvermelde wetgevingen zijn enkel functionele eisen vastgelegd. Deze zijn van toepassing op nieuwe gebouwen. Voor bestaande gebouwen is het document [12] in Engeland en Wales van toepassing.

Voor alle bovenvermelde wetgevingen zijn documenten opgesteld die richtlijnen geven over hoe voldaan kan worden aan de functionele eisen vervat in de wetgeving:

- voor Engeland en Wales: een toelichtingsdocument voor gezinswoningen [13] en niet-gezinswoningen [14];
- voor Schotland: een toelichtingsdocument voor gezinswoningen [15] en niet-gezinswoningen [16];
- voor Noord-Ierland: een toelichtingsdocument [17].

2.2.2.2 Specifieke regelgeving omtrent ouderenvoorzieningen

In Engeland is er geen specifieke regelgeving omtrent ouderenvoorzieningen.

In Wales, Schotland en Noord-Ierland daarentegen zijn hiervoor wel specifieke richtlijnen opgesteld:

- Voor Wales [18] zijn deze van toepassing op nieuwe en bestaande gebouwen. Een ander document [19] is van toepassing op nieuwe gebouwen.
- Voor Schotland zijn deze richtlijnen [20] van toepassing op bestaande gebouwen. In het geval van een nieuw gebouw is het toelichtingsdocument voor niet-gezinswoningen [16] van toepassing.
- Voor Noord-Ierland zijn richtlijnen [3] van toepassing op bestaande gebouwen. Een ander document [21] is van toepassing op zowel nieuwe als bestaande gebouwen.

2.2.2.2.1 Compartimentering

Elke bouwlaag wordt onderverdeeld in compartimenten en deelcompartimenten om de horizontale evacuatie te garanderen.

Wales:

In de richtlijnen voor ouderenvoorzieningen zijn geen beperkingen opgelegd aan de grootte van een (deel)compartiment, maar wel in het document [19]. Deze bedraagt maximaal 2000 m² voor een compartiment en maximaal 750 m² voor een deelcompartiment.

Schotland:

De maximale oppervlakte van een compartiment bedraagt 1500 m² (zowel nieuwe als bestaande gebouwen), deze van een deelcompartiment bedraagt 750 m² (zowel nieuwe als bestaande gebouwen).

Noord-Ierland:

In de richtlijnen voor ouderenvoorzieningen zijn geen beperkingen terug te vinden in verband met de grootte van een compartiment, echter wel aan het aantal bewoners per deelcompartiment. Zo is het aantal bedden per deelcompartiment afhankelijk van het aantal personeelsleden, zoals weergegeven in de onderstaande tabel:

Aantal personeelsleden met 24-uur permanentie	Maximaal aantal bedden per deelcompartiment
Minder dan 2 personeelsleden	5
2 of 3 personeelsleden	7
4 of meer personeelsleden	9

In nog een ander document [22] is terug te vinden dat de oppervlakte van een compartiment maximaal 1500 m² bedraagt en deze voor een deelcompartiment maximaal 750 m².

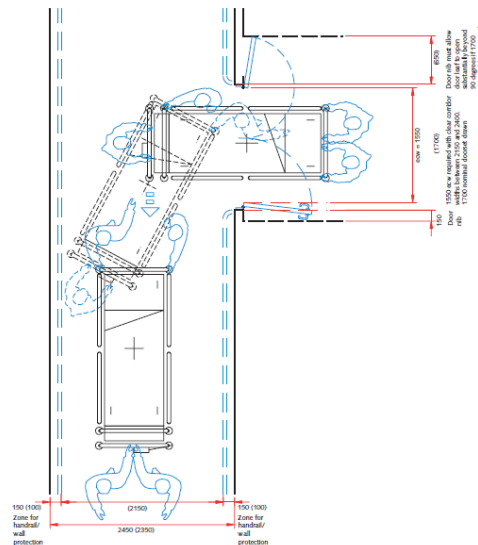
2.2.2.2.2 Evacuatiewegen

De deelcompartimenten dienen voorzien te zijn van minstens twee onafhankelijke uitgangen.

Wales:

In het ene document [18] bedraagt de loopafstand van eender welk punt in een (deel)compartiment tot een veilige locatie maximaal 20 m. In het andere document [19] staat beschreven dat de loopafstand in een kamer tot de evacuatieweg maximaal 12 m bedraagt en de loopafstand vanuit elk punt van een deelcompartiment tot een veilige locatie maximaal 25 m bedraagt. Hierin staat ook vermeld dat de totale loopafstand van eender welke locatie in een compartiment tot een veilige zone maximaal 60 m mag bedragen.

De minimale breedte van een evacuatieweg bedraagt 1,2 m. Toch dient deze verhoogd te worden indien evacuatie van bedlegerige bewoners noodzakelijk is, zoals weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 3: Bepalen van de breedte van de evacuatieweg in het geval van bedlegerige bewoners [19]

De afwerking van de wanden en de plafonds in evacuatiewegen dienen te beschikken over Class 0 (in bestaande gebouwen bedraagt deze klassering Class 1).

Alle soorten textiel en meubilair die toegepast worden door de bewoners of de eigenaar van het gebouw dienen te voldoen aan de vereisten opgenomen in het document *Furniture and Furnishings (Fire) (Safety) Regulations 1993*.

Schotland:

Voor bestaande gebouwen zijn de loopafstanden afhankelijk van de graad van zelfredzaamheid van de bewoners en de toepassing van een automatisch blussysteem zoals weergegeven in de onderstaande tabel:

Afhankelijkheid van de bewoner	Automatisch blussysteem	Afstand vanuit een kamer tot de evacuatieweg	Maximale afstand vanuit een kamer tot een veilige plaats
Hoog	Neen	9 m	18 m
	Ja	12 m	25 m
Gemiddeld	Neen	12 m	25 m
	Ja	15 m	32 m
Laag	-	15 m	32 m

Bij nieuwe gebouwen bedraagt de maximale loopafstand van eender welke locatie in een compartiment tot een veilige zone 64 m. Tevens zijn de bovenvermelde afstanden voor een bewoner met een hoge afhankelijkheid van toepassing (zonder automatisch blussysteem), nl. 9 en 18 m.

De minimale breedte van een evacuatiweg bedraagt 1,2 m in het geval van bestaande gebouwen. Toch dient deze verhoogd te worden indien evacuatie van bedlegerige bewoners noodzakelijk is (zie ook Figuur 3). In dit laatste geval bedraagt de breedte minimaal 1,5 m (bij nieuwe gebouwen).

Er zijn geen expliciete eisen i.v.m. de afwerking van de wanden en de plafonds in evacuatiwegen terug te vinden, behalve dat ze onbrandbaar dienen te zijn.

In bestaande gebouwen zijn onderstaande zaken “normaal gezien” niet toegelaten in de evacuatiwegen:

- zitmeubelen;
- kookapparatuur;
- vestiaire;
- fotokopieermachines;
- verkoopautomaten (bv. frisdrankautomaten).

Noord-Ierland:

De maximale loopafstand in een kamer tot de evacuatiweg bedraagt 9 m, de maximale loopafstand vanuit elk punt van een deelcompartiment tot een veilige locatie bedraagt 18 m. Deze afstanden zijn gelinkt aan een ruimte met “normaal brandgevaar”.

De minimale breedte van een evacuatiweg bedraagt 1,2 m en dient aangepast te worden indien bedlegerige personen dienen geëvacueerd te worden.

De afwerking van de wanden en de plafonds in evacuatiwegen dient onbrandbaar te zijn.

Onderstaande zaken zouden “onder bepaalde voorwaarden” kunnen toegelaten worden in de evacuatiwegen:

- kleine vestiaires of beperkt aantal zitmeubelen die voldoen aan de BS 7176;
- kleine elektronische apparatuur (bv. fotokopieermachines);
- verkoopautomaten (bv. frisdrankautomaten).

Alle soorten textiel en meubilair die toegepast worden door de bewoners of de eigenaar van het gebouw dienen te voldoen aan de vereisten opgenomen in *Furniture and Furnishings (Fire) (Safety) Regulations 1993*.

2.2.2.2.3 Deuren

De deuren aangebracht in de (deel)compartimenten dienen bij brand zelfsluitend, vlamdicht (Europese E-klassering volgens de Europese norm EN 13501-2) en rookwerend (Europese S_a-klassering volgens de Europese norm EN 13501-2) te zijn. Bij de bij brand zelfsluitende deuren wordt een onderscheid gemaakt tussen deuren die sluiten d.m.v. een automatisch ontgrendelingsmechanisme (‘automatic release device’) en deuren uitgerust met deursluiters met vrijloop (‘swing free arms’). Het eerste type wordt eerder toegepast bij deuren tussen verschillende deelcompartimenten (die in de meeste gevallen open zijn), terwijl het andere type vooral toegepast wordt bij de deuren van de kamers.

2.2.2.2.4 Signalisatie in de evacuatiewegen

De evacuatiewegen dienen voorzien te worden van noodverlichting die dient te voldoen aan de Britse norm BS 5266-1, de Europese norm EN 1838 (enkel vermeld in Schotland en Noord-Ierland) of de Europese norm EN 50172 (enkel vermeld in Noord-Ierland).

2.2.2.2.5 Actieve brandbeveiligingssystemen

De volgende actieve brandbeveiligingssystemen zijn terug te vinden in de aanbevelingen:

- Detectiesysteem

Een automatisch detectiesysteem is verplicht voor nieuwe gebouwen, maar niet voor bestaande gebouwen (doch dit wordt wel ten eerste aangeraden).

Het automatisch detectiesysteem dient dan te voldoen aan de BS 5839-1.

- Automatisch blussysteem

In Schotland is sedert 2005 voor zowel nieuwe als bestaande gebouwen de toepassing van een automatisch blussysteem verplicht in oudervoorzieningen. In het geval van bestaande gebouwen kan een automatisch blussysteem beperkt worden tot de ruimtes die het grootste risico opleveren. Dit automatisch blussysteem dient te voldoen aan de BS 9251. Sedert 2014 is de toepassing van een automatisch blussysteem eveneens in Wales verplicht [23].

In Noord-Ierland is de toepassing van een automatisch blussysteem niet verplicht, maar kan het aangewend worden om te voldoen aan de functionele eisen vervat in de wetgeving.

- Ontroking

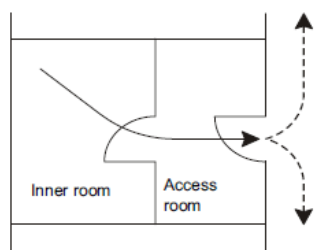
De toepassing van een ontrokingssysteem is niet verplicht, maar het kan aangewend worden om te voldoen aan de functionele eisen vervat in de wetgeving.

2.2.2.2.6 Personeel

Er zijn geen specifieke eisen voor het personeel. Er wordt wel vermeld dat er slechts sprake kan zijn van een vlotte en veilige evacuatie indien er voldoende personeel aanwezig is en dat deze voorbereid zijn voor eventuele brandsituaties. Verschillende aandachtspunten bij dergelijke situaties worden toegelicht zonder hierop diep in detail te gaan aangezien dit ook afhankelijk is van de fysische en psychische toestand van de bewoners en de indeling van het gebouw. Het frequent uitvoeren van evacuatie-oefeningen is eveneens een aanbeveling.

2.2.2.3 Open compartimenten in de evacuatiweg

Een open compartiment in een evacuatiweg is niet toegestaan. In de aanbevelingen is er wel sprake van de evacuatie vanuit een ruimte (*inner room*) die doorheen een andere ruimte (*access room*) dient te gaan zoals weergegeven in de onderstaande figuur:



Figuur 4: Configuratie van een "inner room" [20]

Een open compartiment zoals opgenomen in de scope van deze studie zou dus eventueel kunnen gelijk gesteld worden aan de *access room*.

Afhankelijk van het land is dergelijk evacuatie mogelijk indien aan alle onderstaande voorwaarden voldaan is:

Wales:

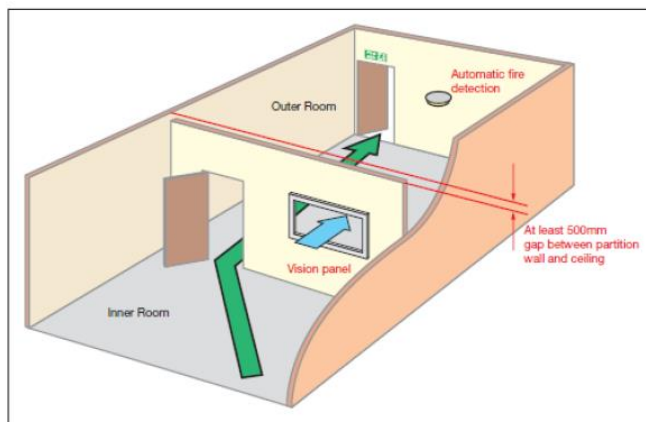
- de *inner room* mag niet gebruikt worden als slaapvertrek;
- de *access room* mag geen "brandgevoelig" lokaal zijn, zoals bv. een keuken, een opslagplaats, grote dagverblijven,...;
- de maximale loopafstand van elke punt in de *inner room* tot de uitgang van de *access room* bedraagt 10 m.

Schotland:

- bestaande gebouwen:
 - de *inner room* mag niet gebruikt worden als slaapvertrek;
 - de *access room* bevat beperkte brandbare producten en ontstekingsbronnen;
 - de maximale loopafstand van elke punt in de *inner room* tot de uitgang van de *access room* bedraagt 9 m.
- nieuwe gebouwen:
 - de *inner room* mag niet gebruikt worden als slaapvertrek;
 - tussen de *inner room* en de evacuatiweg mag slechts één *access room* aanwezig zijn;
 - de *access room* dient voorzien te zijn van een automatische detectiesysteem en een automatisch blussysteem;
 - de *access room* mag geen ruimte zijn met groot brandgevaar.

Noord-Ierland:

De configuratie van de *inner room* verschilt een beetje van Figuur 4 en wordt hieronder weergegeven:



Figuur 5: Configuratie van een "inner room" in Noord-Ierland [3]

- er dient een beglazing aanwezig te zijn in de scheiding tussen beide kamers;
- er dient een opening van minimaal 500 mm te zijn tussen de scheiding en het plafond zodat rook kan waargenomen worden in de *inner room*;
- er dient een automatische branddetectiesysteem aanwezig te zijn in de *access room* (dit wordt *outer room* genoemd in Figuur 5);
- het aantal personen in de *inner room* is beperkt tot 60;
- de *access room* dient bemand te zijn door dezelfde persoon als deze voor de *inner room*;
- de maximale loopafstand van elke punt in de *inner room* tot de uitgang van de *access room* bedraagt 9 m;
- niemand mag door meer dan één *access room* gaan;
- de *access room* mag geen plaats zijn met een groot brandgevaar;
- de *inner room* mag niet gebruikt worden als slaapvertrek.

Engeland en Wales

In het document [14] staat beschreven dat er geen extra eisen nodig zijn voor een *inner room* indien deze beschikt over twee uitgangen.

2.2.2.4 Graad van bescherming

In de wetgeving zijn enkel functionele eisen vermeld. Om hieraan te voldoen kan er beroep gedaan worden op de aanbevelingen vermeld in de bovenvermelde documenten ofwel door toepassing van Fire Safety Engineering.

De manier van werken van dit laatste principe is beschreven in de PD 7974-reeks [24] of de BS 9999 [25].

In PD 7974-6:2004 zijn eveneens criteria opgenomen die een veilige evacuatie garanderen, m.a.w. er wordt verondersteld dat er sprake is van een veilige evacuatie indien de personen zich dienen te begeven in een omgeving die voldoet aan hieronder weergegeven criteria:

- duidelijke scheiding rooklaag – omgevingslucht (twee-zone model):
 - rookvrije hoogte: min. 2,5 m;
 - temperatuur rooklaag: max. 200°C;
 - stralingsflux (rooklaag): max. 2,5 kW/m²;
- de rook omvat de volledige ruimte:
 - zichtbaarheid:
 - min. 10 m voor ruimtes groter dan 100 m²;
 - min. 5 m voor ruimtes kleiner of gelijk aan 100 m²;
 - temperatuur (rooklaag): max. 60 °C.

2.2.3 Duitsland

2.2.3.1 Algemeen

In Duitsland is er een algemene bouwregelgeving [26] die opgesteld is in samenspraak met de federale staat (*Bund*) en de 16 regionale staten (*Länder*), inclusief de drie stadstaten (*Stadtstaaten*). Het gedeelte “Brandveiligheid” in deze wetgeving bevat vooral richtlijnen (met functionele eisen) die de regionale staten (en zelfs de steden) kunnen gebruiken in het opstellen van hun eigen (prescriptieve) wetgeving. Dit houdt in dat het enorm moeilijk is om een algemene wetgeving omtrent brandveiligheid terug te vinden in Duitsland aangezien elke regionale staat en stadstaat een eigen bouwregelgeving, en dus ook een eigen regelgeving omtrent brandveiligheid, heeft. Om die reden zal enkel de regelgeving in de regionale staat Noordrijn-Westfalen [27] en de stadstaat Hamburg [28] onderzocht worden.

2.2.3.2 Specifieke regelgeving omtrent ouderenvoorzieningen

In de betreffende bouwregelgevingen is er geen specifieke regelgeving omtrent ouderenvoorzieningen opgenomen. Er zijn wel meerdere richtlijnen opgesteld die betrekking hebben op de brandveiligheid in ouderenvoorzieningen:

- Noordrijn-Westfalen: richtlijn [29] en toelichting van de richtlijn [30].
- Hamburg: richtlijn [31].

Alhoewel er in deze richtlijnen, evenals in de bouwregelgeving, prestatie-eisen opgenomen zijn voor de bouwelementen, zijn de bijhorende klasseringen niet altijd vermeld.

2.2.3.2.1 Compartimentering

Elke bouwlaag wordt onderverdeeld in compartimenten en deelcompartimenten. De maximale oppervlakte van een compartiment bedraagt 2000 m². Voor de maximale oppervlakte van de deelcompartimenten worden waarden van 400 m² (Hamburg) en 500 m² (Noordrijn-Westfalen) teruggevonden. Tevens is het maximaal aantal bewoners per deelcompartiment verschillend, doch deze bedraagt steeds maximaal 10 à 12 bewoners.

2.2.3.2.2 Evacuatiewegen

Volgens de algemene bouwwetgeving [26] moeten er minstens twee onafhankelijke evacuatiewegen voorzien worden. De minimale breedte van de evacuatieweg is verschillend in alle onderzochte documenten doch dient zodanig bepaald te worden dat een evacuatie in twee richtingen mogelijk is. De loopafstand in een evacuatieweg bedraagt maximaal 30 m of 15 m indien het een doodlopende evacuatieweg betreft.

De materialen van de wanden in evacuatiewegen dienen onbrandbaar te zijn.

Alle soorten textiel of meubilair dienen te voldoen aan de normen DIN 66080, DIN 66084, EN 1021-1 en EN 1021-2.

2.2.3.2.3 Deuren

De deuren die toegepast worden in compartimenten dienen brandwerend, rookwerend en zelfsluitend te zijn. De deuren van de kamers van de bewoners dienen bij brand zelfsluitend te zijn, d.w.z. de deuren dienen uitgerust te zijn met deursluiters met vrijloop.

De bijhorende klasseringen hiervoor zijn echter niet terug te vinden.

2.2.3.2.4 Signalisatie in de evacuatiewegen

Er dient noodverlichting aangebracht te worden in de evacuatiewegen.

2.2.3.2.5 Actieve brandbeveiligingssystemen

De volgende actieve brandbeveiligingssystemen zijn terug te vinden in de wetgeving:

- Detectiesysteem

Een algemene automatische branddetectie is verplicht en dient te voldoen aan de Duitse norm DIN 14675.

- Automatisch blussysteem

Enkel in de richtlijn van Noordrijn-Westfalen wordt beschreven dat een automatisch blussysteem kan aangewend worden om bepaalde eisen "weg te laten". Zo dienen bv. de deuren van een kamer niet bij brand zelfsluitend te zijn indien een automatische blussing toegepast wordt.

De toepassing van een automatische blussing is niet opgenomen in de andere onderzochte documenten.

- Ontroking

Een ontrokingssysteem wordt enkel toegepast om een rookvrije zone te garanderen na de evacuatie.

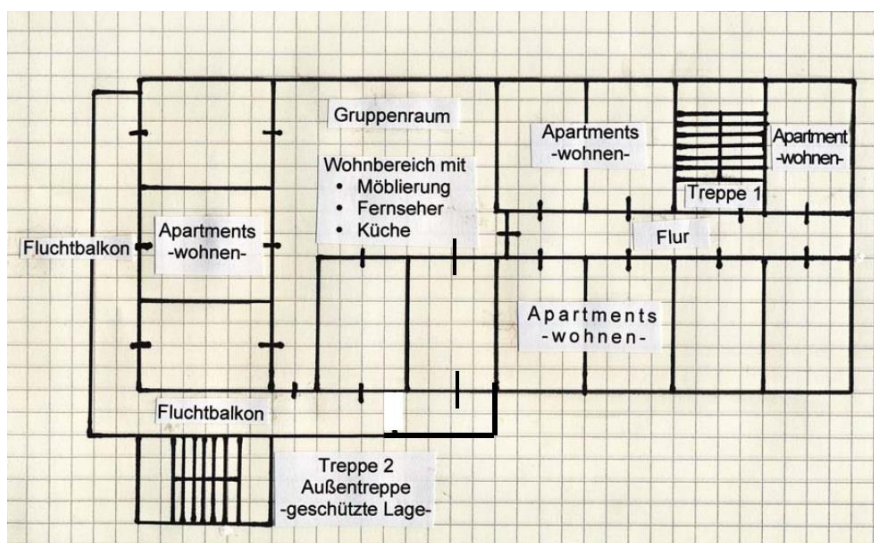
2.2.3.2.6 Personeel

Het personeel dient voldoende opgeleid te zijn om te kunnen assisteren in het geval van evacuatie. Tevens dient er een brandveiligheidsverantwoordelijke aangeduid te worden.

2.2.3.3 Open compartimenten in de evacuatieweg

In Hamburg is een open gemeenschappelijke ruimte die uitgeeft op een evacuatieweg toegestaan, op voorwaarde dat er 24-uurs permanentie is en dat er voldoende personeel aanwezig is om te assisteren bij de evacuatie. Er staat echter niet beschreven hoeveel personeel hiervoor nodig is. Hierbij is het toegestaan dat een kamer slechts over één uitgang beschikt die uitgeeft op de gemeenschappelijke ruimte (zie ook Figuur 2).

In een brief van de Duitse Brandweervereniging [32] daarentegen wordt bovenstaande configuratie echter als brandonveilig beschouwd. Volgens het document dient elke kamer die uitgeeft op een gemeenschappelijke ruimte te beschikken over een tweede uitgang zoals weergegeven in de onderstaande figuur. Indien dit niet het geval is, dient de gemeenschappelijke ruimte gecompartmenteerd te worden.



Figuur 6: Aanbrengen van twee uitgangen voor kamers die uitgeven op een gemeenschappelijke ruimte [32]

2.2.3.4 Graad van bescherming

Bovenvermelde richtlijnen zijn meestal (doch niet altijd) opgesteld aan de hand van prestatie-eisen, doch er is eveneens een mogelijkheid om aan te tonen dat een afwijking hierop kan voldoen op voorwaarde dat voldaan is aan de functionele eisen. Het is echter niet duidelijk aan welke criteria moet voldaan worden om aan de functionele eisen te voldoen en aldus een graad van bescherming te bekomen.

2.2.4 Frankrijk

2.2.4.1 Algemeen

Er is een algemene prescriptieve wetgeving omtrent brandveiligheid in publiek toegankelijke gebouwen [33]. Op basis van de activiteiten die in dergelijke gebouwen kunnen plaatsvinden (bv. winkels, danszalen, restaurants, banken, musea, ...), zijn hiervoor verschillende hoofdstukken opgesteld.

Bovenvermelde wetgeving is van toepassing op nieuwe gebouwen. Bestaande gebouwen dienen op regelmatige tijdstippen gecontroleerd te worden door de lokale afdelingen van de *Commission de Sécurité* om na te gaan of het gebouw (en zijn toepassing) nog steeds voldoet aan de wetgeving. Indien het gebouw (en zijn toepassing) niet meer voldoet aan de huidige wetgeving, geeft deze *Commission de Sécurité* een advies van hoe het gebouw dient aangepast te worden om te voldoen aan de wetgeving.

2.2.4.2 Specifieke regelgeving omtrent ouderenvoorzieningen

Er is een specifieke regelgeving voorzien voor ouderenvoorzieningen en deze is opgenomen in Hoofdstuk 14 van de algemene wetgeving [34]. Deze wetgeving legt de nadruk op een horizontale evacuatie van de bewoners van ouderenvoorzieningen naar een veilige zone en dit bij het begin van een brand.

2.2.4.2.1 Compartimentering

Ook hier kan een brandcompartiment ingedeeld worden in meerdere deelcompartimenten. Er is geen maximale oppervlakte opgegeven voor het compartiment zelf, maar een deelcompartiment mag maximaal 600 m² bedragen. In het geval van slapende bewoners (aantal: max. 14) dient de wand van het deelcompartiment een brandweerstand te hebben van 1 uur (*coupe-feu de degré une heure*). Volgens de conversietabel opgenomen in de Franse wetgeving [35] kan deze laatste brandweerstandseis ook aangetoond worden door een Europese EI 60 klassering (volgens de Europese norm EN 13501-2).

2.2.4.2.2 Evacuatiewegen

Ieder deelcompartiment dient over minstens twee uitgangen te beschikken.

De loopafstand vanaf eender welke locatie in een deelcompartiment tot een veilige plaats (bv. trappenhuis, ...) bedraagt maximaal 40 m of 30 m indien het een doodlopende evacuatieweg betreft.

De minimale breedte van een evacuatieweg bedraagt 2 UP (UP: Unité de passage), ofwel 1,4 m. De minimale hoogte bedraagt 2,7 m. Deze laatste waarde staat niet expliciet vermeld in de wetgeving, maar kan afgeleid worden aan de hand van de positie van de mechanische extractiepunten (zie § 2.2.4.2.5).

De afwerking van de wanden in evacuatiewegen dient over een M0-klassering volgens de Franse norm NF P 92-507 (= onbrandbaar materiaal) te beschikken. Volgens de conversietabel opgenomen in de Franse wetgeving [36] kan deze reactie bij brand eis ook aangetoond worden door een Europese A2,s1-d0 klassering (volgens EN 13501-1).

2.2.4.2.3 Deuren

De deuren aangebracht in de deelcompartimenten dienen over een vlamdichtheid van 30 minuten te beschikken (*pare-flammes de degré une demie heure*). Volgens de conversietabel opgenomen in de Franse wetgeving [35] kan deze laatste brandweerstandseis ook aangetoond worden door een Europese E 30 klassering (volgens de Europese norm EN 13501-2). De deuren die zich ter plaatse van een trappenhal (of een publiek toegankelijke ruimte) bevinden, dienen eveneens bij brand zelfsluitend te zijn. Er wordt niet expliciet vermeld of deze deuren dienen voorzien te zijn van een automatisch ontgrendelingsmechanisme of van een deursluiters met vrijloop. De deuren van een kamer dienen enkel zelfsluitend te zijn.

2.2.4.2.4 Signalisatie in de evacuatiewegen

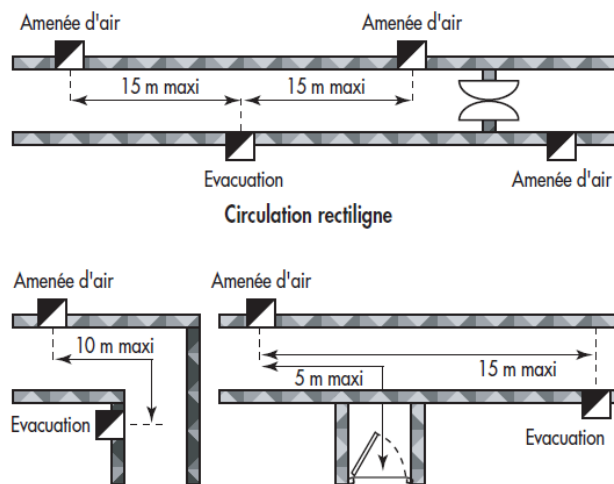
De evacuatiewegen dienen voorzien te zijn van een veiligheidsverlichting die voldoet aan de voorschriften van het document *Section III, chapitre VIII, titre 1^{er}, du livre II*.

2.2.4.2.5 Actieve brandbeveiligingssystemen

De volgende actieve brandbeveiligingssystemen zijn terug te vinden in de wetgeving:

- Detectiesysteem
Een algemene automatische branddetectie is verplicht en dient te voldoen aan de Franse norm NF S 61-936 (en artikel MS 61 – Type 1).
- Automatisch blussysteem
De toepassing van een automatisch blussysteem is (nog) niet voorzien in de wetgeving.
- Ontroking
De toepassing van een ontrokingssysteem is verplicht en dient aangebracht te worden in de evacuatiewegen. Er wordt vooral gebruik gemaakt van mechanische RWA, doch er kan ook gebruik gemaakt worden van natuurlijke RWA op voorwaarde dat het enkel de onderste twee verdiepingen van een gebouw betreft.
Het ontrokingssysteem is gekoppeld aan de automatische branddetectie en wordt geactiveerd in geval van brand.
De eisen omtrent het ontrokingssysteem zijn opgenomen in het document IT 246 [37]. De eisen in verband met mechanische pulsie en extractie worden hieronder kort vermeld:
 - de extractieventilatoren dienen gedurende een periode van 60 minuten rook met een maximale temperatuur van 400 °C te kunnen afvoeren ofwel F₄₀₀ 90;
 - de kanalen dienen opgebouwd te zijn uit een materiaal met de klasse A2-s2,d0;
 - de luchtsnelheid ter plaatse van de mechanische pulsie bedraagt maximaal 5 m/s;
 - het minimaal pulsiedebiet is afhankelijk van de afmetingen van de doorgang waarbij deze 0,5 m²/s per UP (Unité de Passage) bedraagt. De bekomen waarde dient afgerond te worden naar het volgende gehele getal;
 - het extractiedebiet per zone bedraagt maximaal 8 m³/s;
 - het drukverschil tussen de ontrokingzone en de aanliggende zone dient kleiner te zijn dan 80 Pa;

de mechanische pulsie en extractie worden alternerend in de muur aangebracht zoals weergegeven in de onderstaande figuur:



Figuur 7: Locatie van de mechanische pulsie en extractie in een evacuatieweg (horizontale doorsnede)

de positie van de pulsie (onderaan de wand) en de extractie (bovenaan de wand) wordt weergegeven in de onderstaande figuur



Figuur 8: Locatie van de mechanische pulsie en extractie in een evacuatieweg (verticale doorsnede)

2.2.4.2.6 Personeel

De taak van het personeel wordt als volgt beschreven in *Section XII Moyens de Secours – Article J34*: « *La surveillance de l'établissement doit être assurée par des employés spécialement désignés et entraînés à la mise en œuvre des moyens de secours* ».

Uit deze eis is echter niet duidelijk af te leiden over hoeveel personeel dit gaat (en over hoeveel bouwlagen), maar tijdens een gesprek met het Franse Ministerie van Binnenlandse Zaken werd verduidelijkt dat bovenstaande eis dient “gelezen” te worden als “twee personeelsleden per deelcompartiment”. In praktijk wordt dit echter geïnterpreteerd als “enkele personeelsleden in het gehele gebouw”.

2.2.4.3 Open compartimenten in de evacuatiweg

Een open ruimte die uitgaat op de evacuatiweg is toegelaten op voorwaarde dat aan alle onderstaande vereisten voldaan is:

- de ruimte is geklasseerd als “risques courants”. Er wordt echter niet vermeld wat dit exact inhoudt;
- de oppervlakte van de ruimte bedraagt maximaal 100 m²;
- de wanden van de ruimte zijn opgebouwd uit onbrandbare materialen (Franse M0-klassering of Europese A2-s1,d0-klassering);
- de ruimte is voorzien van een branddetectie;
- de ruimte is voorzien van een mechanische RWA-systeem. Een natuurlijk RWA-systeem is ook toegelaten onder bepaalde voorwaarden;
- er mogen geen apparaten die op gas werken, aanwezig zijn;
- de ruimte mag geen elektrische toestellen bevatten met een vermogen hoger dan 3,5 kW. Het totaal vermogen van alle elektrische toestellen in deze ruimte mag niet meer dan 20 kW bedragen.

2.2.4.4 Graad van bescherming

Indien voldaan wordt aan de prestatie-eisen opgenomen in de wetgeving, wordt eveneens voldaan aan de functionele eisen zodat een voldoende graad van bescherming (bepaald door de wetgever) bekomen wordt.

Afwijkingen op de wetgeving kunnen bekomen worden na een positief advies van de Commission Consultative Départementale de Sécurité et d'Accessibilité (CCDSA – departementale afwijkingscommissie). De compenserende maatregelen op de afwijking op de wetgeving worden door deze commissie onderzocht, waarbij het Ministerie van Binnenlandse Zaken enkel een adviserende rol in verband met de interpretatie van de wetgeving kan geven. Het uiteindelijke - al dan niet positieve - advies wordt gegeven door de departementale afwijkingscommissie, waarbij de lokale commissie (meestal brandweer) na de opening van het gebouw (en een periode erna) nagaat of het advies daadwerkelijk uitgevoerd is.

Het is echter niet duidelijk aan welke criteria moet voldaan worden om aan de functionele eisen te voldoen en aldus het gewenste veiligheidsniveau te bekomen.

2.2.5 Nederland

2.2.5.1 Algemeen

Het Bouwbesluit 2012 [38] bevat voorschriften voor het uitvoeren van bouwactiviteiten, bouwen, verbouwen, gebruiken en slopen van bouwwerken. Deze voorschriften gelden voor nieuwe en bestaande bouwwerken en zijn van toepassing op alle bouwwerken (woningen, kantoren, maar ook tunnels, bruggen en viaducten). De eisen omtrent de brandveiligheid zijn afhankelijk van de specifieke functie van het gebouw (zoals bv. woningfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie, ...) en de “staat” van het gebouw (nieuw of bestaand gebouw). Naast de indeling in woontypen kent het Bouwbesluit nog een indeling in zwaarte van zorgbehoefte. Deze indeling gaat ervan uit dat de zelfredzaamheid omgekeerd evenredig is aan het noodzakelijke niveau van de aangeboden zorg.

Een document [39] werd opgesteld om het Bouwbesluit toe te lichten en te verduidelijken.

Indien een gebouw niet kan voldoen aan de vereisten opgenomen in het Bouwbesluit, dient een “gelijkwaardigheid” aangetoond te worden (zie verder).

2.2.5.2 Specifieke regelgeving omtrent ouderenvoorzieningen

Er is geen specifieke wetgeving voorzien voor ouderenvoorzieningen. Er zijn wel twee types gebruiksfuncties die eventueel kunnen betrekking hebben op ouderenvoorzieningen, nl. woonfuncties voor zorg (*woonfunctie waarbij aan de inwoners professionele zorg wordt verleend met een vanuit het zorgaanbod georganiseerde koppeling tussen wonen en zorg in een daarvoor bestemde en uitgeruste woonfunctie*) en gezondheidszorgfuncties (*gebruiksfunctie voor medisch onderzoek, verpleging, verzorging of behandeling*).

Aangezien het niet exact duidelijk is onder welke gebruiksfunctie de ouderenvoorzieningen kunnen gecatalogeerd worden, zullen in onderhavige paragrafen de eisen vermeld voor beide gebruiksfuncties besproken worden. Enkel indien er een verschillende eis vastgesteld wordt, zal dit expliciet vermeld worden.

2.2.5.2.1 Compartimentering

Ook hier wordt er een onderscheid gemaakt tussen een brandcompartiment (*gedeelte van één of meer bouwwerken bestemd als maximaal uitbreidingsgebied van brand*) en een subbrandcompartiment (*gedeelte van een brandcompartiment bestemd voor de beperking van verspreiding van rook en verdere beperking van het uitbreidingsgebied van brand*) waarbij een subbrandcompartiment een gebruiksoppervlakte heeft die hoogstens gelijk is aan deze van het brandcompartiment.

Deze indeling komt overeen met de eerder besproken compartimenten en deelcompartimenten doch de benamingen “brandcompartiment” en “subcompartiment” zullen in onderhavige paragrafen vermeld worden aangezien deze ook zo opgenomen zijn in de Nederlandse wetgeving.

Een praktisch voorbeeld van een subbrandcompartiment is bv. de kamer in een ouderenvoorziening of een gecompartmenteerde gemeenschappelijke ruimte waarbij de oppervlakte hiervan beperkt is tot 500 m² (gezondheidszorgfunctie) of 100 m² (woonfunctie voor zorg) bij een nieuw gebouw en tot 1000 m² (gezondheidszorgfunctie) of 200 m² (woonfunctie voor zorg) bij een bestaand gebouw.

De maximale oppervlakte van een brandcompartiment bedraagt 1000 m² in het geval van een nieuw gebouw en 2000 m² in het geval van een bestaand gebouw.

De wanden van de compartimenten dienen te voldoen aan de eis “Weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (wbdbo)” bepaald volgens de NEN 6068. Het is niet duidelijk met welke Europese klassering dit overeenkomt, doch in de documenten [40] en [41] wordt beschreven dat de grenzen van de brandcompartimenten over een EI-klassering (volgens de Europese norm EN 13501-2) dienen te beschikken, terwijl een EW-klassering (volgens de Europese norm EN 13501-2) voor alle andere wanden vereist wordt.

2.2.5.2.2 Evacuatiewegen

Het aantal nodige uitgangen van een (sub)brandcompartiment is afhankelijk van het aantal personen die zich in het (sub)brandcompartiment kunnen bevinden. Zo staat er enkel beschreven dat een subbrandcompartiment over minstens twee uitgangen dient te beschikken indien er meer dan 150 personen in de ruimte aanwezig zijn.

Er wordt wel een onderscheid gemaakt tussen onderstaande types (vlucht)routes bij het bepalen van de maximale loopafstand:

- vluchtroute: *route die begint in een voor personen bestemde ruimte, uitsluitend voert over vloer, trappen of hellingbanen en eindigt op een veilige plaats, zonder dat gebruikt hoeft te worden gemaakt van een lift;*
- beschermde route (alleen bij bestaande gebouwen): *buiten het subbrandcompartiment waar de vluchtroute begint gelegen gedeelte van een vluchtroute;*
- beschermde vluchtroute (alleen bij nieuwe gebouwen): *buiten een subbrandcompartiment gelegen gedeelte van een vluchtroute die uitsluitend voert door een verkeersruimte (= ruimte bestemd voor het bereiken van een andere ruimte, niet-zijnde een ruimte in een verblijfsgebied of in een functiegebied, een toiletruimte, een badruimte of een technische ruimte);*
- extra beschermde vluchtroute: *buiten een brandcompartiment gelegen gedeelte van een beschermde vluchtroute (bv. trappenhuis).*

De loopafstand in een vluchtroute bedraagt maximaal 30 m voor een nieuw gebouw en maximaal 75 m (gezondheidszorgfunctie) of 45 m (woonfunctie) voor een bestaand gebouw. Voor een bestaand gebouw zijn er geen loopafstanden opgenomen voor gezondheidszorgfuncties met bedgebied. De loopafstand in een beschermde vluchtroute (enkel bij nieuwe gebouwen) bedraagt maximaal 30 m. De loopafstand in een beschermde route (enkel bij bestaande gebouwen) wordt niet duidelijk vermeld.

De minimale breedte van een evacuatieweg bedraagt 0,85 m in het geval van een nieuw gebouw en 0,5 m in het geval van een bestaand gebouw. De minimale hoogte bedraagt 2,3 m in het geval van een nieuw gebouw en 1,7 m in het geval van een bestaand gebouw. In het geval van bedlegerige personen dient de evacuatieweg zodanig ontworpen te worden zodat deze aangepast is aan een bed met de afmetingen (lengte x breedte x hoogte) van 2,3 x 1,1 x 1,2 m (zowel voor nieuwe als bestaande gebouwen).

Bij nieuwe gebouwen dienen de materialen in de beschermde vluchtroutes over een B-s2 klassering (volgens de Europese norm EN 13501-1) te beschikken. Een d-klassering is echter niet vermeld in de wetgeving. Bij bestaande gebouwen wordt verwezen naar een Nederlandse klassering.

2.2.5.2.3 Deuren

Bij zowel nieuwe als bestaande gebouwen dienen deuren zelfsluitend te zijn indien deze zich in de constructies bevinden waarvoor een eis aan de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag of weerstand tegen rookdoorgang geldt. Dit kunnen bij brand zelfsluitende deuren zijn, doch dit is niet expliciet terug te vinden in de wetgeving.

Net zoals de wanden van de compartimenten dienen de deuren te voldoen aan de eis "Weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (wbdbo)" bepaald volgens de NEN 6068. In de documenten [40] en [41] wordt voor de deuren over het algemeen een EW-klassering (volgens de Europese norm EN 13501-2) voorgeschreven.

2.2.5.2.4 Signalisatie in de evacuatiewegen

De vluchtroutes dienen voorzien te zijn van noodverlichting die 15 seconden na het uitvallen van de voorziening van de elektriciteit gedurende een periode van minstens 60 minuten dient gegarandeerd te zijn. De noodverlichting dient te voldoen aan de Europese norm EN 1838.

2.2.5.2.5 Actieve brandbeveiligingssystemen

De volgende actieve brandbeveiligingssystemen zijn terug te vinden in de wetgeving:

- Detectiesysteem
Een volledige bewaking, d.w.z. een brandmeldinstallatie met handbrandmelders en (in nagenoeg alle ruimten) automatische brandmelders, conform de voorschriften van de Nederlandse norm NEN 2535, dient toegepast te worden.
- Automatisch blussysteem
De toepassing van een automatisch blussysteem is niet voorzien in de wetgeving. Het kan enkel aangewend worden om een gelijkwaardige graad van bescherming te bekomen in het geval van afwijkingen ten opzichte van de wetgeving.
- Ontrokingssysteem
De toepassing van een ontrokingssysteem is niet voorzien in de wetgeving. Het kan enkel aangewend worden om een gelijkwaardige graad van bescherming te bekomen in het geval van afwijkingen ten opzichte van de wetgeving.

2.2.5.2.6 Personeel

Er zijn geen eisen omtrent de eventuele taken van het personeel of het aantal personeelsleden in functie van het aantal bewoners opgenomen in de regelgeving.

Ter info:

Er zijn wel meerdere richtlijnen opgesteld om gezondheidszorginstellingen brandveilig te maken [42] [43] [44]. Hierbij wordt niet enkel actieve brandbeveiliging (of eventueel een bijkomende passieve brandbeveiliging) toegepast als compenserende maatregel, maar er wordt vooral gerekend op een snelle inzet van voldoende personeel teneinde de evacuatie tijd te reduceren. Er wordt eveneens benadrukt dat er bij het brandveiligheidsconcept rekening dient gehouden te worden met de karakteristieken van de bewoners van de gezondheidszorginstellingen.

In het geval van een “gelijkwaardigheidsbepaling” is de inzetbaarheid van het personeel dus enorm belangrijk voor een goede evacuatie, doch dit wordt echter (te veel) overschat. Zo is bv. tijdens de brand in de Kliniek Intensieve Zorg Ouderen in Rivierduinen (zie § 2.1.1.) gebleken dat één van twee aanwezige personeelsleden “blokkeerde” tijdens de brand waardoor de evacuatie in het gedrang kwam. En dit terwijl een in een ziekenhuis uitgevoerd experiment [42, p. 16] aangetoond heeft dat binnen twee minuten na alarmering twee verpleegkundigen bij de brandruimte kunnen aanwezig zijn en dat in de meest ongunstige situatie (loskoppelen apparatuur) binnen anderhalve minuut een kamer met vier bedgebonden patiënten door 2 personen kan ontruimd zijn.

2.2.5.3 Open compartimenten in de evacuatieweg

In Artikel 2.107 lid 12 van het Bouwbesluit 2012 staat het volgende: *“Een niet besloten ruimte waardoor een vluchtroute voert, heeft een zodanige capaciteit voor de afvoer van warmte en rook, en de toevoer van verse lucht dat die ruimte tijdens brand gedurende langere tijd kan worden gebruikt om te vluchten en voor het uitvoeren van reddings- en bluswerkzaamheden”*.

Concreet wil dit zeggen dat er niet voorgeschreven wordt hoe dergelijk open compartiment dient uitgevoerd te worden om te voldoen aan de functionele eis, waardoor dit dient aangetoond te worden aan de hand van de “gelijkwaardigheidsbepaling” (zie verder). Op basis van bovenstaand artikel kan echter wel (voorzichtig) geconcludeerd worden dat enkel een ontrokingssysteem kan aangewend worden als actief brandbeveiligingssysteem om een rookvrije evacuatieomgeving te garanderen.

2.2.5.4 Graad van bescherming

Indien voldaan wordt aan de prestatie-eisen opgenomen in de wetgeving, wordt eveneens voldaan aan de functionele eisen zodat een voldoende graad van bescherming (bepaald door de wetgever) bekomen wordt.

Indien een gebouw niet kan voldoen aan de prestatie-eisen vermeld in de wetgeving, kan hiervoor een afwijking bekomen worden op voorwaarde dat een gelijkwaardige graad van bescherming, ook wel “gelijkwaardigheidsbepaling” genoemd, van de functionele eisen kan aangetoond worden.

In het boek [45, p. 248] worden enkele richtwaarden gegeven die een “gemiddeld genomen veilige waarde” geven voor criteria voor veilig vluchten:

- duidelijke scheiding rooklaag – omgevingslucht (twee-zone model):
 - stralingsflux (rooklaag): max. 2,5 kW/m² (dit komt ongeveer overeen met een rooklaagtemperatuur van 200 °C);
- de rook omvat de volledige ruimte:
 - zichtbaarheid:
 - min. 10 m voor ruimtes met beperkte afmetingen (bv. kamer);
 - min. 2 à 3 m voor een gang;
 - temperatuur (rooklaag): max. 70 °C.

2.2.6 Zweden

2.2.6.1 Algemeen

Het gedeelte “Brandveiligheid” is in Zweden opgenomen in Hoofdstuk 5 van de Zweedse Bouwregelgeving [46] en heeft zowel een prescriptief als een performantieel karakter. Het prescriptieve gedeelte van de wetgeving is enkel van toepassing op nieuwe gebouwen en gebouwen waaraan aanpassingen/uitbreidingen aangebracht worden. Gebouwen die gebouwd zijn voor het in voege treden van bovenvermelde regelgeving (in 2012), of gebouwen die niet kunnen voldoen aan de prescriptieve aanbevelingen, dienen een gelijkwaardige graad van bescherming aan te tonen aan de hand van een analytische methode (zie § 2.2.6.4).

De brandwerendheidsklassen zijn afhankelijk van het type gebouw en de gebruikers ervan (opgedeeld in bevolkingsklassen). Dit houdt in dat de klassen afhankelijk zijn van de mate waarin:

- de gebruikers vertrouwd zijn met het gebouw en de evacuatieprocedures;
- de gebruikers in staat zijn om zelfstandig te evacueren (= zelfredzaamheid);
- de gebruikers verondersteld worden om “wakker” te zijn (= dagbezetting);
- er een verhoogde kans is op brand of waar een brand zich snel en hevig kan ontwikkelen.

2.2.6.2 Specifieke regelgeving omtrent ouderenvoorzieningen

Zoals hierboven vermeld is er een specifieke regelgeving opgesteld in functie van de verschillende bevolkingsklassen. Zo is bevolkingsklasse 5C van toepassing op speciale voorzieningen voor personen met mentale of fysieke beperkingen, dementie of iedereen die een beperkte mogelijkheid heeft om zichzelf in veiligheid te brengen.

In de onderstaande paragrafen wordt dus een overzicht gegeven van de algemene prescriptieve aanbevelingen, evenals de verplichtingen voor een bevolkingsklasse van het type 5C.

2.2.6.2.1 Compartimentering

Ook hier dient een gebouw opgesplitst te worden in (deel)compartimenten, doch de grootte van een deelcompartiment is afhankelijk van de brandbelasting in het compartiment en de eventuele aanwezigheid van een brandbeveiligingssysteem.

Een overzicht van de maximale oppervlakte van een deelcompartiment wordt weergegeven in de onderstaande tabel:

Brandbeveiligingssysteem	Maximale vloeroppervlakte van een deelcompartiment in functie van de brandbelasting ^(*)	
	Brandbelasting ≤ 800 MJ/m ²	Brandbelasting > 800 MJ/m ²
Geen automatische branddetectie of automatisch blussysteem	2500 m ²	1250 m ²
Automatische branddetectie	5000 m ²	2500 m ²
Automatisch waterblussysteem	Onbeperkt	Onbeperkt

(*) De brandbelasting wordt berekend aan de hand van het document *Handbok om Brandbelastning* [47]. Ter info: voor een kamer in een ziekenhuis wordt een brandbelasting van 360 MJ/m² opgegeven.

De brandweerstandseisen voor de wanden van de deelcompartimenten zijn eveneens afhankelijk van de brandbelasting doch ook van het type gebouw. Deze worden hieronder weergegeven en zijn van toepassing op een gebouw (één bouwlaag) dat bestemd is voor een bevolkingsklasse 5C:

Brandweerstandsklasse in functie van de brandbelasting (f)		
f ≤ 800 MJ/m ²	f ≤ 1600 MJ/m ²	f > 1600 MJ/m ²
REI 60 - M	REI 90 - M	REI 120 - M

2.2.6.2.2 Evacuatiewegen

Elk deelcompartiment dient voorzien te zijn van minstens twee onafhankelijke evacuatiewegen. Er is sprake van onafhankelijke evacuatiewegen van zodra de afstand tussen de evacuatiewegen meer dan 5 m bedraagt.

De loopafstand tot een evacuatiweg (of een andere compartiment) bedraagt maximaal 45 m. De loopafstand in een evacuatiweg tot een andere evacuatiweg of een veilige locatie bedraagt maximaal 30 m. Indien de evacuatie echter slechts in één richting kan gebeuren, dan bedraagt de loopafstand in de evacuatiweg maximaal 10 m. Ter info: in ruimtes die voorzien zijn van een automatisch waterblussysteem mag de loopafstand verhoogd worden met 33 %.

De minimale afmetingen (breedte x hoogte) van een evacuatiweg bedragen 0,9 x 2 m.

De afwerking van de wanden en het plafond in een evacuatiweg dient minstens over een klassering B-s1,d0 (volgens de Europese norm EN 13501-1) te beschikken.

Er is nergens beschreven wat er wel (of niet) mag aangebracht worden in de evacuatiewegen.

2.2.6.2.3 Deuren

De deuren in (deel)compartimenten dienen over dezelfde brandweerstand te beschikken als de wanden van de (deel)compartimenten en dienen zelfsluitend te zijn. De klassering van de deuren bedraagt dan bv. EI₂ 60 – C (volgens de Europese norm EN 13501-2).

Tevens dient rookverspreiding tussen ruimtes en compartimenten verhinderd te worden. Om die reden dienen de deuren die uitgeven op een evacuatiweg over een S_a-klassering (volgens EN 13501-2) te beschikken, terwijl de deuren die zich ter plaatse van de compartimenten bevinden over een S_m-klassering (volgens EN 13501-2) dienen te beschikken. De S_a-klassering heeft betrekking op de rookwerendheid bij omgevingsvoorwaarden, de S_m-klassering heeft betrekking op de rookwerendheid bij omgevingsvoorwaarden en bij 200 °C.

Algemeen wordt er aanbevolen om deuren die zich in open toestand kunnen bevinden, te voorzien van een bij brand sluitend systeem (dus gekoppeld aan het branddetectiesysteem). Er wordt echter niet vermeld over welke deuren het gaat noch over hoe dit dient te gebeuren. Er kan dus verondersteld worden dat een deur van een kamer uitgerust met deursluiters met vrijloop aanbevolen wordt, doch niet verplicht is.

2.2.6.2.4 Signalisatie in de evacuatiewegen

De evacuatiewegen dienen voorzien te zijn van noodverlichting die gedurende een periode van minstens 60 minuten dient gegarandeerd te zijn. De noodverlichting dient te voldoen aan de EN 1838, waarbij de lichtintensiteit niet kleiner dan 1 lux mag zijn ter plaatse van de aslijn van de evacuatiweg en 50 % van de vereiste intensiteit bereikt dient te zijn na 5 seconden (100 % na 60 seconden).

2.2.6.2.5 Actieve brandbeveiligingssystemen

De volgende actieve brandbeveiligingssystemen zijn terug te vinden in de aanbevelingen:

- Detectiesysteem

De toepassing van een automatisch branddetectiesysteem is verplicht. Dit systeem dient te voldoen aan de vereisten opgenomen in de EN 54-reeks. Het alarmsysteem dient best aangepast te zijn aan de karakteristieken van de bewoners (bv. luidere signalen indien de bewoners slechthorend zijn).

- Automatisch blussysteem

De toepassing van een automatisch blussysteem is verplicht. Dit dient een residentieel sprinklersysteem te zijn dat voldoet aan de Zweedse normen SS 883001 en SS 883002 (welke identiek zijn aan de INSTA 900-1 en INSTA 900-2). De componenten van een residentieel sprinklersysteem dienen te voldoen aan de EN 12259-reeks.

- Ontroking

De toepassing van een ontrokingssysteem is niet verplicht maar kan aangewend worden om een gelijkwaardige graad van bescherming te garanderen. Dergelijk systeem dient te voldoen aan de EN 12101-reeks.

2.2.6.2.6 Personeel

Er zijn geen eisen omtrent de eventuele taken van het personeel of het aantal personeelsleden in functie van het aantal bewoners opgenomen in deze regelgeving.

2.2.6.3 Open compartimenten in de evacuatiweg

Een open compartiment in een evacuatiweg is niet toegestaan, tenzij door de analytische methode kan aangetoond worden dat een gelijkwaardige graad van bescherming bekomen wordt (zie verder).

2.2.6.4 Graad van bescherming

Indien voldaan wordt aan de prestatie-eisen opgenomen in het prescriptieve gedeelte, wordt eveneens voldaan aan de functionele eisen zodat een voldoende graad van bescherming (bepaald door de wetgever) bekomen wordt.

Indien niet kan voldaan worden aan de prescriptieve vereisten, kan gebruik gemaakt worden van een analytisch ontwerp (*analytical design*) waarbij onderzocht wordt of een gelijkwaardige graad van bescherming kan gegarandeerd worden. Deze analytische methode is beschreven in het document [48] waarbij de verificatie van de brandveiligheid van het gebouw uitgevoerd wordt door middel van:

- een kwalitatieve beoordeling;
- een analyse van meerdere scenario's;
- een kwalitatieve risicoanalyse.

In dit document zijn eveneens criteria opgenomen die een veilige evacuatie garanderen, m.a.w. er wordt verondersteld dat er sprake is van een veilige evacuatie indien de personen zich dienen te begeven in een omgeving die voldoet aan de hieronder weergegeven criteria:

- duidelijke scheiding rooklaag – omgevingslucht (twee-zone model):
 - rookvrije hoogte: min. 1,6 m (+ kamer hoogte (m) x 0,1);
 - stralingsflux (rooklaag): max. 2,5 kW/m²;
- de rook omvat de volledige ruimte:
 - zichtbaarheid:
 - min. 10 m voor ruimtes groter dan 100 m²;
 - min. 5 m voor ruimtes kleiner of gelijk aan 100 m²;
 - temperatuur (rooklaag): max. 80 °C;
 - toxiciteit (op 2 m boven de vloer):
 - CO < 2000 ppm;
 - CO₂ < 5 % ;
 - zuurstof (O₂) > 15 % .

2.2.7 Verschillen/gelijkenissen in de wetgeving van de onderzochte landen

2.2.7.1 Algemeen

Een één-op-één vergelijking tussen de verschillende wetgevingen is niet mogelijk omwille van de aard van de wetgeving, namelijk prescriptief of performantieel. Het “invullen” van de algemeen geldende functionele eisen wordt immers door elk land anders uitgevoerd.

2.2.7.2 Specifieke regelgeving omtrent ouderenvoorzieningen

Alle onderzochte landen hebben op de een of andere manier een regelgeving omtrent ouderenvoorzieningen opgenomen. Deze regelgeving kan prescriptief zijn (bv. Vlaanderen, Frankrijk, Duitsland) ofwel performantieel met prescriptieve aanbevelingen (bv. het Verenigd Koninkrijk, Zweden). Indien een regelgeving voor ouderenvoorzieningen niet expliciet opgenomen is, kan er wel nagegaan worden of er voorschriften zijn voor voorzieningen die gelijkaardige karakteristieken als de ouderenvoorzieningen hebben (bv. Nederland).

2.2.7.2.1 Compartimentering

De ruimtes van een compartiment worden ingedeeld in deelcompartimenten met als hoofddoel een vlotte horizontale evacuatie te bewerkstelligen. De grootte van de compartimenten verschilt lichtjes doch komt in grootte-orde tamelijk overeen. Het doel van de deelcompartimenten is in alle regelgevingen dezelfde, nl. de niet-zelfredzame bewoners zo snel en veilig mogelijk evacueren en dit door het beperken van de (loop)afstand van hun locatie in het deelcompartiment tot een veilige locatie (eventueel in een naastgelegen (deel)compartiment).

In de meeste landen dienen de compartimenten ook opgevat te worden als rookcompartiment. Dit is vooral terug te vinden in de eisen omtrent de deuren (zie verder).

2.2.7.2.2 Evacuatiewegen

Elk (deel)compartiment dient over minstens twee onafhankelijke uitgangen te beschikken. Bij het wegvallen van één uitgang dient er immers nog altijd een andere uitgang beschikbaar te zijn. Afhankelijk van de configuratie en de locatie van de deelcompartimenten zijn hierop wel uitzonderingen van toepassing, doch over het algemeen kan gesteld worden dat twee onafhankelijke uitgangen noodzakelijk zijn.

Er zijn enkele minimale breedtes van de evacuatiewegen terug te vinden, doch deze dienen steeds bepaald te worden in functie van de bewoners van het deelcompartiment. De evacuatie van al dan niet bedlegerige personen bepaalt immers de minimale breedte van de evacuatieweg die hiervoor noodzakelijk is.

De materialen van de evacuatiewegen dienen onbrandbaar te zijn en enkel in het Verenigd Koninkrijk is iets terug te vinden over de aanwezigheid van een eventuele brandlast in deze evacuatiewegen. Dit is echter niet prescriptief en heeft vooral tot doel dat er goed moet nagedacht worden wat er in der evacuatiewegen kan/mag aangebracht worden en dit in functie van een brandveiligheidsplan. In elk geval dient de brandlast zo laag mogelijk gehouden te worden, maar hiervoor worden geen criteria opgegeven.

2.2.7.2.3 Deuren

De deuren in de kamers dienen naast een brandwerende eis (brandweerstand of vlamdichtheid) en een rookwerendheidseis (het Verenigd Koninkrijk, Zweden en Duitsland) ook zelfsluitend te zijn. In Vlaanderen, het Verenigd Koninkrijk en Duitsland dienen deze deuren voorzien te zijn van een deursluiser met vrijloop.

2.2.7.2.4 Signalisatie in de evacuatiewegen

Er dient altijd noodverlichting in de evacuatiewegen aangebracht te worden (waarbij deze dient te voldoen aan de EN 1838).

2.2.7.2.5 Actieve brandbeveiligingssystemen

De volgende actieve brandbeveiligingssystemen zijn terug te vinden in de wetgeving:

- Detectiesysteem
Een algemeen automatisch detectiesysteem is verplicht (of ten zeerste aangewezen (het Verenigd Koninkrijk)).
- Automatisch blussysteem
Enkel in Zweden, Wales en Schotland is een automatisch blussysteem verplicht. In alle andere landen kan dit aangewend worden als compenserende maatregel om een gelijkwaardige graad van bescherming aan te tonen.
- Ontroking
Enkel in Frankrijk is een ontrokingssysteem verplicht. In alle andere landen kan dit aangewend worden als compenserende maatregel om een gelijkwaardige graad van bescherming aan te tonen.

2.2.7.2.6 Personeel

De assistentie van het personeel is onontbeerlijk in het geval van een evacuatie van niet-zelfredzame personen. Dit wordt in elke regelgeving vermeld doch er zijn hiervoor geen specifieke eisen opgenomen behalve dan dat het personeel (goed) op de hoogte dient te zijn van wat te doen in geval van brand. De inzetbaarheid van het personeel zal zeker een meerwaarde zijn bij de evacuatie van de niet-zelfredzame bewoners, doch mag niet als enige compenserende maatregel genomen worden. Enkel in Noord-Ierland is het minimum aantal personeelsleden in functie van het aantal bewoners expliciet vermeld.

2.2.7.3 Open compartimenten in de evacuatieweg

Open compartimenten in evacuatiewegen zijn toegestaan onder bepaalde voorwaarden, zoals o.a.:

- toepassing van een ontrokingssysteem (Frankrijk);
- er dient voldoende personeel voorhanden te zijn tijdens de evacuatie (het Verenigd Koninkrijk, Duitsland, Nederland);
- de kamer dient over twee uitgangen te beschikken (Duitsland, Engeland en Wales);
- enkel voor dagbezetting (het Verenigd Koninkrijk);
- geringe brandlast (het Verenigd Koninkrijk). Het is echter niet duidelijk wat een “geringe” brandlast inhoudt.

In alle andere gevallen dienen dergelijke open compartimenten opgebouwd te worden als een deelcompartiment.

2.2.7.4 Graad van bescherming

Eenzijds is het bij een prescriptieve wetgeving niet (altijd) mogelijk om te achterhalen op welke criteria de prestatie-eisen gebaseerd zijn (zodat aan de functionele eisen voldaan wordt), terwijl bij een performantiële wetgeving het niet altijd duidelijk is hoe een gelijkwaardige graad van bescherming kan aangetoond worden. Enkel in Zweden is hieromtrent een document [48] terug te vinden met criteria die kunnen “afgetoetst” worden om een gelijkwaardige graad van bescherming aan te tonen.

Het bepalen van een goede evacuatie zal dus vooral afhangen van de voor vluchten beschikbare tijd (ASET: Available Safe Egress Time) en de voor vluchten benodigde tijd (RSET: Required Safe Egress Time), waarbij deze laatste zeker niet eenduidig kan bepaald worden in het geval van niet-zelfredzame personen waarbij een inzet van het personeel vereist wordt.

2.3 Beschikbare alternatieven voor brandveiligheid in België

De huidige Vlaamse en federale regelgeving is gebaseerd op passieve brandbeveiliging, dit wil zeggen op het vermijden van het ontstaan en de ontwikkeling van een brand door eisen voor de gebruikte bouwmaterialen en een inperking van de omvang van een eventuele brand door brand- en rookcompartimentering. Dit alles wordt gekoppeld aan een reeks voorschriften voor een veilige evacuatie en voor brandbestrijding.

Alternatieven voor het bereiken van een niveau van brandveiligheid bevinden zich in de sector van de actieve brandbeveiliging en vallen onder de volgende hoofdgroepen:

- branddetectie;
- ontroking;
- automatische blussing.

Tijdens dit onderzoek zullen echter enkel de actieve beveiligingstechnieken weerhouden worden die van toepassing kunnen zijn in de onderzochte configuraties, namelijk ouderenvoorzieningen of gelijkaardige voorzieningen.

2.3.1 Branddetectie

Branddetectie beïnvloedt het verloop van een brand en de rookbeweging niet. Zij speelt wel een belangrijke rol in het vergroten van de beschikbare tijd voor een 'veilige' evacuatie.

In het geval van branddetectie komen de optische rookdetector, de thermische detector evenals de opto-thermische detector in aanmerking. Deze detectoren worden, evenals manuele brandmelders aangesloten op een brandmeldcentrale.

De karakteristieken van bovenvermelde detectoren worden hieronder kort weergegeven.

- optische rookdetector: vooral interessant indien er eerder sprake is van rookontwikkeling dan van warmte-ontwikkeling;
- thermische detector: vooral interessant indien er eerder sprake is van warmte-ontwikkeling dan van rookontwikkeling;
- opto-thermische detector: dit is een combinatie van bovenstaande detectoren, waarbij eerst de warmte gedetecteerd wordt en daarna de rook. Dergelijke detectoren geven tevens weinig kans op vals alarm.

Voor de toepassing van een branddetectie zijn onderstaande normen van toepassing:

- NBN EN 54-1 tot 18 *Branddetectie- en brandmeldinstallaties*;
- NBN S 21-100 *Reddings- en brandweermaterieel - Opvatting van algemene installaties voor automatische brandmelding door puntmelder*

Opmerking: Sedert 19 november 2015 is de NBN S21-100 formeel vervangen door de norm NBN S21-100-1 (en NBN S21-100-2).

2.3.2 Ontroking

Een RWA-installatie (RWA: Rook en Warmte-Afvoer) heeft als doel de rook en warmte afkomstig van een brand af te voeren. Deze installatie kan bestaan uit RWA-ventilatoren en hun kanaalwerk, natuurlijke of mechanische luchttoevoeropeningen en (automatische) rookschermen.

De hoofdbedoeling van een RWA-installatie voor deze toepassing is om de veilige ontruiming van de personen te verzekeren. Daar een RWA-installatie er ook voor zorgt dat rook zich niet verder zal verspreiden in de gang, biedt deze installatie ook een ondersteuning aan de brandweer tijdens hun interventie.

Voor de toepassing van een ontrokingssysteem zijn de volgende normen van toepassing:

- NBN S21-208-1 *Brandbeveiliging van gebouwen - Ontwerp en berekening van rook- en warmteafvoerinstallaties (RWA) - Deel 1: Grote onverdeelde ruimten met een bouwlaag;*
- prEN 12101-3 *Smoke and heat control systems – Part 3 . Specification for powered smoke and heat exhaust ventilators;*
- prCEN/TR 12101-4 *Smoke and heat control systems – Part 4 . Installed SHEVS systems for smoke and heat ventilation.*

2.3.3 Automatische blussing

Een automatische blussing bestaat o.a. uit een watervoorziening en een leidingnet met sprinklers. In elke sprinkler zit een glaspatroon met gekleurde vloeistof die reageert op de omgevingstemperatuur. Bij brand stijgt de temperatuur en zet de vloeistof uit waardoor het glaspatroon kapot springt en het water vrij komt. Hierdoor wordt niet enkel de brand geblust, maar worden eveneens de warme rookgassen afkomstig van de brand afgekoeld.

Voor de toepassing in ouderenvoorzieningen (en gelijkaardige voorzieningen) komen onderstaande types automatische blussing in aanmerking:

- Residentiële sprinklers
Residentiële sprinklers zijn vergelijkbaar met “standaard” sprinklers, doch bezitten bijkomende karakteristieken:
 - snel reagerende thermische elementen om te verzekeren dat ze zo snel mogelijk in werking treden, d.w.z. met een lage RTI-waarde (RTI: Response Time Index; zie ook § 5.2.2.3);
 - een sproeipatroon waarbij muren, gordijnen en vloer nat gemaakt worden;
 - een kleine K-factor om het waterdebiet te beperken.



Figuur 9: Residentiële sprinkler

Voor de toepassing van residentiële sprinklers zijn onderstaande normen van toepassing:

- prEN 12259-14 *Fixed firefighting systems — Components for sprinkler and water spraysystems — Part 14: Sprinklers for residential applications;*
- UL 1626 *Residential Sprinklers for Fire-Protection Service;*
- NFPA 13D *Standard for the Installation of Sprinkler Systems in One- and Two-Family Dwellings and Manufactured Homes;*
- NFPA 13R *Standard for the Installation of Sprinkler Systems in Low-Rise Residential Occupancies;*
- BS 9251 *Fire sprinkler systems for domestic and residential occupancies. Code of practice;*
- INSTA 900-1 *Residential sprinkler systems - Part 1: Design, installation and maintenance;*
- INSTA 900-2 *Residential sprinkler systems - Part 2: Requirements and test methods for sprinklers and their accompanying rosettes.*

- **Watermiststelsel**

Een watermiststelsel splitst waterdruppels op in ontelbare microwaterdruppels, waardoor het oppervlak van de druppels ongeveer honderd keer zo groot wordt t.o.v. conventionele sprinklers. De omvang van de microdruppels hangt af van de waterdruk op het systeem. Een watermiststelsel werkt zowel bij lage, midden- als hoge druk. Daarbij geldt: hoe hoger de druk, hoe kleiner de waterdruppels, des te groter het koelend vermogen van de druppels.



Figuur 10: Watermist

Voor de toepassing van watermistsystemen is onderstaande norm van toepassing:

- NFPA 750 *Standard on Water Mist Fire Protection Systems.*

Bovenstaande norm wordt echter vooral toegepast als objectbeveiliging waarbij het toepassingsdomein beperkt is tot de configuratie waarin deze getest is.

3 Bepaling van de typologie en de ontwerpbrand (Fase I)

3.1 Typologie

3.1.1 Gesloten typologie

Tijdens het vooronderzoek is gebleken dat er reeds meerdere grootschalige proeven uitgevoerd geweest zijn die de invloed van een automatische blussing in de kamers onderzocht hebben:

- National Institute of Standards and Technology (NIST): Onderzoek naar het effect van sprinklers in studentenkamers [49].
- The Building Research Establishment (BRE): Onderzoek naar het effect van sprinklers in kamers van ouderenvoorzieningen [50].

De belangrijkste conclusie van bovenstaande onderzoeken was dat de activatie van de automatische blussing resulteerde in een (enorme) daling van de temperatuur in de kamer en dat de percentages CO en CO₂ in de rooklaag relatief laag bleven. Tijdens deze proeven werd echter meer de nadruk gelegd op het onderzoek naar de overlevingskansen van de personen die zich in de ruimte zouden bevinden en niet zozeer op de overlevingskansen van de personen die zich in de gang zouden bevinden. In geen van bovenstaande onderzoeken werd het criterium “zichtbaarheid” in de gangen behandeld.

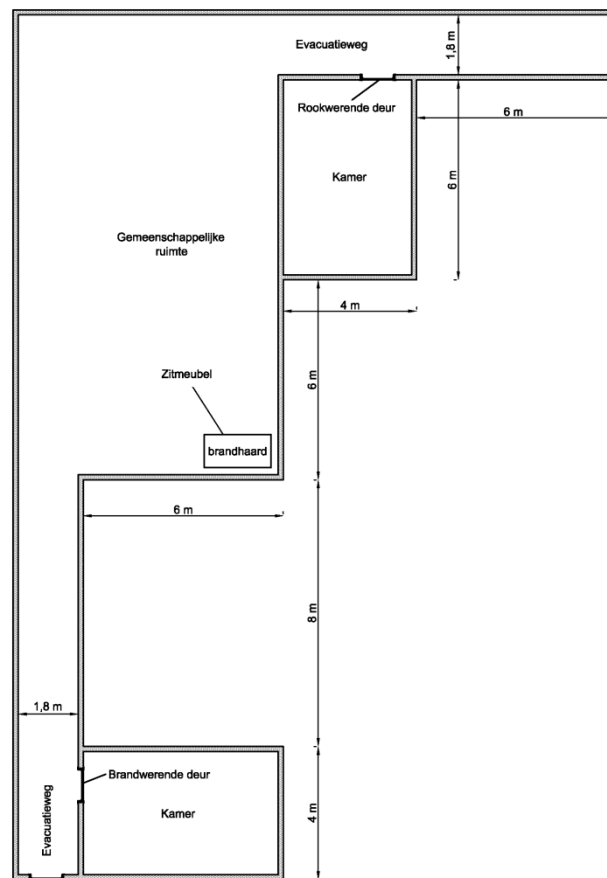
Ter info: Er werd een grootschalige proef uitgevoerd door het Building Research Establishment (BRE) waarbij een reconstructie van de brand in de ouderenvoorziening Rosepark uitgevoerd werd. Tevens werd een bijkomende grootschalige proef uitgevoerd waarbij onderzocht werd wat de invloed van een automatische blussing zou zijn tijdens deze brand [51]. Tijdens laatstgenoemde proef werd vastgesteld dat het aanbrengen van een automatische blussing in de gang niet resulteerde in een betere zichtbaarheid.

3.1.2 Open typologie

In deze studie wordt een open typologie onderzocht. De proefopstelling is opgebouwd uit een circulatieweg in L-vorm, waarbij ter plaatse van de binnenhoek een gemeenschappelijke ruimte (leefruimte, zitruimte, tv-ruimte) opgenomen is.

Bovendien zijn ook nog twee kamers aansluitend op de evacuatiweg nagebouwd, waarbij één kamer dicht bij de gemeenschappelijke ruimte gesitueerd is en één kamer verder weg.

Een plattegrond van de configuratie van de praktijktesten wordt weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 11: Plattegrond van de configuratie van de praktijktesten

De opbouw van de proefopstellingen evenals de randvoorwaarden voor deze proeven worden meer in detail behandeld in § 4. In het verdere verloop van deze studie wordt bovenvermelde proefopstelling de “nulproef” genoemd aangezien het de bedoeling is om tijdens de andere proeven na te gaan wat de invloed is van een brandbeveiligingssysteem op de rookverspreiding en aldus ook op de evacuatiemogelijkheden.

3.2 Ventilatiecondities

3.2.1 Ventilatie in de praktijk

3.2.1.1 Verversingslucht

In ouderenvoorzieningen wordt verversingslucht voorzien ter plaatse van de gemeenschappelijke ruimte evenals in elke kamer. Er wordt vooral gewerkt met systeem C+ (natuurlijk/mechanische toevoer – mechanische afvoer) of systeem D (mechanische toevoer – mechanische afvoer). Deze ventilatietechnieken worden uitgeschakeld in geval van brand, doch op dat moment is het dus mogelijk dat er reeds een (geringe) hoeveelheid rook kan verspreid zijn in het ventilatiesysteem.

3.2.1.2 Deuren

Van zodra er een brand gedetecteerd is, wordt er verondersteld dat zowel de deuren aan de (deel)compartimentsgrens als deze van de kamers gesloten zijn. In de praktijk kunnen de deuren aan de (deel)compartimentsgrens echter (al dan niet kortstondig) open zijn teneinde de bewoners te kunnen evacueren. Het al dan niet open zijn van deze deuren heeft niet alleen een zeer grote invloed op de verdere brandontwikkeling (meer zuurstof), maar kan ook een invloed hebben op de rookverspreiding in het (deel)compartiment.

3.2.2 Ventilatie tijdens de praktijktesten

Aangezien het ventilatiesysteem uitgeschakeld wordt in geval van brand en de geringe volumedebieten van het ventilatiesysteem geen significante invloed zullen hebben op het brandverloop, wordt dit ventilatiesysteem niet opgenomen in de praktijktesten.

Tevens werd door de stuurgroep beslist om alle deuren, zowel deze van de kamers als deze aan de uiteinden van de evacuatiewegen, gesloten te houden aangezien dit volgens de regelgevingen ook zo verondersteld wordt. Om praktische redenen zal één deur aan een uiteinde van de evacuatieweg open blijven en pas 1 minuut na aanvang van de proef gesloten worden.

Tenslotte werd door de stuurgroep beslist dat er een brandwerende deur zal toegepast worden bij één kamer, terwijl een rookwerende deur zal toegepast worden bij de andere kamer. Hierbij zal vooral nagegaan worden wat de invloed van deze deuren is op een eventuele rookverspreiding in de kamer ten gevolge van een brand in de evacuatiewegen.

3.3 Ontwerpbrand

3.3.1 Brandoorzaken

Alhoewel deze studie enkel betrekking heeft op ouderenvoorzieningen, worden ook de statistieken van woningbranden onderzocht. Zoals eerder vermeld in deze studie worden ouderenvoorzieningen meer en meer voorzien van ruimtes die typisch zijn aan een gezinswoning, zoals bv. een keuken en een woonkamer. Niet enkel de locatie van de branden, doch eveneens de oorzaak van de brand worden bekeken.

Onderstaande cijfers werden teruggevonden in de literatuur:

- Zweden: statistieken i.v.m. branden in ouderenvoorzieningen [52]
De meeste branden ontstaan in de keuken (54 %), in de slaapkamer (11 %) en in de woonkamer (9 %). De belangrijkste oorzaken van de brand zijn het fornuis (36 %), het technisch falen van apparatuur (11 %), roken (10 %) en kaarsen (8 %).
- Frankrijk: statistieken i.v.m. woningbranden [53]
De meeste branden vinden plaats in de keuken (25 %). De meeste branden gebeuren overdag (70 %) en 70 % van de dodelijke slachtoffers zijn ten gevolge van een brand 's nachts.
- Nederland: statistieken i.v.m. woningbranden [54]
De meeste branden vinden plaats in de woonkamer (44 %), de slaapkamer (23 %) en de keuken (14 %). De belangrijkste oorzaken van een brand zijn roken (33 %), een kortsluiting (23 %) en koken (14 %). De objecten die het meest betrokken zijn bij een brand zijn gestoffeerd meubilair (34 %), een bed/matras (12 %) en elektrische apparatuur (22 %).

Niet onbelangrijke informatie: In de bovenvermelde statistieken zijn enkel de branden opgenomen waarvoor een actie van de brandweer vereist werd. In het Franse document [53] wordt vermeld dat - volgens de verzekeringen - er jaarlijks 250.000 beginnende woningbranden zijn waarvan de meeste vroegtijdig kunnen geblust worden door de bewoners. Dit komt overeen met één brandgeval per twee minuten in Frankrijk.

3.3.2 Inventaris van de gemeenschappelijke ruimte

Enkele voorbeelden van de inventaris van gemeenschappelijke ruimtes worden hieronder weergegeven:

- keuken: werkblad, keukenkasten, fornuis, microgolf, koffiezetmachine, tafels, stoelen, ...;
- TV-ruimte: TV, zitmeubelen, tafeltje, ...;
- administratieve ruimte: PC, printer, papierwerk, bureau, stoel, ...

3.3.3 Bepaling van de ontwerpbrand tijdens de praktijktesten

In alle proeven zal de initiële vuurhaard in de gemeenschappelijke ruimte gelegen zijn, waarbij een typische inrichting van een leefruimte zal nagebootst worden. Zoals hierboven beschreven kan de indeling van dergelijke gemeenschappelijke ruimte (en dus ook het type brandhaard) verschillend zijn. De stuurgroep heeft beslist om een zitmeubel (twee-zit) als brandhaard te gebruiken.

De invloed van een ander type brandhaard (gelinkt aan een andere inventaris) op het brandverloop en de rookverspreiding zal opgenomen worden in de bijkomende CFD-simulaties. Dit zal behandeld worden in Fase III.

3.4 Samenvatting configuratie praktijktesten

In de onderstaande paragraaf wordt een beknopt overzicht gegeven van alle praktijktesten en het doel ervan. Een meer uitgebreide beschrijving van de proefopstellingen is terug te vinden in § 4.

3.4.1 Proef 1: “nulproef” – enkel branddetectie

In de “nulproef” zal de evolutie van de rooklaagdikte evenals de rookdichtheid in de evacuatiewegen (en de gemeenschappelijke ruimte) bepaald worden. Dit geeft een beeld van de beschikbare evacuatietijd indien enkel branddetectie als maatregel genomen wordt.

3.4.2 Proef 2: toepassing van brandwerende deuren in de evacuatieweg

Deze proef heeft vooral tot doel om na te gaan hoe de rookverspreiding zich in de evacuatiewegen (buiten de gemeenschappelijke ruimte) manifesteert zonder invloed van een actief brandbeveiligingssysteem. Hiervoor worden er brandwerende deuren aangebracht tussen de gemeenschappelijke ruimte en de evacuatiewegen. Deze proefopstelling is opgenomen in de regelgeving als prestatie-eis om aan de functionele vereisten te voldoen.

3.4.3 Proef 3: toepassing van een ontrokingssysteem

Deze proef heeft vooral tot doel om na te gaan wat de invloed is van een ontrokingssysteem op de rookverspreiding in de evacuatiewegen en in de gemeenschappelijke ruimte. Het ontrokingssysteem zal geactiveerd worden nadat de rookdetector een alarmsignaal doorgegeven heeft.

De vergelijking tussen de resultaten van deze proef en de eerste proef, laat toe de geschiktheid van een ontrokingssysteem te bepalen voor het verbeteren van een veilige evacuatie.

3.4.4 Proef 4: toepassing van een automatische blussing

Deze proef heeft vooral tot doel om na te gaan wat de invloed is van een automatische blussing op de rookverspreiding in de evacuatiewegen en in de gemeenschappelijke ruimte. Van zodra de temperatuur van de rooklaag een bepaalde temperatuur bereikt, zal de automatische blussing in actie treden.

De vergelijking tussen de resultaten van deze proef en de eerste proef, laat toe de geschiktheid van automatische blussing te bepalen voor het verbeteren van een veilige evacuatie.

3.4.5 Proef 5: toepassing van een combinatie van een ontrokingssysteem en een automatische blussing

Deze proef heeft vooral tot doel om na te gaan wat de invloed is van een combinatie van twee actieve brandbeveiligingssystemen, nl. automatische blussing en een ontrokingssysteem.

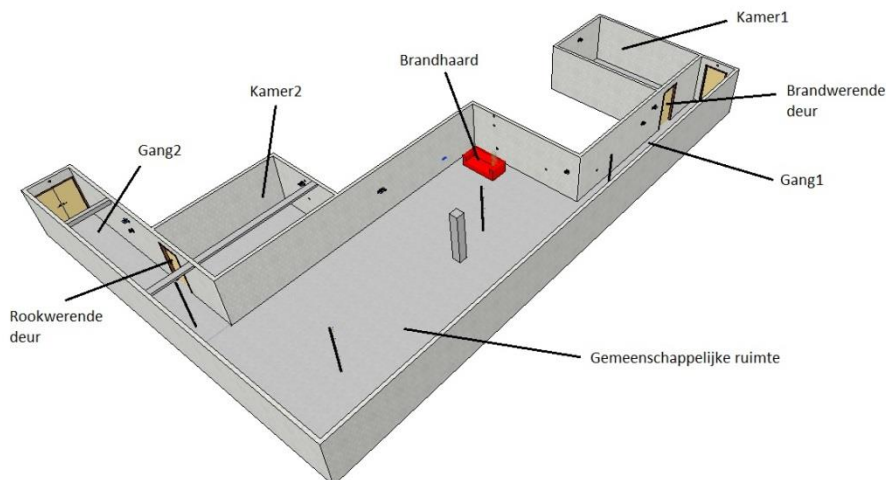
Het ontrokingssysteem zal geactiveerd worden nadat de rookdetector een signaal doorgegeven heeft. Van zodra de temperatuur van de rooklaag een bepaalde temperatuur bereikt, zal de automatische blussing in actie treden.

De vergelijking tussen de resultaten van deze proef en van de derde (en vierde) proef, laat toe de geschiktheid van een combinatie van een automatische blussysteem en een ontrokingssysteem, te bepalen voor het verbeteren van een veilige evacuatie.

4 Praktijktesten (Fase II)

4.1 Proefopstelling

De proefopstelling is schematisch weergegeven in de onderstaande figuur:



Figuur 12: Schematische weergave van de proefopstelling

De proefopstelling werd als volgt opgebouwd:

- De muren zijn opgebouwd uit cellenbetonnen stenen (dikte: 0,15 m).
- Een opgehangen plafond, opgebouwd uit een houten raamwerk en calciumsilicaatplaten, werd aangebracht tussen de muren zodat een gebruikshoogte van 2,5 m gerealiseerd werd. Voor de proefopstelling diende gebruik gemaakt te worden van vochtbestendige en brandwerende platen. In de gemeenschappelijke ruimte werden daarom platen van het type PROMATECT®-T (dikte: 25 mm) toegepast. In de evacuatiewegen en in de kamers werden platen van het type PROMATECT®-H (dikte: 15 mm) toegepast.
- De deuren aan de uiteinden van de evacuatiewegen zijn standaard deuren. De evacuatieweg waar de enkele deur op uitgaat, wordt verder 'Gang1' genoemd, de evacuatieweg waar de dubbele deur op uitgaat, wordt 'Gang2' genoemd.
- In de kamers werden een brandwerende en een rookwerende deur (S_m -klassering volgens de Europese norm EN 13501-2) aangebracht. De brandwerende deur werd aangebracht in de kamer die uitgaat op Gang1, de rookwerende deur in de kamer die uitgaat op Gang2. De kamer met de brandwerende deur zal verder 'Kamer1' genoemd worden, deze met de rookwerende deur 'Kamer2'. Het grote verschil tussen beide deuren is dat er bij de rookwerende deur een rubberen afdichting tussen de omlijsting en de deurvleugel en een valdorpel onderaan de deurvleugel aangebracht werd.
- Beide deuren in de kamers zijn voorzien van een Benor/Atg-goedkeuring (Rf 30 volgens de Belgische norm NBN 713.020) en werden geplaatst volgens de voorschriften ervan. Hierbij werden de maximaal toelaatbare spelingen rondom de deurvleugel toegepast. De conforme plaatsing van deze deuren werd geverifieerd door ISIB-werfcontroleurs.
- De oppervlakte van elke kamer bedraagt $4 \times 6 \text{ m}^2$. De oppervlakte van Gang1 bedraagt $12 \times 1,8 \text{ m}^2$, deze van Gang2 bedraagt $10 \times 1,8 \text{ m}^2$. De oppervlakte van de gemeenschappelijke ruimte bedraagt $13,8 \times 7,8 \text{ m}^2$.
- De brandhaard wordt geplaatst op een afstand van 0,5 m van de muur.

Enkele foto's van de proefopstelling zijn hieronder weergegeven:



Gemeenschappelijke ruimte



Gemeenschappelijke ruimte



Gemeenschappelijke ruimte



Kamer1



Gang1



Gang2

Figuur 13: Foto's van de proefopstelling

4.2 Brandhaard

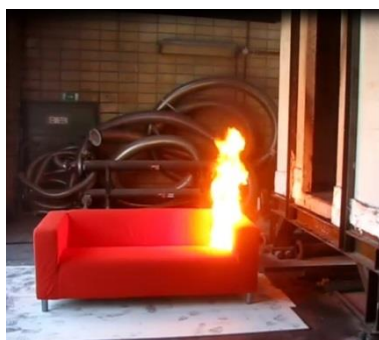
Een tweezitsbank (lengte x breedte x hoogte: 180 x 88 x 66 cm) van een Zweedse meubelfabrikant werd toegepast als brandhaard. De zetel is opgebouwd uit een houten kader, een vulling uit polyetherschuim, stalen veren en een hoes uit polyester. Als ontstekingsbron werden zes in heptaan gedrenkte lage dichtheid vezelplaatblokjes gebruikt (ontstekingsbron zoals beschreven in de Europese beproevingsnorm CEN/TS 1187-3).

Om een inschatting te kunnen maken van de Heat Release Rate (HRR of “brandvermogen”) van de brandhaard werd de zetel voorafgaand aan de praktijktesten in brand gestoken onder een afzuigkap zoals beschreven in de internationale norm ISO 9705 (Room Corner Test).

Het brandverloop van de zetel tijdens deze proef is weergegeven in de onderstaande figuren:



Na 0' 02''



Na 1' 00''



Na 2' 00''



Na 3' 00''



Na 4' 00''



Na 5' 00''



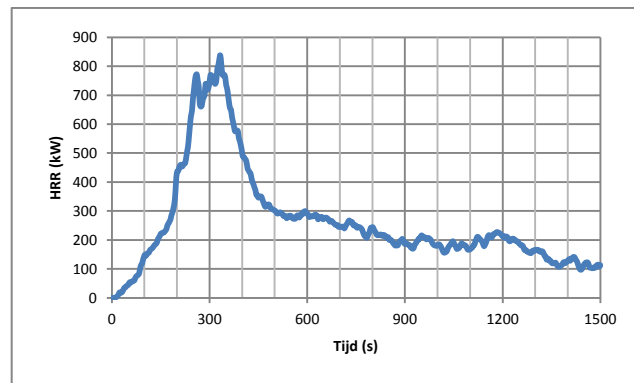
Na 6' 00''



Na 7' 00''

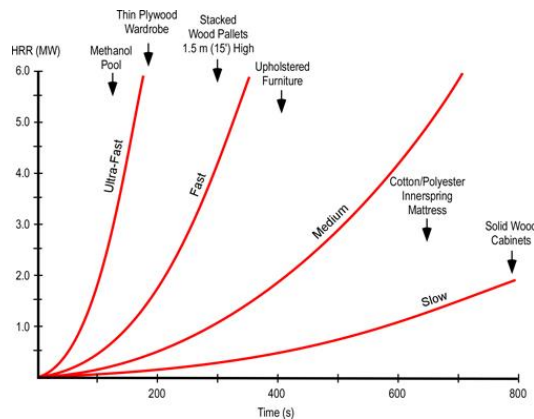
Figuur 14: Brandverloop van de zetel

De bijhorende gemeten HRR (Heat Release Rate of “brandvermogen”) is weergegeven in de onderstaande grafiek:



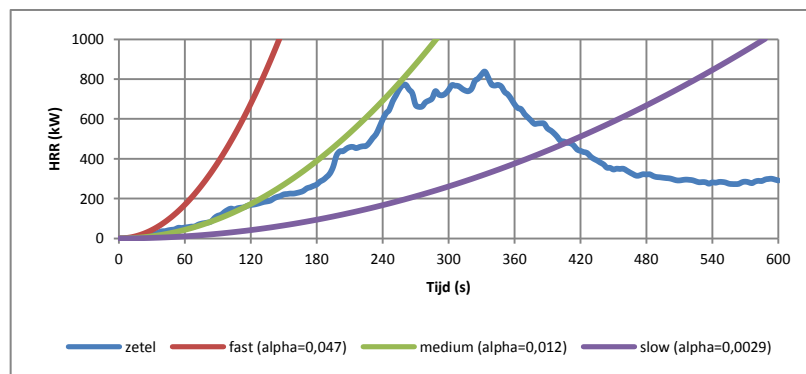
Figuur 15: HRR (of “brandvermogen”) van de zetel

In de literatuur wordt de HRR of “brandvermogen” voorgesteld door middel van een αt^2 -curve zoals weergegeven in de onderstaande figuur:



Figuur 16: Verschillende types αt^2 -curves

In de onderstaande grafiek wordt het brandvermogen van de zetel vergeleken met enkele αt^2 -curves:



Figuur 17: Vergelijking tussen de HRR van de zetel en enkele types αt^2 -curves

Uit de bovenstaande figuur kan afgeleid worden dat het brandvermogen van de zetel dicht aanleunt bij een medium αt^2 -curve. Het type αt^2 -curve is uiteraard voornamelijk afhankelijk van de inhoud van het compartiment (zie Figuur 16), doch in de literatuur (bv. [48, p. 9] [55, p. 34], [56, p. 16] en [57, p. 26]) wordt een medium αt^2 -curve vooropgesteld als ontwerpbrand bij scholen, huizen en kantoorruimtes. Voor verzorgingstehuizen wordt zelfs een fast αt^2 -curve vooropgesteld (vooral omwille van de matrassen in de kamers).

4.3 Metingen

Alle meetapparatuur voor de temperatuur, druk en stralingsflux is binnen het door de Belgische accreditatie-instelling BELAC bewaakte kwaliteitssysteem overeenkomstig ISO 17025 van EXOVA WFRGENT nv identificeerbaar, geijkt en traceerbaar.

4.3.1 Rookdetectoren

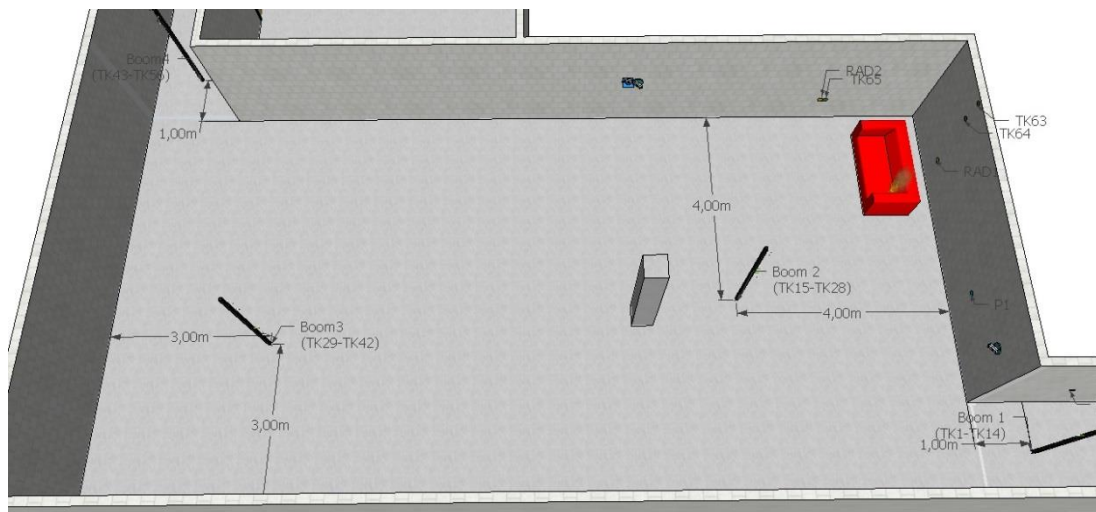
Tijdens de proeven werden autonome optische rookdetectoren toegepast. In de praktijk zullen deze gekoppeld worden aan een brandcentrale, doch tijdens de praktijktesten is het vooral de bedoeling om na te gaan na welke tijd de rookdetector geactiveerd wordt. De positie van de rookdetectoren werd bepaald zoals voorgeschreven in de betreffende norm. Hierbij werden twee rookdetectoren aangebracht in de gemeenschappelijke ruimte en telkens één in beide evacuatiewegen en kamers.

4.3.2 Temperatuur (meetapparatuur van EXOVA WFRGENT nv)

De temperatuur werd gemeten door middel van thermokoppels type K (0 - 1000°C).

Op vier verschillende plaatsen werden thermokoppelbomen geplaatst (zie ook onderstaande figuur). Deze werden gebruikt om de temperatuur op eenzelfde plaats over de volledige hoogte te meten. Hiervoor werden thermokoppels aangebracht op de volgende hoogtes: 0,2 m - 0,4 m - 0,6 m - 0,8 m - 1,0 m - 1,2 m - 1,4 m - 1,6 m - 1,8 m - 2,0 m - 2,1 m - 2,2 m - 2,3 m en 2,4 m. Per boom werden dus 14 thermokoppels aangebracht.

De posities van deze thermokoppelbomen zijn weergegeven in de onderstaande figuur:



Figuur 18: Posities van de thermokoppelbomen

De volgende thermokoppels werden eveneens aangebracht:

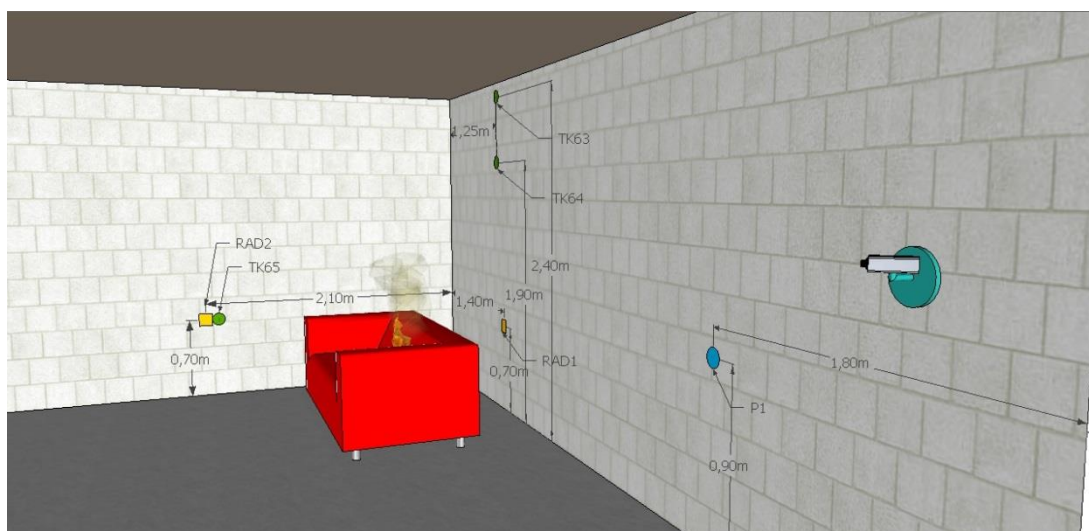
- in de kamers: op een hoogte van 1,9 m en 2,4 m;
- aan de uiteinden van de evacuatiewegen: boven de deuren en op een hoogte van 2,4 m;
- ter plaatse van de vuurhaard (achter de zetel): op een hoogte van 1,9 m en 2,4 m;
- ter plaatse van de stralingsflux RAD2 (naast de zetel): op een hoogte van 0,7 m.

4.3.3 Stralingsflux en druk (meetapparatuur van EXOVA WFRGENT nv)

De stralingsflux werd gemeten door middel van een watergekoelde stralingsfluxmeter volgens Schmidt Boelter ($0 - 50 \text{ kW/m}^2$).

De druk werd gemeten door middel van een verschildrukmeter ($0 - 250 \text{ Pa}$).

De posities van de stralingsflux-, druk- en temperatuursmetingen in de gemeenschappelijke ruimte zijn weergegeven in de onderstaande figuur:



Figuur 19: Posities van de metingen in de gemeenschappelijke ruimte

4.3.4 O₂- en CO-gehalte

In de gemeenschappelijke ruimte werd op een hoogte van 2 m het O₂- en CO-gehalte in de gemeenschappelijke ruimte gemeten aan de hand van een mobiel gasdetectie-apparaat van het type X-am 2000. Dit apparaat werd aangeleverd door BFSN.

4.3.5 Camera's

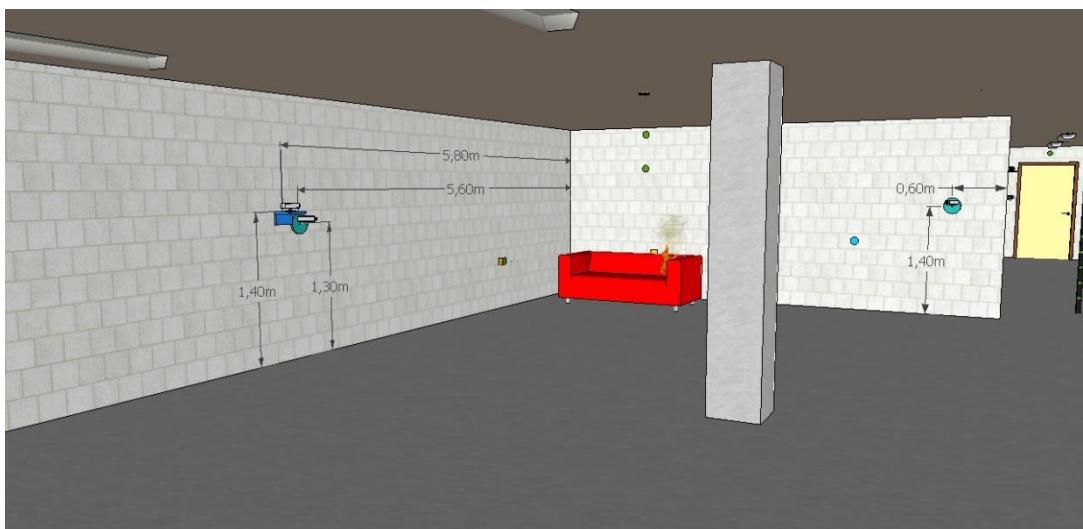
Er werden twee types camera's gebruikt: bewakingscamera's van het type Renkforce 808582 (WFRGENT) en van het type Cisco Video Surveillance 2500 Series IP Camera (UGENT). De bewakingscamera's van UGENT zijn van betere kwaliteit en zullen gebruikt worden voor de analyse van de videobeelden (zie § 4.9.5). Toch worden beide types camera toegepast om zo veel mogelijk beelden vast te leggen.

De positie van de camera's is weergegeven in de onderstaande figuren. Er dient wel opgemerkt te worden dat dit de hoogte is van de camera's na Proef 1. Tijdens Proef 1 werden alle camera's immers op een hoogte van ca. 1,8 à 2,0 m geplaatst. Deze hoogte bleek echter te hoog om goede waarnemingen te doen (zie ook § 4.4.3).

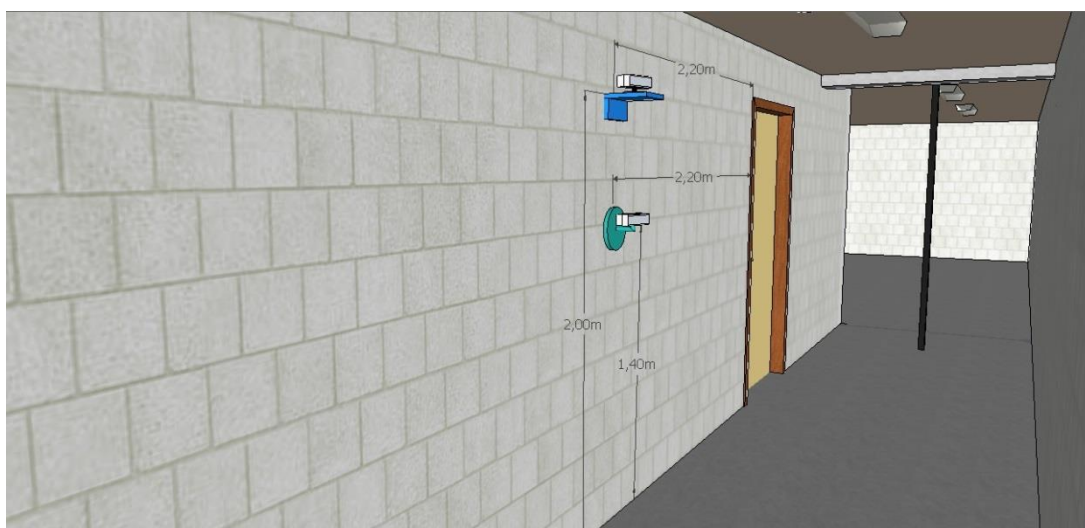
De posities van de camera's zijn weergegeven in de onderstaande figuren:



Figuur 20: Posities van de camera's in Gang1 (Camera UGENT 114 - groen)



Figuur 21: Posities van de camera's in de gemeenschappelijke ruimte (Camera's UGENT 102 en 103 + WFRGENT 01)



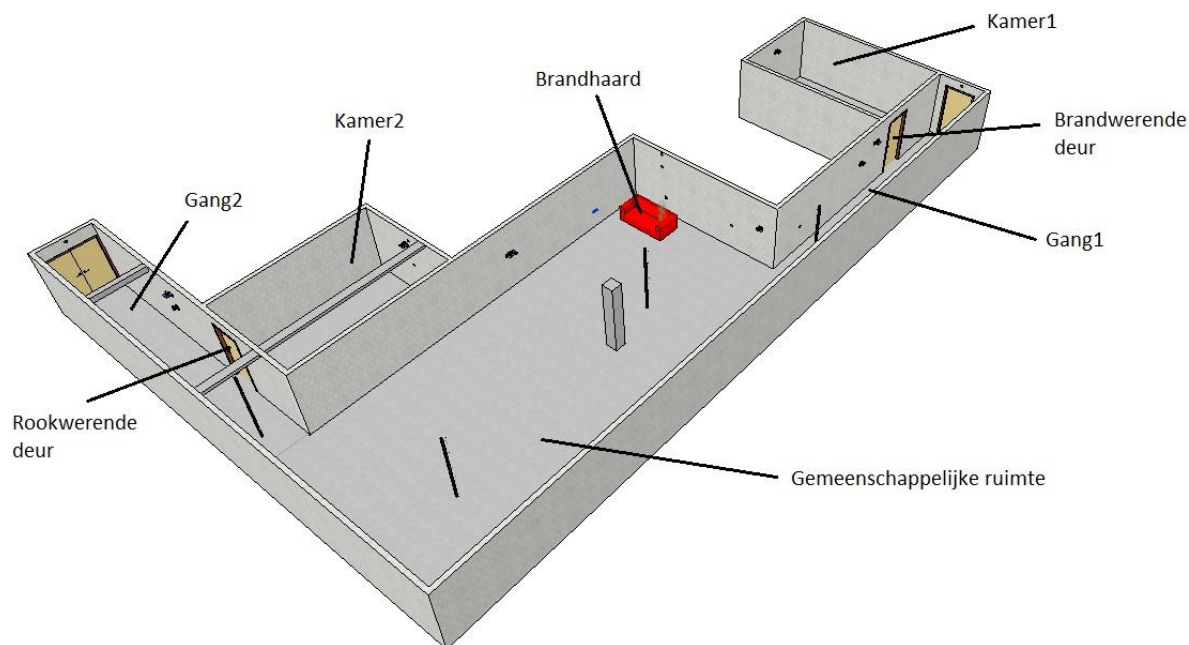
Figuur 22: Posities van de camera's in Gang2 (Camera UGENT 105- groen)

4.4 Proef 1: "Nulproef" - enkel branddetectie

Proef 1 werd uitgevoerd op 16 juli 2015.

4.4.1 Proefopstelling

De proefopstelling is schematisch weergegeven in de onderstaande figuur:



Figuur 23: Schematische weergave van Proef 1

De configuratie van deze proefopstelling is dezelfde als deze beschreven in § 4.1.

4.4.2 Verwachte verloop van de proef

Aangezien het een quasi gesloten compartiment betreft, zal tijdens deze proef een temperatuursverhoging leiden tot een drukverhoging. Ter info: Een andere mogelijkheid tot drukverhoging is de toepassing van mechanische ventilatie, doch dit zal behandeld worden in § 4.6.2. (Proef 3: Toepassing van een ontroeringsysteem).

Het compartiment is echter niet volledig gesloten aangezien er spelingen aanwezig zijn tussen de deurvleugel en de omlijsting. Omwille van de drukopbouw zal de aanwezige rook doorheen deze spleten geduwd worden waarbij de grootte van de overdruk evenals de afmetingen van de spleten de hoeveelheid rook doorheen deze spleten zullen bepalen.

Tevens zal de gesloten configuratie er voor zorgen dat de brandhaard zichzelf zal doven wegens een gebrek aan zuurstof. Gezien het grote volume van het compartiment zal dit echter niet in de beginfase van de brandontwikkeling gebeuren.

Er wordt ten slotte verwacht dat de gehele ruimte zich zal vullen met rook. De snelheid hiervan is echter niet te voorspellen.

4.4.3 Waarnemingen tijdens de proef

Tijdens de proef werden onderstaande waarnemingen gedaan:

Tijd	Waarneming
0' 00"	Start van de proef
0' 55"	Detectie geactiveerd
1' 00"	Sluiten van de deur van het compartiment
2' 00" tot 3' 00"	De rooklaag is zichtbaar en zakt snel
4' 25" tot 5' 00"	De brand dooft zichzelf door zuurstoftekort
Na de test	Tijdens de interventie van de brandweer werden de buitenste deuren opnieuw geopend waardoor er opnieuw zuurstof bij de brandhaard kon komen. Er werd echter geen heropflakking van de brand waargenomen.

Tijdens de proef werd vastgesteld dat de camera's te hoog gepositioneerd waren om een duidelijk beeld te krijgen van de rookontwikkeling in de ruimtes. De enorme rookontwikkeling zorgde er voor dat de camera's reeds na zeer korte tijd onbruikbaar waren aangezien deze zich in de rooklaag bevonden.

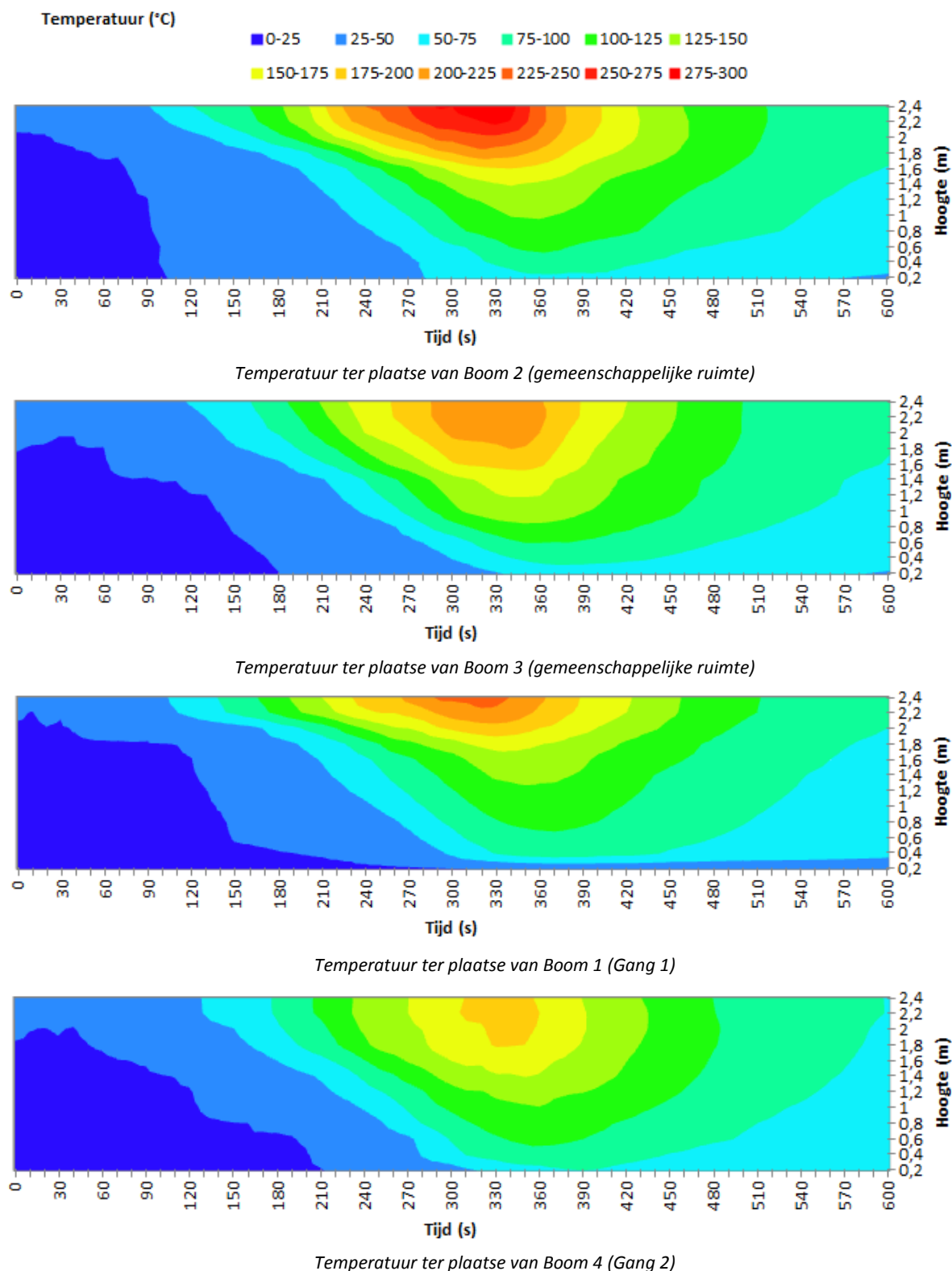
4.4.4 Resultaten van de proef

Tijdens deze proef was het niet mogelijk om de druk digitaal op te nemen. De druk kon enkel visueel afgelezen worden en er werd een maximale overdruk van ca. 7 Pa waargenomen. Deze drukstijging is echter véél lager dan wat verwacht kon worden in dergelijke proefopstelling. Tijdens een eerder uitgevoerd onderzoek [58] werd vastgesteld dat bij een niet-bepleisterde muur uit cellenbeton (dikte: 90 mm) een lekdebiet van ca. 3 m³/h/m² bij een drukverschil van 50 Pa en een lekdebiet van ca. 5 m³/h/m² bij een drukverschil van 100 Pa werd waargenomen. Alhoewel bij deze proefopstelling de verticale voegen tussen de cellenbetonnen blokken niet opgevuld waren, werd er geen rookdoorgang doorheen deze verticale voegen vastgesteld tijdens de praktijktest. Indien de cellenbetonnen blokken op zich niet luchtdoorlatend zouden zijn, zou er steeds rookdoorgang doorheen de verticale voegen tussen de cellenbetonnen blokken vastgesteld moeten worden (wat dus niet het geval was). Er kan dus aangenomen worden dat de luchtdoorlatendheid van de muur uit cellenbeton ervoor gezorgd had dat de overdruk in de brandruimte tijdens de praktijktest heel beperkt bleef. De invloed van de luchtdoorlatendheid van de muur uit cellenbeton op de drukopbouw in de brandruimte zal onderzocht worden tijdens Proef 2.

Aangezien de camera's tijdens deze proef te hoog gepositioneerd waren, worden de afbeeldingen van de videobeelden hieronder niet weergegeven. Er werd immers vastgesteld dat de rook zich na een korte periode voor de camera bevond zodat er geen bruikbaar beeldmateriaal was. Tijdens Proef 2 werden de camera's op lagere posities geplaatst zodat een beter beeld van de rookontwikkeling kon gemaakt worden.

De resultaten van de uitgevoerde metingen (temperatuur, druk, stralingsflux, O₂- en CO-gehalte) zijn opgenomen in Bijlage 9.1.

Een visuele weergave van de temperatuursmetingen ter plaatse van de thermokoppelbomen is hieronder weergegeven. Hierbij wordt de temperatuur (per 25°C) weergegeven in functie van de tijd en de hoogte.



Figuur 24: Visuele weergave van de temperaturen ter plaatse van de thermokoppelbomen (Proef 1)

4.4.5 Vaststellingen na de proef

De volgende vaststellingen werden gedaan:

- In zowel Kamer1 (brandwerende deur) als Kamer2 (rookwerende deur) werd een kleine hoeveelheid rook waargenomen. Deze was afkomstig van de rookdoorgang door de spelingen rondom de deuren. Er werd een geringere roetafzetting op de rookdetector in Kamer2 in vergelijking met deze in Kamer1 vastgesteld.
- Er was niet echt roetafzetting merkbaar op de muren van de proefopstelling.
- Het schuim (en de hoes) van de zetel was volledig opgebrand, behalve aan één zijkant (zie ook onderstaande figuren).

De zetel zag er na de proef als volgt uit:



Vooraanzicht zetel



Zijaanzicht zetel

Figuur 25: Foto's van de zetel na Proef 1

4.4.6 Conclusies van de proef

De volgende conclusies worden gemaakt:

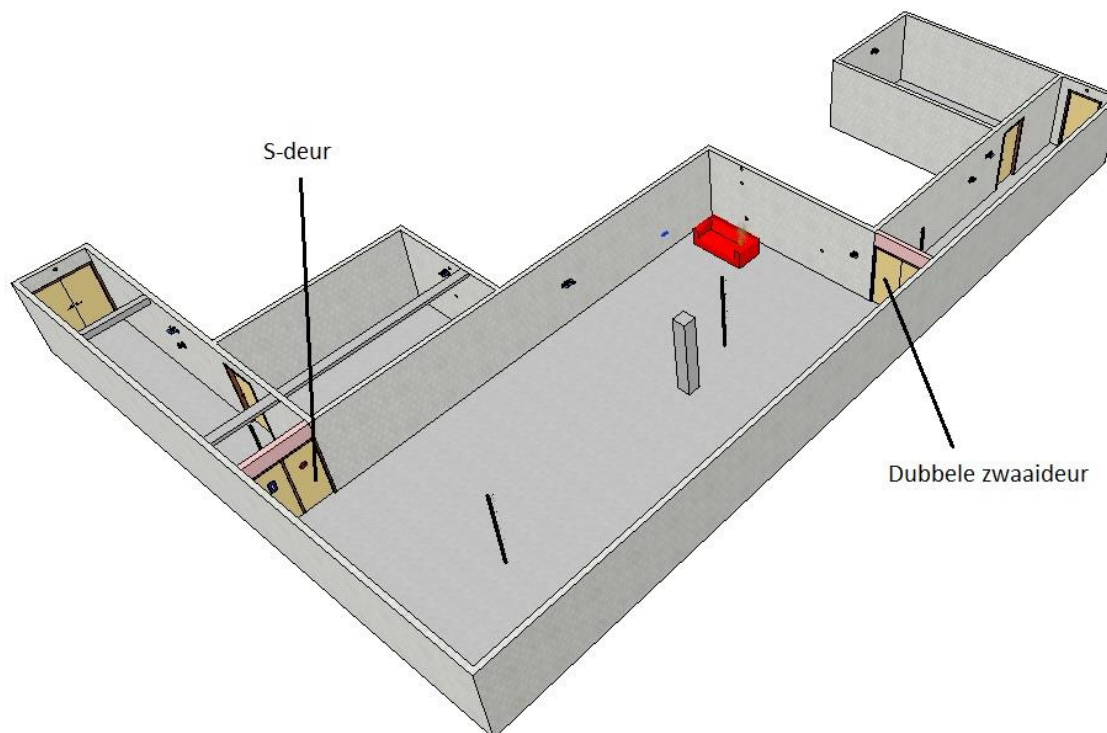
- De ruimte vult zich zeer snel met rook. Alhoewel het een zeer grote ruimte betreft (380 m³) heeft de rooklaag op ca. 4 minuten na aanvang van de brand de vloer bereikt. Alhoewel dit niet opgemaakt kon worden uit de videobeelden, kan dit duidelijk afgeleid worden uit de temperatuursmetingen op een hoogte van 0,2 m (zie resultaten thermokoppelbomen in § 9.1).
- De brandhaard dooft zichzelf uit door een tekort aan zuurstof. Het schuim van de zetel is (bijna) volledig opgebrand, doch het houten kader is slechts ten dele ontbrand.
- De maximaal opgemeten stralingsflux in de nabijheid van de brandhaard bedraagt ca. 30 kW/m². Dergelijk stralingsniveau is voldoende om omringend meubilair (of ander brandbaar materiaal) spontaan te doen ontvlammen. Het zuurstoftekort zal hier echter een remmende werking hebben.
- Gezien het feit dat er geen drukopbouw is (luchtdoorlatendheid van de muur uit cellenbeton), kan er geen besluit getrokken worden in verband met het verschil tussen de rookdoorgang bij een brandwerende t.o.v. een rookwerende deur.

4.5 Proef 2: Toepassing van brandwerende deuren in de evacuatiewegen

Proef 2 werd uitgevoerd op 15 september 2015.

4.5.1 Configuratie

De proefopstelling is schematisch weergegeven in de onderstaande figuur:

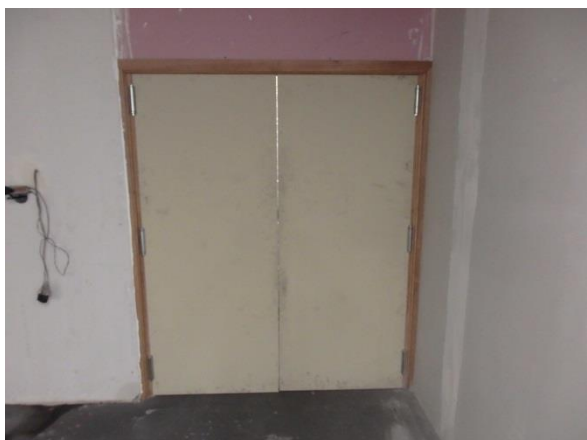


Figuur 26: Schematische weergave van Proef 2

De configuratie van deze proef is dezelfde als deze beschreven in § 4.1 waarbij zelfsluitende brandwerende deuren aan de compartimentsgrenzen van de gemeenschappelijke ruimte toegevoegd werden. Bij de gang met een enkele deur ('Gang1') werd een dubbele zwaaideur toegepast, bij de andere gang werd een S-deur toegepast.

Beide deuren zijn voorzien van een Benor/Atg-goedkeuring (Rf 30 volgens de Belgische norm NBN 713.020) en werden geplaatst volgens de voorschriften ervan. Hierbij werden de maximaal toelaatbare spelingen rondom de deurvleugel toegepast. De conforme plaatsing van deze deuren werd geverifieerd door ISIB-werfcontroleurs.

De dubbele zwaaideur is opgebouwd uit twee deurvleugels die in beide richtingen kunnen geopend worden. De zelfsluitendheid wordt gerealiseerd door drie veerscharnieren zoals weergegeven in de onderstaande figuren.



Dubbele zwaaideur (zicht gemeenschappelijke ruimte)



Dubbele zwaaideur (zicht Gang1)

Figuur 27: Foto's toegepaste dubbele zwaaideur

De S-deur is opgebouwd uit twee deurvleugels die slechts in één richting kunnen geopend worden (= draaideur). Hiervoor is aan de bovenkant en aan de scharnierkant van de deurvleugel een aanslaglat op de omlijsting aangebracht. In de onderstaande linkse figuur (*zicht gemeenschappelijke ruimte*) kan opgemerkt worden dat de "linkse" deurvleugel enkel kan geopend worden in de richting van Gang2, terwijl de "rechtse" deurvleugel enkel kan geopend worden in de richting van de gemeenschappelijke ruimte. De zelfsluitendheid werd gerealiseerd door middel van een deurpomp die op elke deurvleugel aangebracht werd (zie ook onderstaande figuren).



S-deur (zicht gemeenschappelijke ruimte)



S-deur (zicht Gang 2)

Figuur 28: Foto's toegepaste S-deur

Het grote verschil tussen beide types brandwerende deuren is de "afdichting" van de spelingen rondom de deurvleugel. Bij de S-deur werden aanslaglatten en makelaars aangebracht, terwijl dit niet het geval was bij de dubbele zwaaideur.

Volgende wijzigingen ten opzichte van de configuratie van Proef1 werden eveneens aangebracht:

- Er werden bijkomend calciumsilicaatplaten tegen de muur bevestigd teneinde de luchtdichtheid te garanderen. Deze luchtdichtheid is noodzakelijk om de beoogde drukopbouw in de ruimte te realiseren.
- De camera's werden nu lager geïnstalleerd. De camera's van UGENT bevonden zich op een hoogte van 1,4 m, deze van WFRGENT op een hoogte van 1,9 à 2,0 m.

4.5.2 Verwachte verloop van de proef

Het verwachte verloop van de proef is identiek aan dit van Proef 1. Door de drukopbouw zal de rook doorheen de spleten rondom de brandwerende deuren in de gangen geduwd worden.

4.5.3 Waarnemingen tijdens de proef

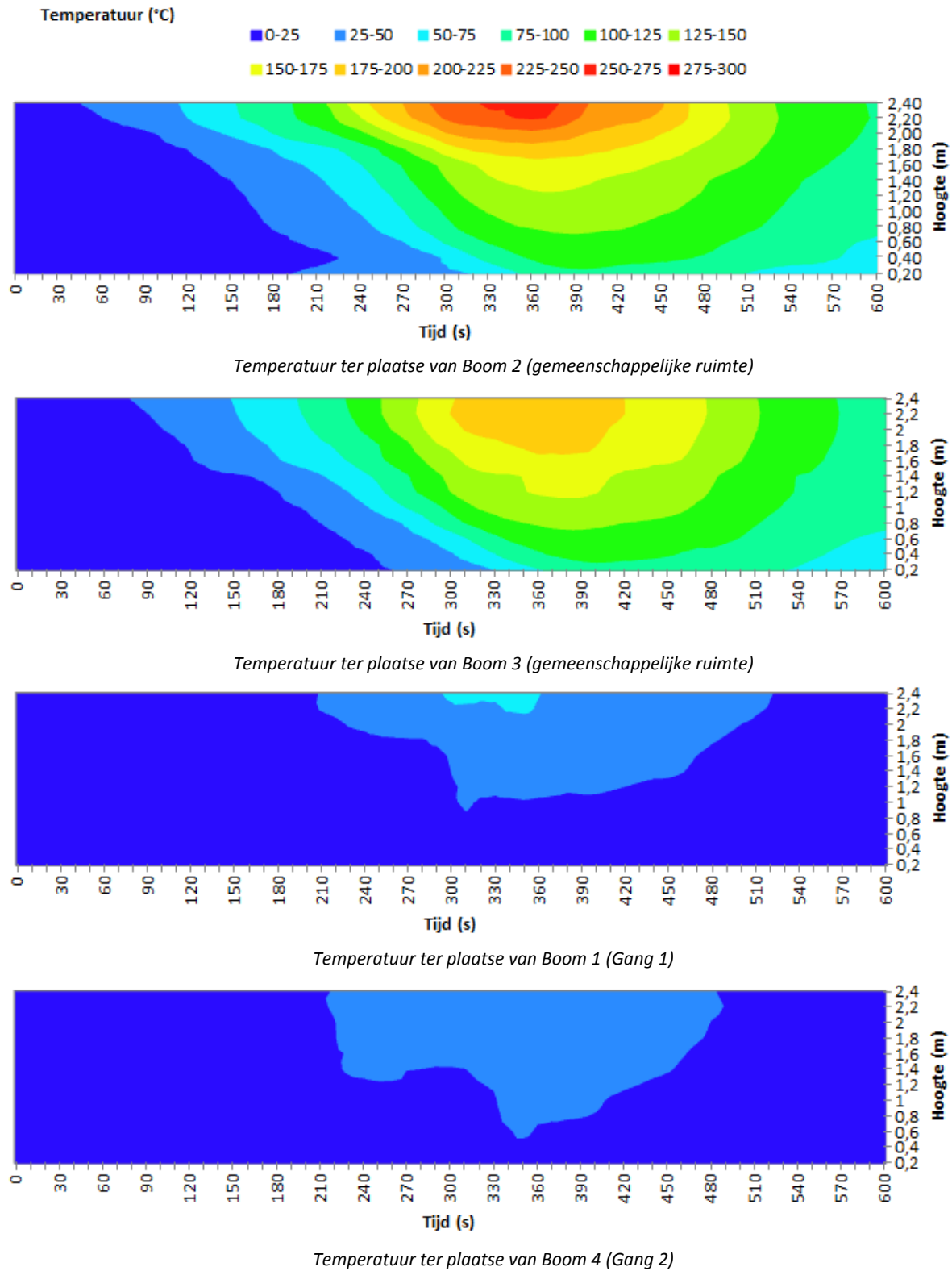
Tijdens de proef werden onderstaande waarnemingen gedaan:

Tijd	Waarneming
0' 00"	Start van de proef
1' 00"	Sluiten van de deur van het compartiment
1' 05"	Detectie geactiveerd
2' 00" tot 2' 30"	De rooklaag in de gemeenschappelijke ruimte is zichtbaar en zakt snel
2' 45"	Er komt rook doorheen de brandwerende deuren van de gang
3' 20"	Kleine explosies van de stalen veren in de zetel
4' 00" tot 4' 30"	De zichtbaarheid in beiden gangen vermindert enorm
4' 30" tot 5' 00"	De brand dooft zichzelf door zuurstoftekort doch niet volledig
5' 00"	De zichtbaarheid in de gangen is bijna nihil
Na de test	Bij de interventie van de brandweer is een warmtecamera gebruikt. Een temperatuur van ca. 50 °C wordt waargenomen ter plaatse van de brandhaard. Na het openen van de deuren werd er geen heropflakking van de brandhaard waargenomen.

4.5.4 Resultaten van de proef

De resultaten van de uitgevoerde metingen (temperatuur, druk, stralingsflux, O₂- en CO-gehalte) zijn opgenomen in Bijlage 9.2.

Een visuele weergave van de temperatuursmetingen ter plaatse van de thermokoppelbomen is hieronder weergegeven. Hierbij wordt de temperatuur (per 25°C) weergegeven in functie van de tijd en de hoogte.



Figuur 29: Visuele weergave van de temperaturen ter plaatse van de thermokoppelbomen (Proef 2)

Enkele afbeeldingen van de videobeelden op bepaalde tijdstippen zijn hieronder weergegeven.

Camera UGENT 102 (Gemeenschappelijke ruimte en gericht naar Gang1)



Na 1' 30"



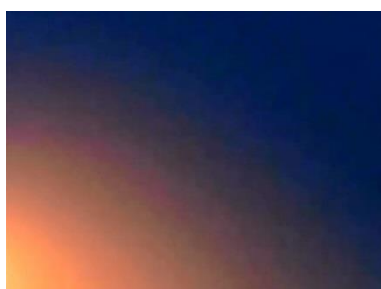
Na 2' 00"



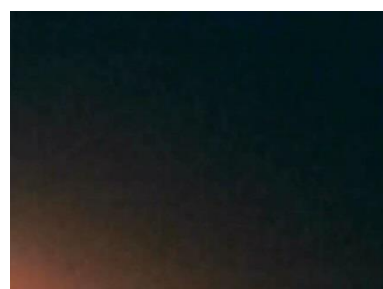
Na 2' 30"



Na 3' 00"



Na 3' 30"



Na 4' 00"

Camera UGENT 103 (Gemeenschappelijke ruimte en gericht naar Gang2)



Na 1' 30"



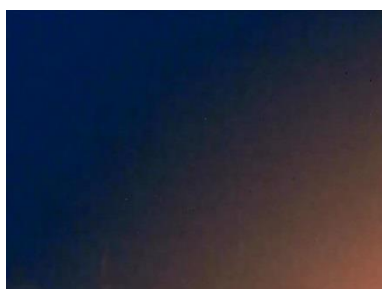
Na 2' 00"



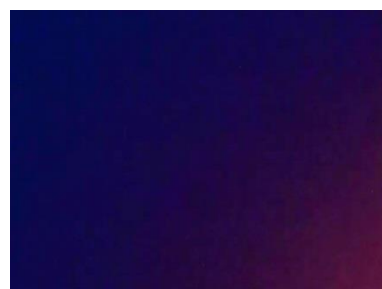
Na 2' 30"



Na 3' 00"



Na 3' 30"

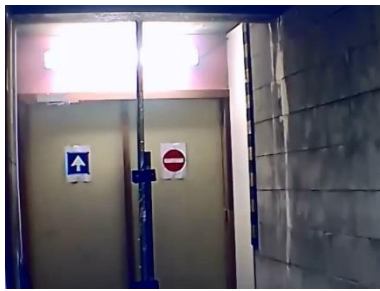


Na 4' 00"

Camera UGENT 105 (Gang2)



Na 1' 30''



Na 2' 30''



Na 3' 30''



Na 4' 30''



Na 5' 00''



Na 5' 30''

Camera UGENT 114 (Gang1)



Na 1' 30''



Na 2' 30''



Na 3' 30''



Na 4' 30''

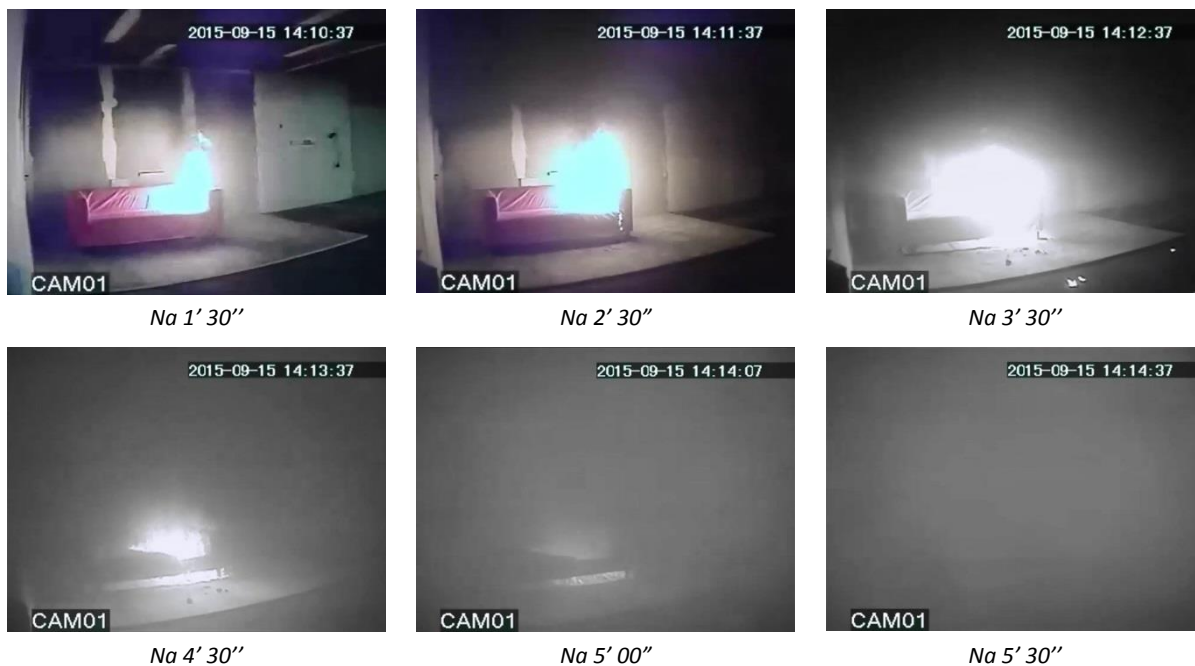


Na 5' 00''



Na 5' 30''

Camera WFRGENT 01 (brandhaard)



4.5.5 Vaststellingen na de proef

De volgende vaststellingen werden gedaan:

- In zowel Kamer1 als Kamer2 werd bijna geen rook waargenomen.
- Er was een enorme roetafzetting merkbaar op de platen (op de muren) van de proefopstelling.
- Het schuim (en de hoes) van de zetel was volledig opgebrand, behalve aan één zijkant (zie ook onderstaande figuren). Dit was gelijkaardig aan de uitgebrande zetel van Proef 1.

De zetel zag er na de proef als volgt uit:



Vooraanzicht zetel



Zijaanzicht zetel

Figuur 30: Foto's van de zetel na Proef 2

4.5.6 Conclusies van de proef

De volgende conclusies worden gemaakt:

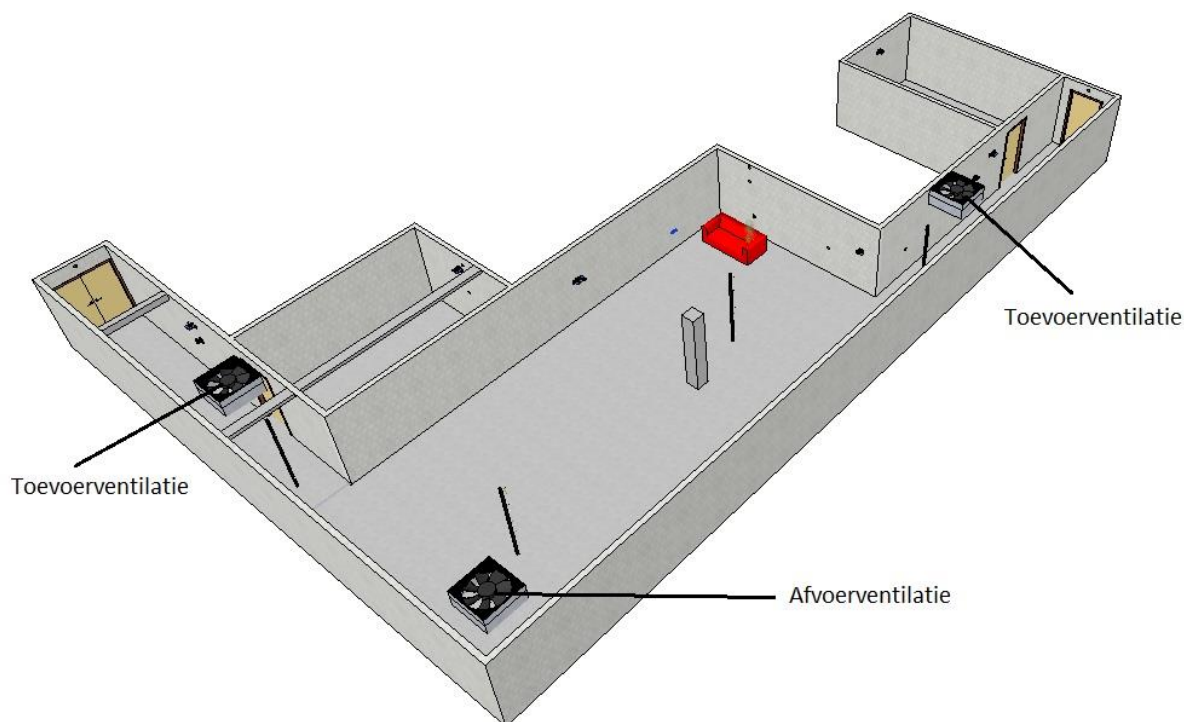
- Het aanbrengen van de bijkomende platen (luchtdicht maken van de ruimte) heeft voor de nodige drukopbouw in de gemeenschappelijke ruimte gezorgd.
- Brandwerende deuren houden geen rook tegen in de beginfase van een brand. Bij brandwerende deuren is een strook schuimvormend product in de deurvleugel ingewerkt die pas bij temperaturen van 150 °C à 200°C begint te reageren. Hierbij zet het schuimvormend product uit en sluit het de speling tussen de deurvleugel en de omlijsting volledig af zodat rookverspreiding slechts vanaf dan beperkt wordt. Aangezien de temperaturen in de beginfase van de brand echter lager zijn dan de activatietemperatuur van het schuimvormend product, worden de spelings dan ook niet afgedicht waardoor rookverspreiding mogelijk blijft.
- Doordat het compartiment gesloten is, bouwt de druk zich heel snel op en dit gebeurt toch bij “relatief” lage temperaturen in de ruimte.
- Enkele minuten na detectie zijn de gangen (afgesloten door de brandwerende deuren) volledig gevuld met rook.
- Indien er geen drukopbouw zou zijn (bv. door raam/deur die open staat in de ruimte), dan zou er veel minder rookdoorgang zijn bij de deuren ter plaatse van de gemeenschappelijke ruimte (zie ook conclusies Proef 1).
- In de kamers werd bijna geen rook waargenomen. De kamers werden gescheiden van de brandruimte door middel van twee opeenvolgende gesloten deuren.
- De maximaal opgemeten stralingsflux in de nabijheid van de brandhaard bedraagt ca. 30 kW/m². Dergelijk stralingsniveau is voldoende om omringend meubilair (of ander brandbaar materiaal) spontaan te doen ontvlammen. Het zuurstoftekort zal hier echter een remmende werking hebben.

4.6 Proef 3: Toepassing van een ontrokingssysteem

Proef 3 werd uitgevoerd op 23 september 2015.

4.6.1 Configuratie

De proefopstelling is schematisch weergegeven in de onderstaande figuur:



Figuur 31: Schematische weergave van Proef 3

De configuratie van deze proef is dezelfde als deze beschreven in § 4.1 met uitzondering van de toevoeging van een ontrokingssysteem. Er werden twee toevoerventilatoren van het type 624/69/45°/AL/4ZL (diameter: 624 mm) en één afvoerventilator van het type 800/9-9/48,5°/AL/4ZL (diameter: 800 mm) toegepast. De ventilatoren werden aangebracht bovenop stalen luchtkanalen (hoogte: ca. 0,5 m; afmetingen: 1000 x 1000 mm) die in het vlak van het plafond ingewerkt werden.

Het volumedebiet van de afvoer bedroeg ca. 40.000 m³/h, deze van elke toevoer bedroeg ca. 10.000 m³/h. Het afvoerdebiet werd door een gespecialiseerd bedrijf bepaald op basis van de bekomen HRR van de zetel (zie § 4.2) en de te verwachten temperatuur van de af te voeren rooklaag (zie ook § 4.6.2). Er zijn immers geen normen voorhanden die ontroking in dergelijke configuraties behandelen.

Het ontrokingssysteem werd manueel aangezet op het moment van de activatie van de rookdetectoren.

Opmerking: Oorspronkelijk was voor het toevoerdebiet een waarde van ca. 14.500 m³/h opgegeven. Tijdens drukmetingen voorafgaand aan de praktijktest werd echter vastgesteld dat hierdoor een enorme overdruk in het gesloten compartiment werd waargenomen. Om die reden (zie ook § 4.6.2) werd het toevoerdebiet verminderd naar ca. 10.000 m³/h zodat tijdens de praktijktest een onderdruk gerealiseerd werd bij activatie van de ventilatoren.

De ventilatoren werden rechtstreeks met de buitenlucht verbonden.

Enkele foto's van de ventilatoren zijn hieronder weergegeven:



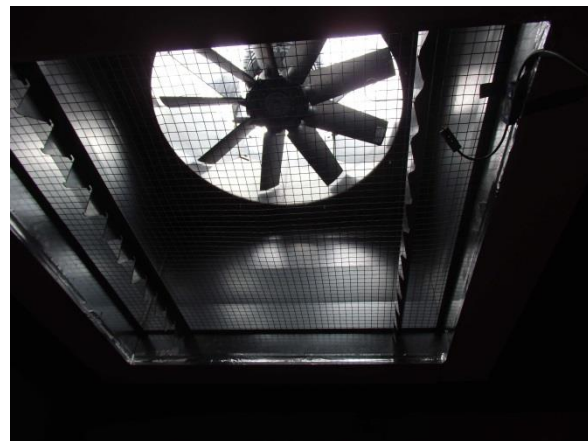
Toevoerventilator in Gang1



Detail toevoerventilator



Afvoerventilator in gemeenschappelijke ruimte



Detail afvoerventilator

Figuur 32: Foto's proefopstelling Proef 3

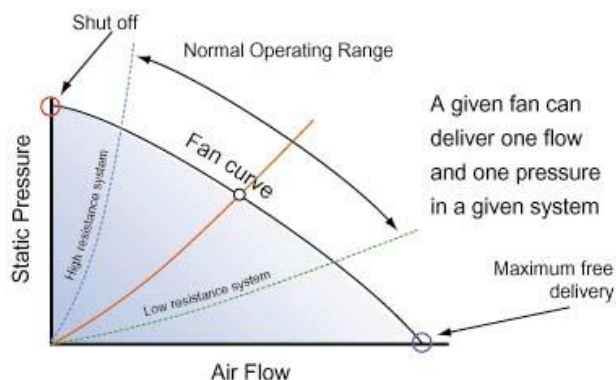
4.6.2 Verwachte verloop van de proef

Het ontrokingssysteem zal er voor zorgen dat de geproduceerde rook afgevoerd zal worden zodat een betere zichtbaarheid zal bekomen worden.

Er zijn echter twee zaken die deze rookafvoer zullen "bemoeilijken":

- De opwarming zal er voor zorgen dat de hoeveelheid afgevoerde rook zal verminderen. Indien verondersteld wordt dat het volumedebiet constant is (er is dus een evenwicht tussen toevoer en afvoer – zie ook volgend punt) zal er minder massa rook afgevoerd worden omwille van de lagere dichtheid van de rooklaag. Immers om eenzelfde massadebiet te kunnen afvoeren, zou het volumedebiet (of ook de snelheid van de ventilator) dienen verhoogd te worden, aangezien massadebiet (kg/s) = volumedebiet (m³/s) x dichtheid lucht (kg/m³).

- Door het toepassen van zowel een mechanische toevoer als afvoer in een gesloten ruimte, zullen deze een invloed op elkaar hebben. Een drukverhoging/verlaging ten gevolge van verschil in toevoer- en afvoerdebiet heeft immers invloed op de volumedebieten van de ventilatoren zoals weergegeven in de onderstaande figuur, m.a.w. een drukverschil zal aanleiding geven tot lagere volumedebieten. Tevens zal de brandhaard op zich aanleiding geven tot een drukverhoging in de ruimte (zie Proef 2), zodat dit op zijn beurt opnieuw resulteert in “aangepaste” drukverschillen en aldus ook andere volumedebieten.



Figuur 33: Invloed van druk op het volumedebiet [59]

4.6.3 Waarnemingen tijdens de proef

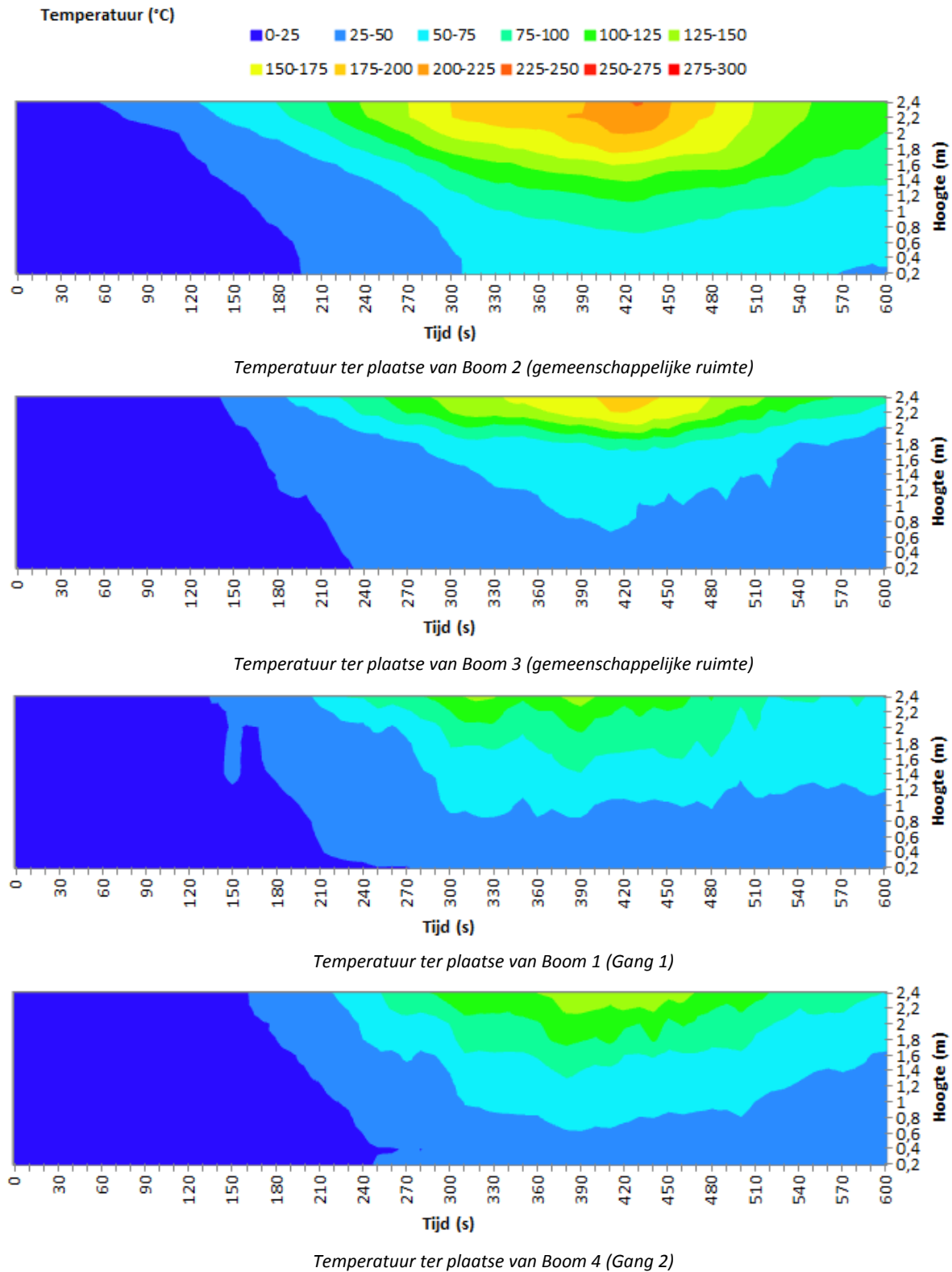
Tijdens de proef werden onderstaande waarnemingen gedaan:

Tijd	Waarneming
0' 00"	Start van de proef
0' 45"	Detectie geactiveerd
0' 50"	Sluiten van de deur van het compartiment
0' 50"	Aanzetten van de ventilatoren
2' 00" tot 2' 30"	De rookontwikkeling wordt groter. Er is geen scheiding rooklaag – omgevingslucht merkbaar
3' 00"	De rook is zichtbaar tot aan de toevoerventilator, maar komt niet verder
3' 30" tot 4' 30"	De rook komt verder dan toevoerventilator
5' 10"	Kleine explosies van de stalen veren in de zetel
5' 40" tot 6' 10"	Zeer hoge vlammen
8' 00" tot 9' 00"	De zichtbaarheid in de ruimte neemt terug toe
12' 00"	De zichtbaarheid is enorm toegenomen
Na de test	De zetel is volledig opgebrand

4.6.4 Resultaten van de proef

De resultaten van de uitgevoerde metingen (temperatuur, druk, stralingsflux, O₂- en CO-gehalte) zijn opgenomen in Bijlage 9.3.

Een visuele weergave van de temperatuursmetingen ter plaatse van de thermokoppelbomen is hieronder weergegeven. Hierbij wordt de temperatuur (per 25°C) weergegeven in functie van de tijd en de hoogte.



Figuur 34: Visuele weergave van de temperaturen ter plaatse van de thermokoppelbomen (Proef 3)

Enkele afbeeldingen van de videobeelden op bepaalde tijdstippen zijn hieronder weergegeven.

Camera UGENT 102 (Gemeenschappelijke ruimte en gericht naar Gang2)



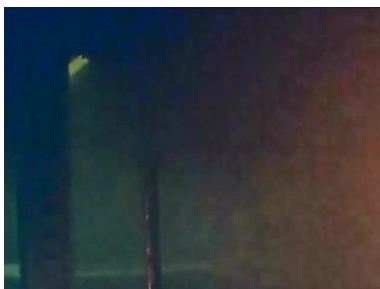
Na 1' 30"



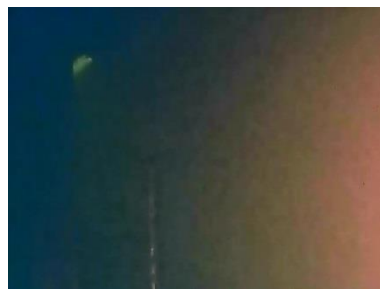
Na 2' 00"



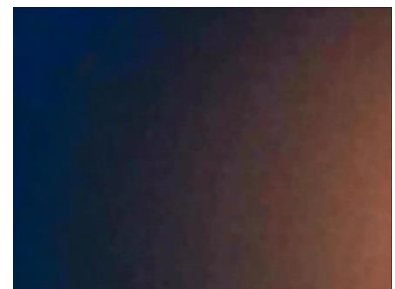
Na 2' 30"



Na 3' 00"



Na 4' 00"



Na 6' 00"



Na 8' 00"



Na 10' 00"



Na 12' 00"

Camera UGENT 103 (Gemeenschappelijke ruimte en gericht naar Gang1)



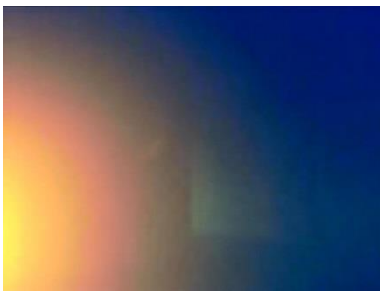
Na 1' 30''



Na 2' 00''



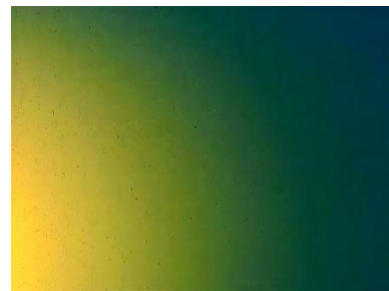
Na 2' 30''



Na 3' 00''



Na 4' 00''



Na 6' 00''



Na 8' 00''



Na 10' 00''



Na 12' 00''

Camera UGENT 105 (Gang2)



Na 1' 30''



Na 2' 00''



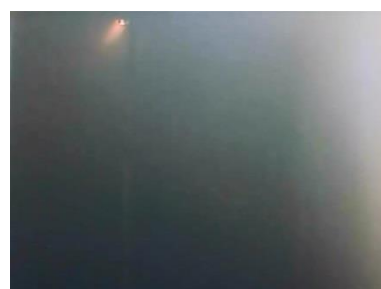
Na 2' 30''



Na 3' 00''



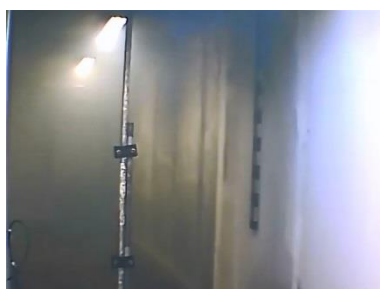
Na 4' 00''



Na 6' 00''



Na 8' 00''



Na 10' 00''



Na 12' 00''

Camera UGENT 114 (Gang1)



Na 1' 30"



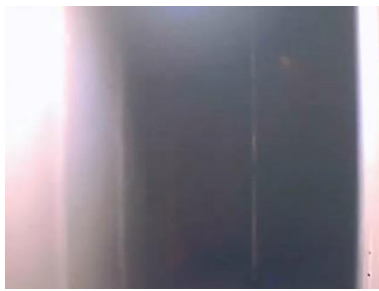
Na 2' 00"



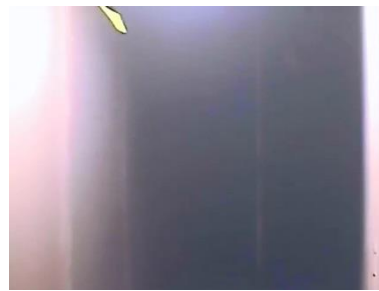
Na 2' 30"



Na 3' 00"



Na 4' 00"



Na 6' 00"



Na 8' 00"



Na 10' 00"



Na 12' 00"

Camera WFRGENT 01 (brandhaard)



Na 1' 30"



Na 2' 00"



Na 2' 30"



Na 3' 00"



Na 4' 00"



Na 6' 00"



Na 8' 00"



Na 10' 00"



Na 12' 00"

4.6.5 Vaststellingen na de proef

De volgende vaststellingen werden gedaan:

- In zowel Kamer1 als Kamer2 werd geen rook waargenomen.
- De zetel was volledig opgebrand.

De “zetel” zag er na de proef als volgt uit:



Figuur 35: Foto van de “zetel” na Proef 3

4.6.6 Conclusies van de proef

De volgende conclusies worden gemaakt:

- Door de continue toevoer van zuurstof kan de zetel volledig uitbranden. Hierbij wordt een heel grote stralingsflux (tot 70 kW/m^2) opgemeten in de nabijheid van de brandhaard waardoor omringend meubilair (of ander brandbaar materiaal) zal bijdragen aan een belangrijke branduitbreiding.
- De zichtbaarheid in de gemeenschappelijke ruimte is afhankelijk van de temperatuur van de rooklaag. Indien de temperatuur van de rooklaag laag is, is de zichtbaarheid veel beter dan indien de temperatuur van de rooklaag hoog is. Met andere woorden, de zichtbaarheid is het grootst in het begin en op het einde van de brand. Bij een vol ontwikkelde brand zijn de temperaturen immers hoog zodat een heel groot afvoervolumebiet nodig is om de warme rooklaag af te voeren en aldus een goede zichtbaarheid te garanderen.
- In het geval van een quasi gesloten compartiment is een goede afstelling van de toevoer- en afvoerventilatie cruciaal om de vooropgestelde volumedebieten van de ventilatoren tijdens een brand te bekomen.
- Een ontrokingssysteem kan een onderdruk creëren in de ruimte. Op die manier is er geen rookverspreiding naar andere ruimtes mogelijk indien deze gescheiden zijn door bv. brandwerende deuren.

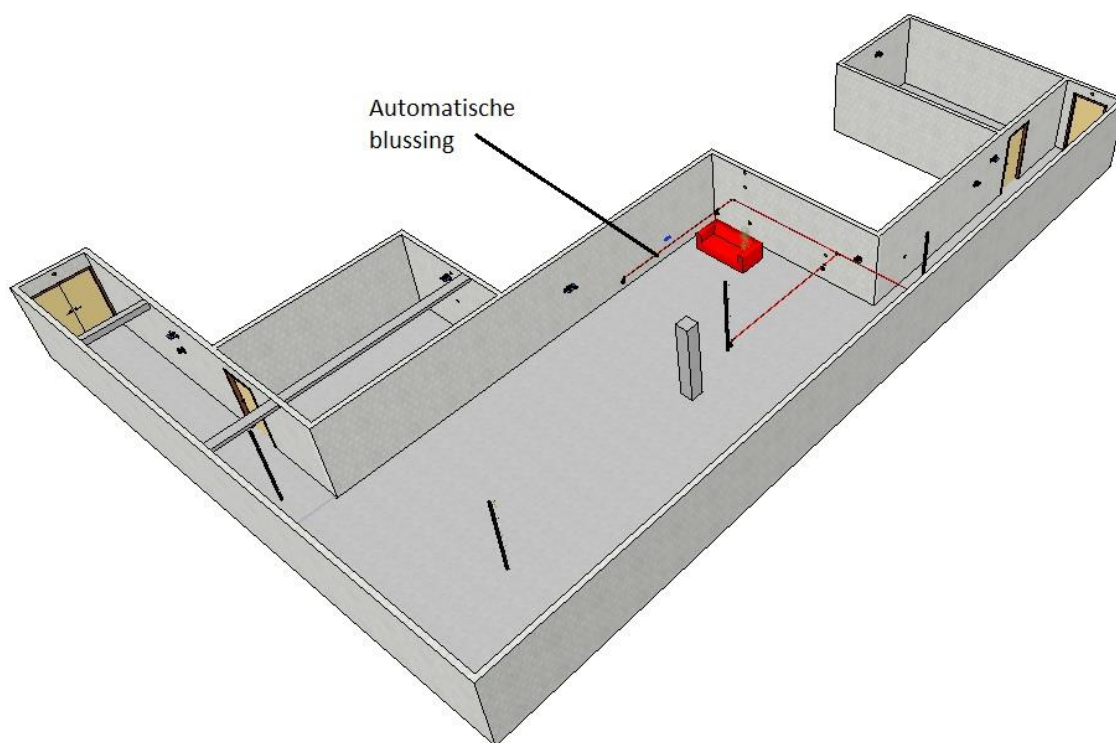
4.7 Proef 4: Toepassing van een automatische blussing

Een eerste proef met de automatische blussing werd uitgevoerd op 21 oktober 2015. Tijdens de proef werd de sprinkler wel geactiveerd, maar bedroeg de druk net na activatie slechts 0,1 bar (i.p.v. de beoogde 0,5 bar – zie verder) waardoor er nauwelijks water doorheen de sprinkler kwam. Een tweede sprinkler werd eveneens geactiveerd, doch hierbij kwam ook nauwelijks water doorheen de sprinkler. Op hetzelfde moment werd de derde sprinkler geactiveerd die functioneerde zoals het hoorde. Na de proef werden kleine brokken cellenbeton in de leidingkop van een sprinkler teruggevonden. Het is echter niet duidelijk of deze verstopping er voor gezorgd heeft dat de druk in de leiding te laag was.

Om bovenvermelde reden werd deze proef opnieuw uitgevoerd op 18 november 2015. Aangezien de resultaten van beide proeven tijdens deze studie nog zullen besproken worden, zal de proef van 21 oktober “Proef 4” genoemd worden en deze van 18 november “Proef 4bis”. In deze paragraaf worden de resultaten van de proef van 18 november, i.e. Proef 4bis, beschreven.

4.7.1 Configuratie

De proefopstelling is schematisch weergegeven in de onderstaande figuur:



Figuur 36: Schematische weergave van Proef 4

De configuratie van deze proef is dezelfde als deze beschreven in § 4.1 met uitzondering van de toevoeging van een automatische blussing.

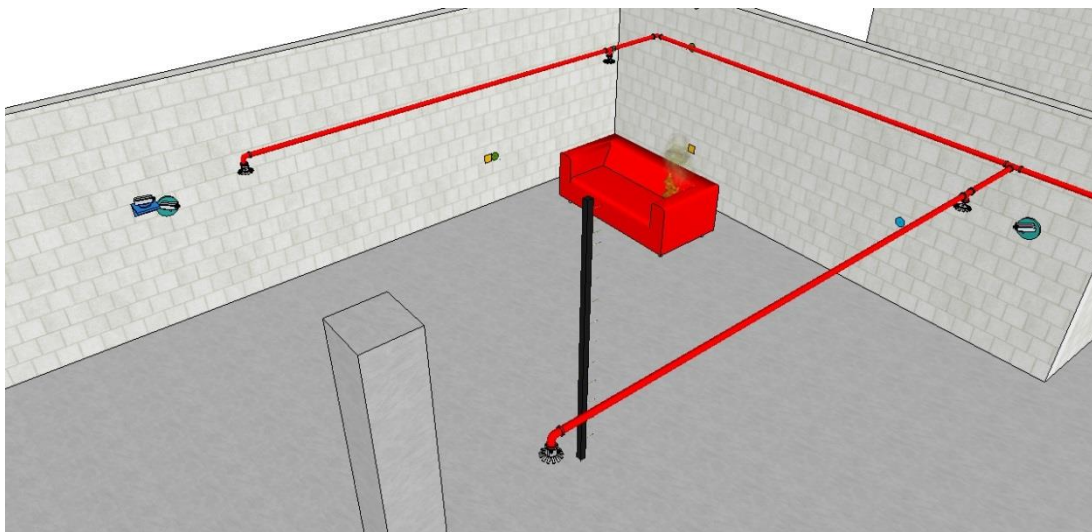
De positie van het automatisch blussysteem werd zodanig gekozen dat deze zich niet in de luchtstroom van het ontrokingssysteem bevond.

Belangrijke opmerking:

Ook tijdens deze proef werd aan een gespecialiseerd bedrijf gevraagd om een berekening te doen van het automatisch blussysteem en dit rekening houdend met een minimale werkingsdruk van ca. 0,5 bar. Het gespecialiseerd bedrijf heeft dit gedaan op basis van de norm voor residentiële sprinklers (NFPA 13R *Standard for the Installation of Sprinkler Systems in Low-Rise Residential Occupancies*) waarbij gebruik zou gemaakt worden van residentiële sprinklers van het type 4.9 K-factor (49 liter bij 0,5 bar; sproei oppervlakte: 4,9 x 4,9 m; werkingstemperatuur: 68°C).

Op uitdrukkelijke vraag van de stuurgroep werd gevraagd om een herberekening te doen waarbij het debiet van de sprinkler zo laag mogelijk diende gehouden te worden. Aangezien de doeltreffendheid van sprinklers reeds uitvoerig aangetoond geweest is, werd door de stuurgroep dus beslist om af te wijken van de door het gespecialiseerd bedrijf voorgestelde configuratie van het automatische blussysteem en voor de praktijktest uit te gaan van een "worst case scenario", i.e. een zo laag mogelijk debiet en een zo laag mogelijke benodigde druk.

Er werden derhalve vier residentiële sprinklers van het type 3.0 K-factor (30 liter bij 0,5 bar; sproei oppervlakte: 3,7 x 3,7 m; werkingstemperatuur: 68°C) aangebracht. De sprinklers waren gepositioneerd met een tussenafstand van 3,7 m waarbij de afstand van de sprinkler tot aan de muur 1,85 m bedroeg, zoals weergegeven in de onderstaande figuur:



Figuur 37: Detail van de automatische blussing (Proef 4)

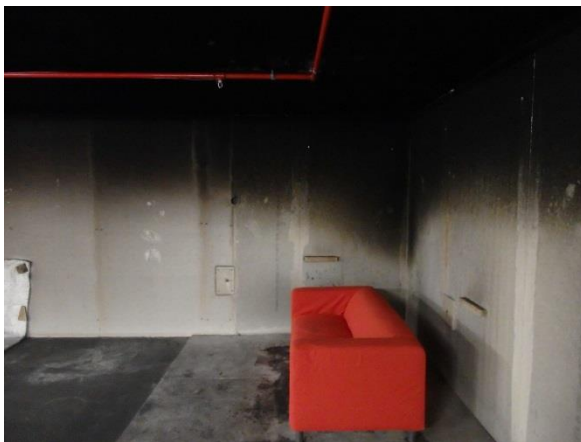
Enkele foto's van de automatische blussing zijn hieronder weergegeven:



Automatische blussysteem (foto van Proef 5)



Detail sprinkler



Sprinkler ter plaatse van de brandhaard



Sprinkler ter plaatse van de brandhaard

Figuur 38: Foto's proefopstelling Proef 4

4.7.2 Verwachte verloop van de proef

De automatische blussing zal de brandhaard onder controle houden en bijkomende rookproductie verminderen. Op het moment van de activatie zal er echter reeds rook zijn die zich in de gangen zal verspreid hebben.

4.7.3 Waarnemingen tijdens de proef

Tijdens de proef werden onderstaande waarnemingen gedaan:

Tijd	Waarneming
0' 00"	Start van de proef
0' 55"	Detectie geactiveerd
0' 60"	Sluiten van de deur van het compartiment
2' 00" tot 2' 30"	De rooklaag is zichtbaar in de gemeenschappelijke ruimte en zakt snel
2' 30" tot 3' 00"	De rooklaag is zichtbaar in de gang en zakt snel
3' 00"	Twee sprinklers worden gelijktijdig geactiveerd. Het betreft de sprinklers die zich het dichtst bij de brandhaard bevinden. De druk in de waterleiding bedraagt ca. 1 bar.
4' 00" tot 6'00"	De brandhaard lijkt uit te doven
11' 00"	Openen van beide deuren aan de uiteinden van de gangen
12' 00" tot 18' 00"	Heropflakking van de brandhaard

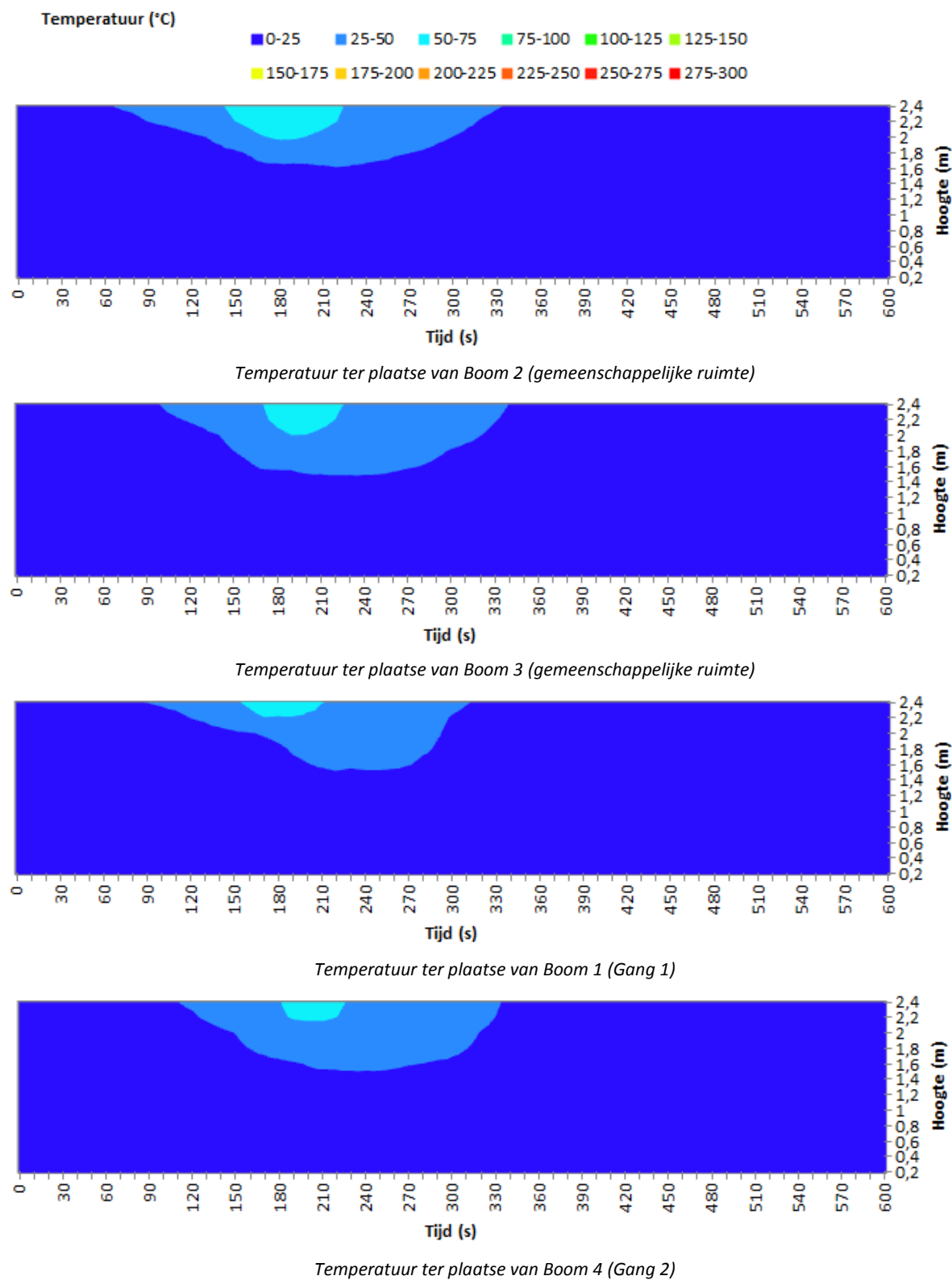
Opmerking:

Zoals beschreven in de waarnemingen werd een heropflakking van de brandhaard vastgesteld tijdens het openen van de deuren. Er dient benadrukt te worden dat dit eigen was aan de toegepaste brandhaard en testcondities (zie ook § 4.7.5).

4.7.4 Resultaten van de proef

De resultaten van de uitgevoerde metingen (temperatuur, druk, stralingsflux, O₂- en CO-gehalte) zijn opgenomen in Bijlage 9.4.

Een visuele weergave van de temperatuursmetingen ter plaatse van de thermokoppelbomen is hieronder weergegeven. Hierbij wordt de temperatuur (per 25°C) weergegeven in functie van de tijd en de hoogte.



Figuur 39: Visuele weergave van de temperaturen ter plaatse van de thermokoppelbomen (Proef 4bis)

Enkele afbeeldingen van de videobeelden op bepaalde tijdstippen zijn hieronder weergegeven.

Camera UGENT 102 (Gemeenschappelijke ruimte en gericht naar Gang2):



Na 1' 30''



Na 2' 30''



Na 3' 00''



Na 3' 30''



Na 4' 00''



Na 6' 00''

Camera UGENT 103 (Gemeenschappelijke ruimte en gericht naar Gang1):



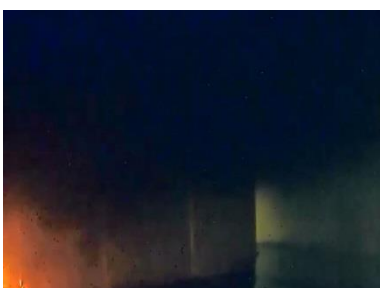
Na 1' 30''



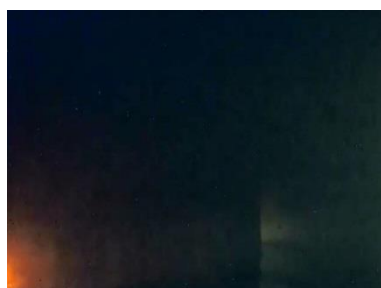
Na 2' 30''



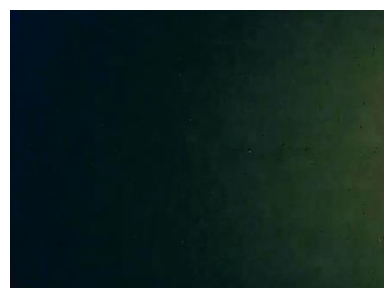
Na 3' 00''



Na 3' 30''



Na 4' 00''



Na 6' 00''

Camera UGENT 105 (Gang2):



Na 1' 30''



Na 2' 30''



Na 3' 00''



Na 3' 30''



Na 4' 00''



Na 6' 00''

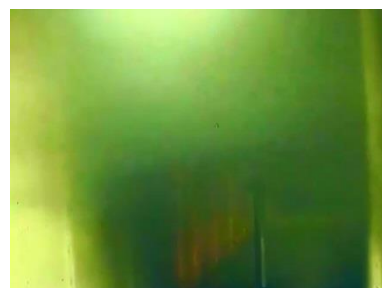
Camera UGENT 114 (Gang1):



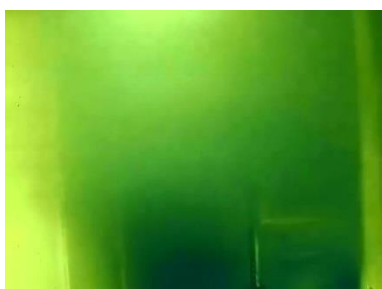
Na 1' 30''



Na 2' 30''



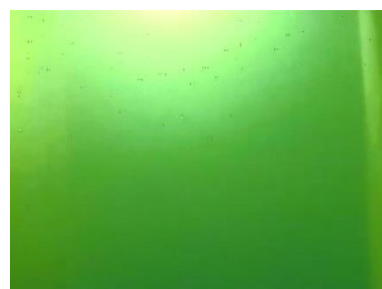
Na 3' 00''



Na 3' 30''



Na 4' 00''



Na 6' 00''

Camera WFRGENT 01:



Na 1' 30"



Na 2' 30"



Na 3' 00"



Na 3' 30"



Na 4' 00"



Na 6' 00"



Na 8' 00"



Na 10' 00"



Na 12' 00"



Na 14' 00"



Na 16' 00"



Na 18' 00"

4.7.5 Vaststellingen na de proef

De volgende vaststellingen werden gedaan:

- Er werd een kleine hoeveelheid rook waargenomen in Kamer1 (brandwerende deur).
- Het schuim van de zetel was volledig opgebrand. De hoes echter niet, zoals weergegeven in de onderstaande figuren. Zolang de deuren aan de uiteinden van de gangen dicht bleven, leek de brandhaard uit te doven. Echter, van zodra de deuren geopend werden, flakkerde het vuur opnieuw op. Dit werd niet volledig geblust door de sprinklers aangezien het schuim zich onder de hoes bevond. De hoes vormde op die manier een bescherming voor het brandend schuim waardoor dit bleef verder branden. De hoes zelf ontbrandde slechts gedeeltelijk aangezien deze continu gekoeld werd door de sprinkler.

De zetel zag er na de proef als volgt uit:



Voorraanzicht zetel



Zijaanzicht zetel

Figuur 40: Foto's van de zetel na Proef 4bis

4.7.6 Conclusies van de proef

De volgende conclusies worden gemaakt:

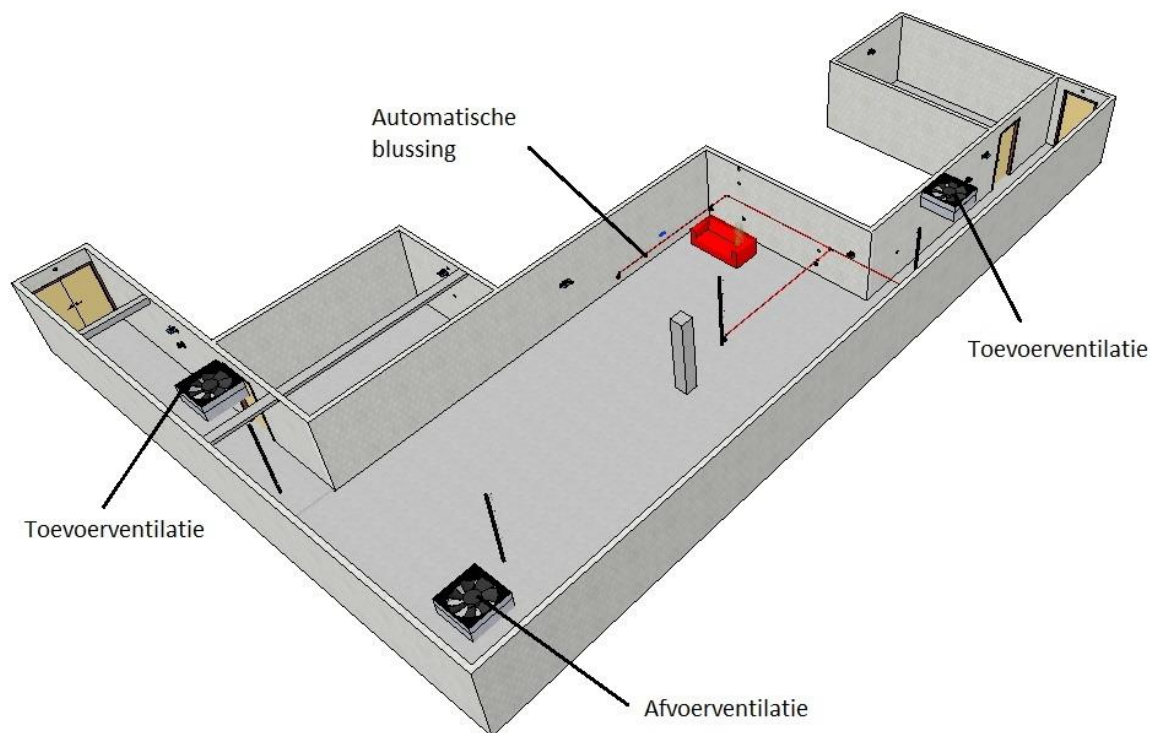
- Een automatisch blussysteem houdt de brand onder controle, doch dooft het vuur niet noodzakelijk uit. De rook die op het moment van de activatie van de sprinklers aanwezig was in de gangen, zal niet verdwijnen. Het was echter niet mogelijk om de rookontwikkeling die ontstond na de activatie van de automatische blussing, te onderzoeken.
- De maximaal opgemeten stralingsflux in de nabijheid van de brandhaard bedraagt ca. 4 kW/m². Dergelijk stralingsniveau is onvoldoende om omringend meubilair (of ander brandbaar materiaal) spontaan te doen ontvlammen.

4.8 Proef 5: Toepassing van een combinatie van een ontrokingssysteem en een automatische blussing

Proef 5 werd uitgevoerd op 14 oktober 2015.

4.8.1 Configuratie

De proefopstelling is schematisch weergegeven in de onderstaande figuur:



Figuur 41: Schematische weergave van Proef 5

De configuratie van deze proef is een combinatie van Proef 3 (zie § 4.6) en Proef 4 (zie § 4.7).

4.8.2 Verwachte verloop van de proef

In de beginfase van de brand zal de rook voldoende kunnen afgevoerd worden door het ontrokingssysteem. Doordat de brand feller wordt (stijging van de temperatuur van de rook), wordt de afvoer van de rook steeds moeilijker (zie ook Proef 3).

Aangezien de automatische blussing door temperatuur geactiveerd wordt, zal deze laatste er voor zorgen dat de temperatuur van de rook beperkt blijft. Op het moment dat de automatische blussing geactiveerd wordt, zal de brand onder controle gehouden worden en zal het ontrokingssysteem de ruimte sneller rookvrij maken.

4.8.3 Waarnemingen tijdens de proef

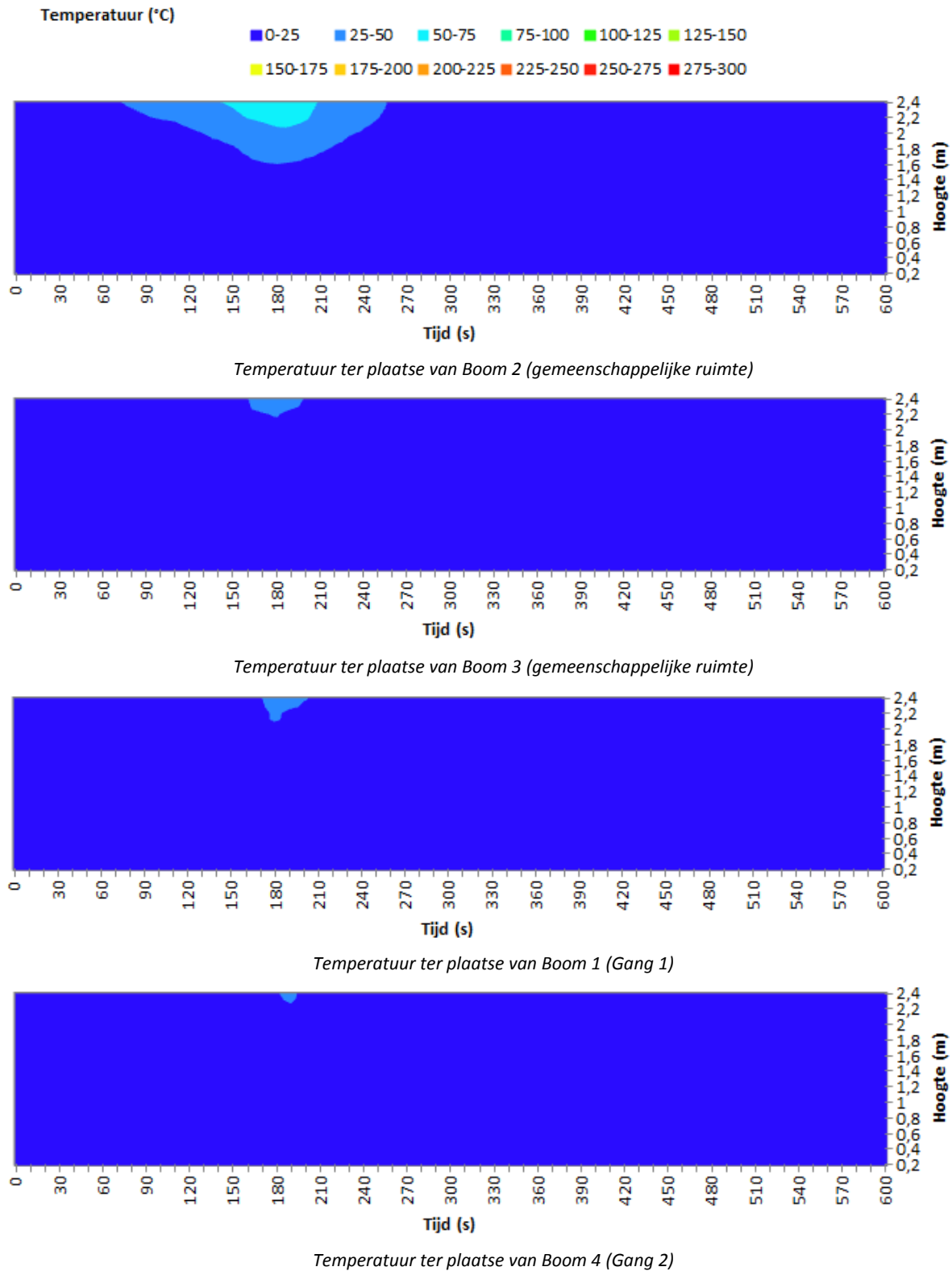
Tijdens de proef werden onderstaande waarnemingen gedaan:

Tijd	Waarneming
0' 00"	Start van de proef
0' 50"	Detectie geactiveerd
0' 55"	Sluiten van de deur van het compartiment
0' 55"	Aanzetten van de ventilatoren
2' 00" tot 2' 30"	De rookontwikkeling wordt groter. Er is geen scheiding rooklaag – omgevingslucht merkbaar
2' 30" tot 2' 50"	De rook is zichtbaar tot aan de toevoer, maar komt niet verder
2' 52"	Kleine explosies van de stalen veren in de zetel
2' 52"	De sprinkler het dichtst bij de brandhaard wordt geactiveerd. De druk in de waterleiding bedraagt ca. 1 bar.
3' 30" tot 4' 00"	De zichtbaarheid in de ruimte neemt terug toe
4' 30"	De zichtbaarheid is overal opnieuw volledig
10' 45" tot 11' 15"	De zetel blijft verder branden omdat het vuur zich onder de zetel bevindt

4.8.4 Resultaten van de proef

De resultaten van de uitgevoerde metingen (temperatuur, druk, stralingsflux, O₂- en CO-gehalte) zijn opgenomen in Bijlage 9.5.

Een visuele weergave van de temperatuursmetingen ter plaatse van de thermokoppelbomen is hieronder weergegeven. Hierbij wordt de temperatuur (per 25°C) weergegeven in functie van de tijd en de hoogte.



Figuur 42: Visuele weergave van de temperaturen ter plaatse van de thermokoppelbomen (Proef 5)

Enkele afbeeldingen van de videobeelden op bepaalde tijdstippen zijn hieronder weergegeven.

Camera UGENT 102 (Gemeenschappelijke ruimte en gericht naar Gang2):



Na 1' 30"



Na 2' 30"



Na 3' 00"



Na 3' 30"



Na 4' 00"



Na 6' 00"

Camera UGENT 103 (Gemeenschappelijke ruimte en gericht naar Gang1):



Na 1' 30"



Na 2' 30"



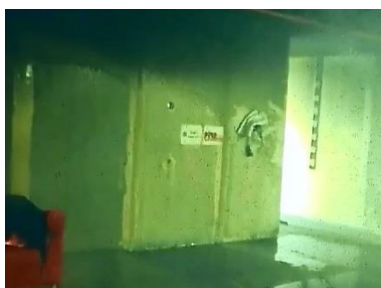
Na 3' 00"



Na 3' 30"



Na 4' 00"



Na 6' 00"

Camera UGENT 105 (Gang2):



Na 1' 30''



Na 2' 30''



Na 3' 00''



Na 3' 30''



Na 4' 00''



Na 6' 00''

Camera UGENT 114 (Gang1):



Na 1' 30''



Na 2' 30''



Na 3' 00''



Na 3' 30''

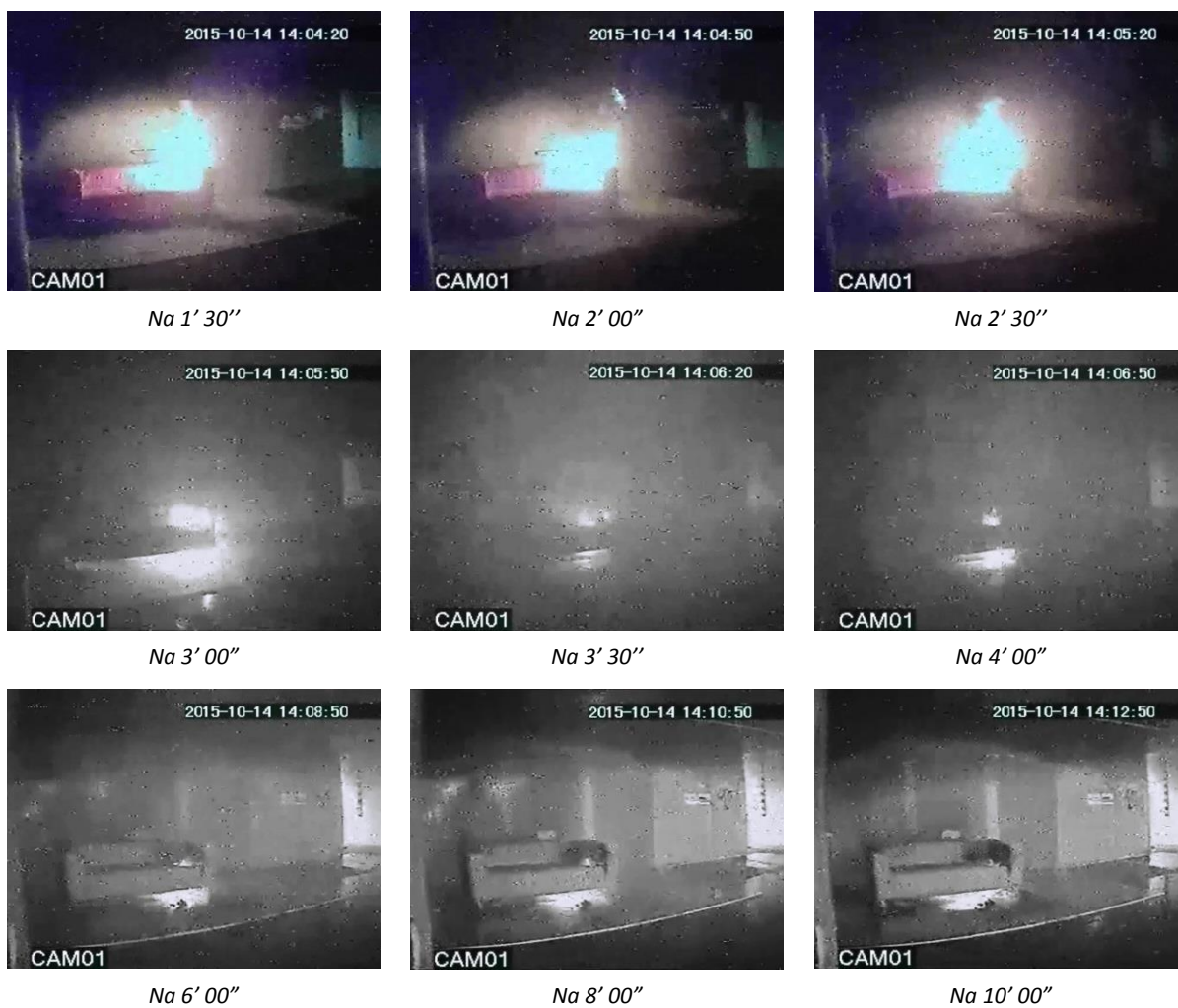


Na 4' 00''



Na 6' 00''

Camera WFRGENT 01 (brandhaard):



4.8.5 Vaststellingen na de proef

In zowel Kamer 1 als Kamer 2 werd geen rook waargenomen.

De zetel zag er na de proef als volgt uit:



Figuur 43: Foto van de zetel na Proef 5

4.8.6 Conclusies van de proef

De volgende conclusies worden gemaakt:

- Er is heel snel terug zichtbaarheid in de gang en de gemeenschappelijke ruimte. Tijdens deze proef werd hetzelfde volumedebiet als tijdens Proef 3 toegepast. Dit resulteerde uiteraard in een heel snelle ontroking van de ruimte wegens de zeer hoge volumedebieten.
- Een goed samenspel van automatische blussing en een ontrokingssysteem is hier aangetoond, echter met zeer hoge volumedebieten voor het ontrokingssysteem. Doordat de temperatuursontwikkeling in een vroeg stadium onderbroken wordt door de automatische blussing, zouden lagere volumedebieten voor het ontrokingssysteem kunnen toegepast worden om de ruimte rookvrij te maken, zij het niet in dezelfde tijdspanne zoals waargenomen tijdens deze proef.
- Een ontrokingssysteem kan een onderdruk creëren in de ruimte. Op die manier is er geen rookverspreiding naar andere ruimtes mogelijk indien deze gescheiden zijn door bv. brandwerende deuren.
- De maximaal opgemeten stralingsflux in de nabijheid van de brandhaard bedraagt ca. 3 kW/m². Dergelijk stralingsniveau is onvoldoende om omringend meubilair (of ander brandbaar materiaal) spontaan te doen ontvlammen.

4.9 Conclusies praktijktesten

In de onderstaande paragrafen worden de conclusies weergegeven die getrokken zijn op basis van de resultaten bekomen tijdens de verschillende praktijktesten.

Een conclusie omtrent de brandveiligheid in functie van het toegepaste actieve beveiligingssysteem kan pas getrokken worden na het vastleggen van het gewenste veiligheidsniveau en de resultaten van de bijkomende CFD-simulaties. Dit wordt behandeld in Fase III.

4.9.1 Drukopbouw in een quasi gesloten compartiment

Een drukopbouw in een quasi gesloten compartiment resulteert in het verspreiden van rook naar aangrenzende compartimenten die gescheiden zijn door middel van brandwerende deuren. Tijdens Proef 1 ("Nulproef") was er geen drukopbouw in het quasi gesloten compartiment omwille van de luchtdoorlatendheid van de muur uit cellenbeton. Er werd dan wel rook in de kamers vastgesteld, doch de hoeveelheid was beduidend minder dan deze bekomen in de evacuatiewegen tijdens Proef 2 (Toepassing van brandwerende deuren in de evacuatiewegen), waar er wel een drukopbouw gerealiseerd werd in de gemeenschappelijke ruimte.

Bij toepassing van een ontrokingssysteem in een quasi gesloten compartiment heeft een drukopbouw eveneens een (negatieve) invloed op de volumedebieten van de toevoerventilatoren.

Volgende manieren zijn doeltreffend om een drukopbouw te vermijden:

- Door het voorzien van een voldoende grote opening in de ruimte waar de drukopbouw zich manifesteert.
- Door het voorzien van een automatische blussing:
Een drukopbouw wordt teniet gedaan bij activatie van de automatische blussing. Tot op het moment van activatie kan er echter voldoende drukopbouw zijn om rookdoorgang te hebben.

4.9.2 Rookdoorgang bij een deur

Zoals hierboven beschreven heeft een drukopbouw tot gevolg dat de aanwezige rook in de ruimte doorheen de spelingen rondom de deuren geduwd wordt. Op basis van de uitgevoerde praktijktesten kon echter niet opgemaakt worden bij welke maximale overdruk kan aangenomen worden dat rookverspreiding niet problematisch wordt. Tevens bedroeg de hoogte van de deuren slechts 2 m, zodat er pas rookverspreiding plaatsvond op het moment dat de rooklaag in het afgesloten compartiment tot die hoogte gezakt was.

Wel werd vastgesteld dat de rookdoorgang in een kamer die afgescheiden was van de brandruimte door middel van twee opeenvolgende brandwerende deuren, verwaarloosbaar was.

Tenslotte kan een ontrokingssysteem een onderdruk in het compartiment creëren zodat rookverspreiding naar andere compartimenten kan vermeden worden.

Ter info: Het verschil in rookdoorgang bij een brandwerende en een rookwerende deur kon niet aangetoond worden tijdens deze praktijktesten. Dit omwille van de zeer geringe drukopbouw tijdens Proef 1 ("Nulproef") die onvoldoende de realiteit benaderde. Bij een verhoogde drukopbouw zijn rookwerende deuren wel degelijk relevant. Dit wordt duidelijk aangetoond door de Europese beproevingsnorm EN 1634-3. Op basis van deze beproevingsnorm kan de rookwerendheid van een deurgeheel als volgt bepaald worden:

- Om een S_a -klassering (volgens de Europese norm EN 13501-2) te bekomen, mag het normvolumedebiet van de lucht doorheen de spelingen (excl. de speling van de dorpel) maximaal 3 m³/h/m bedragen. In dit geval worden de proeven uitgevoerd bij een temperatuur van 20 °C en een overdruk van 10 en 25 Pa.
- Om een S_m -klassering (volgens de Europese norm EN 13501-2) te bekomen, mag het normvolumedebiet van de lucht doorheen de spelingen (incl. de speling van de dorpel) maximaal 20 m³/h bedragen in het geval van enkele deuren en 30 m³/h in het geval van dubbele deuren. In dit geval worden de proeven uitgevoerd bij een temperatuur van 20°C en 200°C en een overdruk van 10, 25 en 50 Pa.

4.9.3 Temperatuur

Tijdens Proef 1 ("Nulproef") en Proef 3 (Toepassing van een ontrokingssysteem) werden gedurende meerdere minuten zowel in de gemeenschappelijke ruimte als in de evacuatiewegen temperaturen van 100° à 150 °C gemeten op een hoogte van 1,8 m. Dit was ook het geval in de gemeenschappelijke ruimte bij Proef 2 (Toepassing van brandwerende deuren in de evacuatiewegen).

Tijdens de proeven waarbij een automatische blussing werd toegepast, i.e. Proef 4bis (Toepassing van een automatische blussing) en Proef 5 (Toepassing van de combinatie van een ontrokingssysteem en een automatische blussing), was de temperatuur van de rooklaag op een hoogte van 1,8 m beduidend lager. Bij Proef 4bis bedroeg deze ca. 30 à 40°C gedurende (slechts) enkele minuten, bij Proef 5 ca. 25 °C gedurende minder dan 1 minuut.

4.9.4 Stralingsflux

Behalve tijdens de proeven waarbij een automatische blussing toegepast werd, bedroeg de opgemeten stralingsflux minstens 30 kW/m². Dergelijk stralingsniveau is voldoende om omringend meubilair (of ander brandbaar materiaal) spontaan te doen ontvlammen. Tijdens de proeven met de automatische blussing bedroeg de maximaal opgemeten stralingsflux slechts 4 kW/m² zodat omringend meubilair (of ander brandbaar materiaal) niet spontaan zal ontbranden.

4.9.5 Zichtbaarheid (op basis van videobeelden)

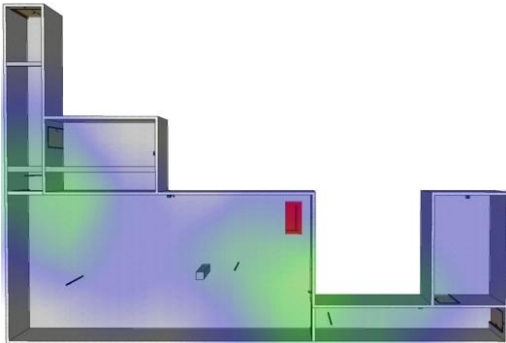
De analyse van de videobeelden werd uitgevoerd door het Data Science Lab van de Universiteit Gent. Hierbij werden algoritmen toegepast om de videobeelden om te zetten naar "zichtbaarheid" [60, pp. 399-409].

Deze analyse wordt grafisch weergegeven in de onderstaande figuren op bepaalde tijdstippen. De gradatie van de zichtbaarheid wordt weergegeven door de volgende oplopende kleuren: blauw (zeer goede zichtbaarheid) – groen - geel – rood (zeer slechte zichtbaarheid). Aangezien de camera op een vaste positie werd aangebracht en derhalve niet de volledige ruimte in beeld bracht, wordt bij de grafische weergave enkel de "zichtbaarheid" weergegeven voor het betreffende deel van de ruimte waargenomen door de camera. Hierdoor geven de figuren soms ten onrechte de indruk dat er zones zijn met verbeterde zichtbaarheid, gelegen tussen de zones met minder zichtbaarheid.

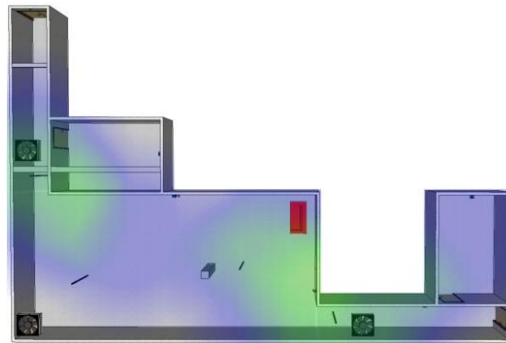
Deze gradatie van zichtbaarheid geeft geen kwantitatieve weergave van de rookdichtheid, maar dient eerder beschouwd te worden als een vergelijkingspunt tussen de resultaten van de opgenomen videobeelden tijdens de verschillende praktijktesten.

Na 1'00"

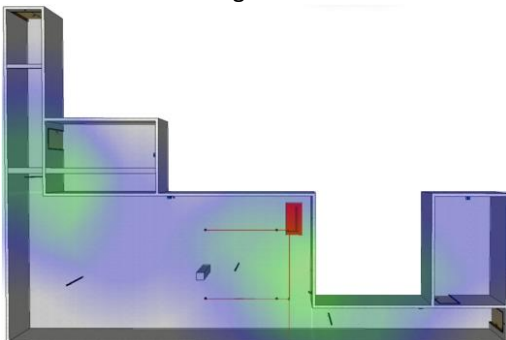
Brandwerende deuren



Ontrokkingsysteem



Automatische blussing

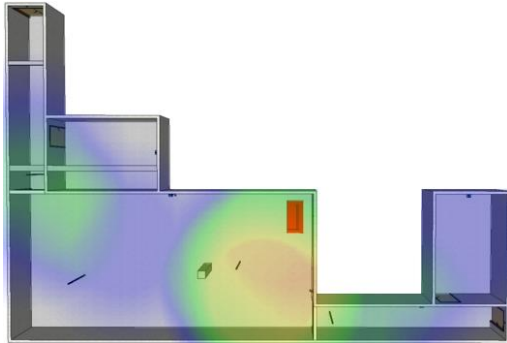


Ontrokkingsysteem en automatische blussing

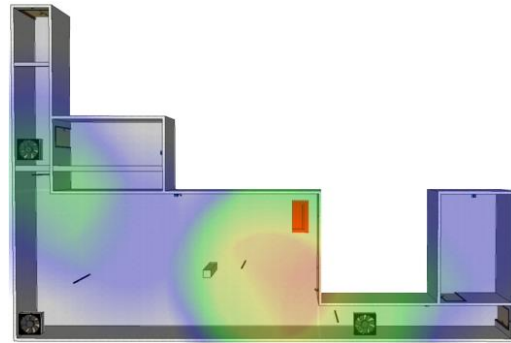


Na 2'00"

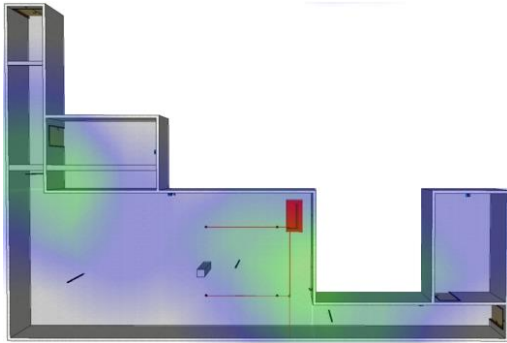
Brandwerende deuren



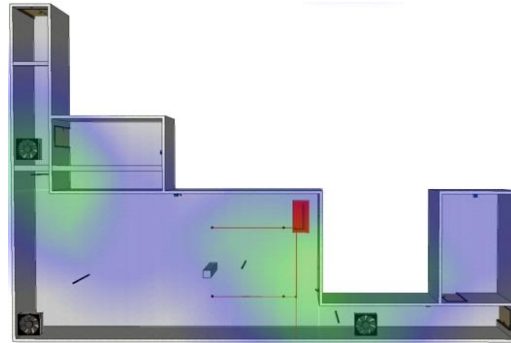
Ontrokingssysteem



Automatische blussing

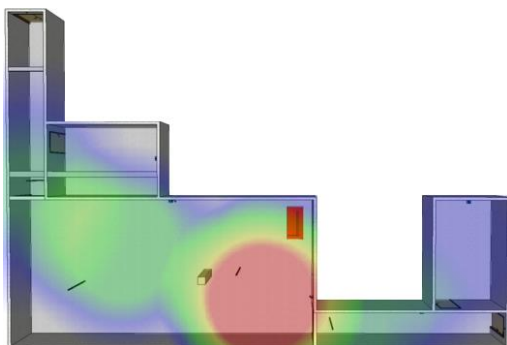


Ontrokingssysteem en automatische blussing

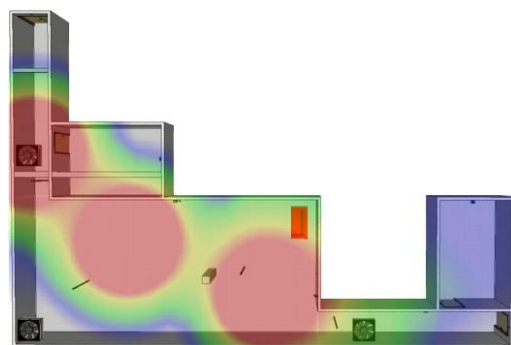


Na 3'00"

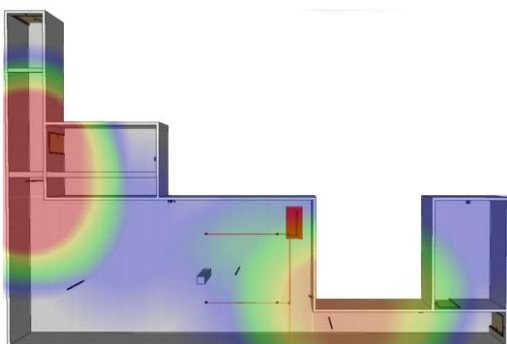
Brandwerende deuren



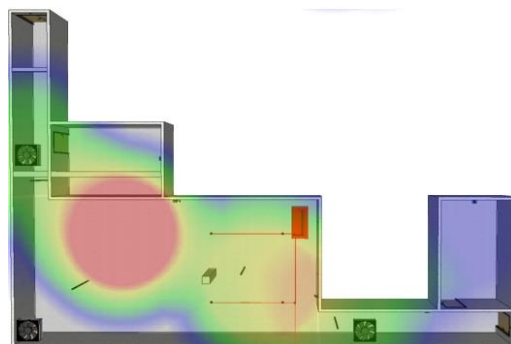
Ontrokingssysteem



Automatische blussing

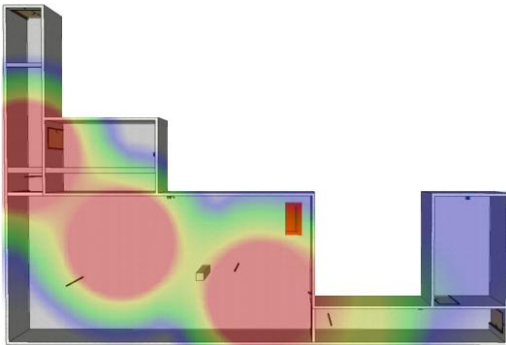


Ontrokingssysteem en automatische blussing

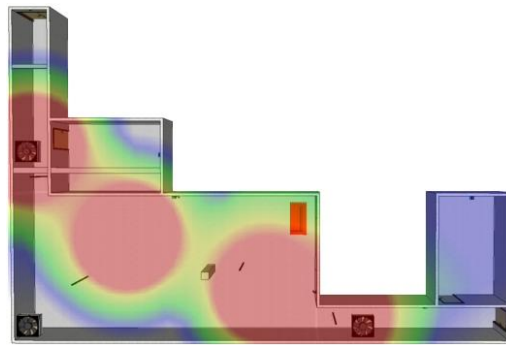


Na 4'00"

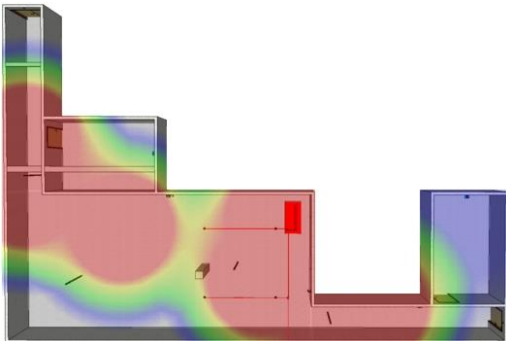
Brandwerende deuren



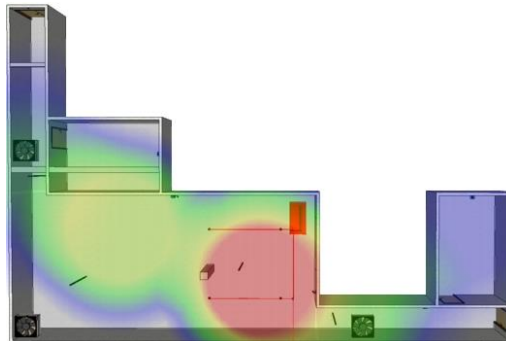
Ontroeringsysteem



Automatische blussing

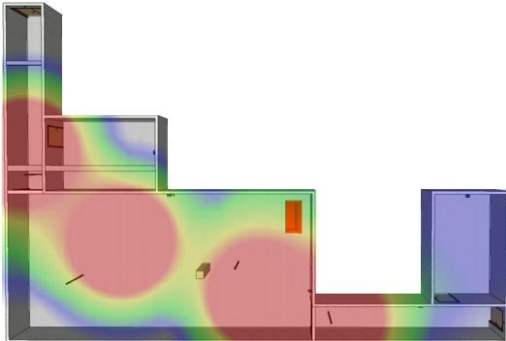


Ontroeringsysteem en automatische blussing

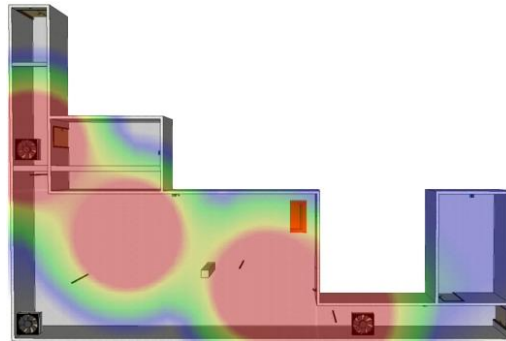


Na 5'00"

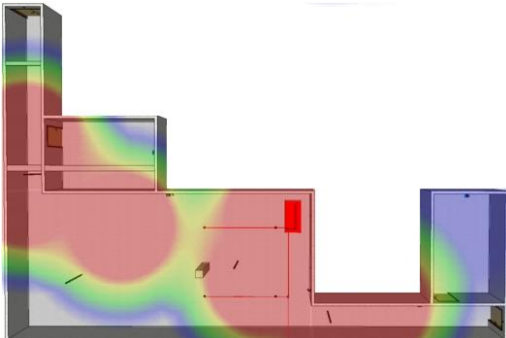
Brandwerende deuren



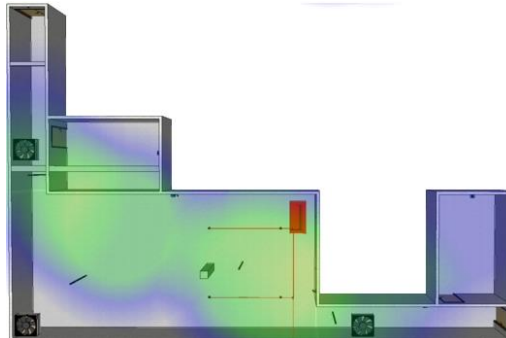
Ontroeringsysteem



Automatische blussing

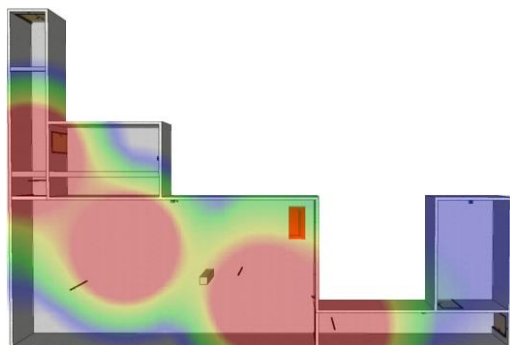


Ontroeringsysteem en automatische blussing

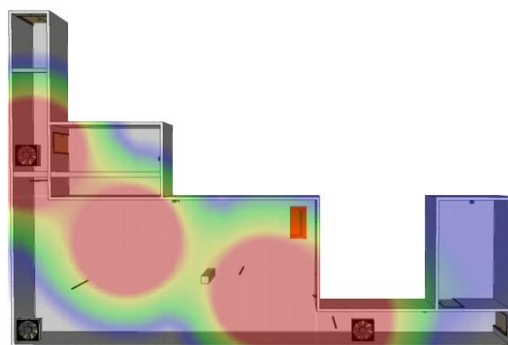


Na 6'00"

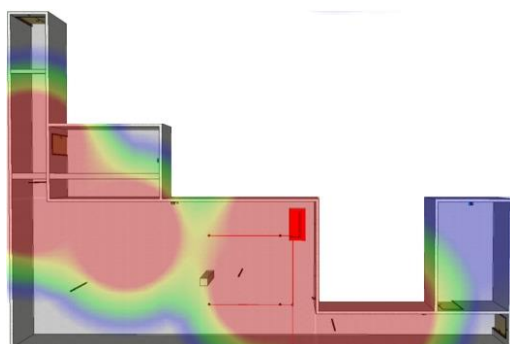
Brandwerende deuren



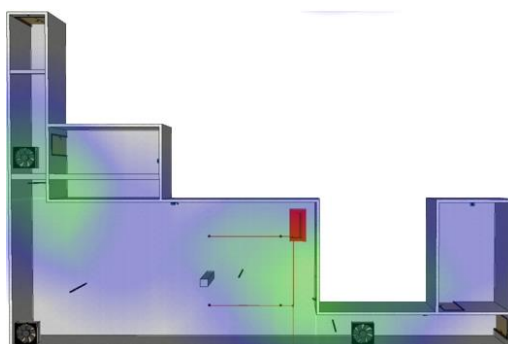
Ontrokingssysteem



Automatische blussing



Ontrokingssysteem en automatische blussing



Uit de bovenstaande figuren kan besloten worden dat enkel de combinatie van een ontrokingssysteem en een automatische blussing binnen een korte periode resulteert in een goede zichtbaarheid in de evacuatiewegen en in de gemeenschappelijke ruimte. In alle andere gevallen is de zichtbaarheid op deze locaties zeer slecht.

Er dient wel opgemerkt te worden dat zelfs tijdens de proef met de combinatie van een ontrokingssysteem en een automatische blussing de zichtbaarheid in de gemeenschappelijke ruimte zeer slecht was zolang het vuur niet onder controle was. Het is pas na de activatie van de automatische blussing dat de zichtbaarheid beter wordt.

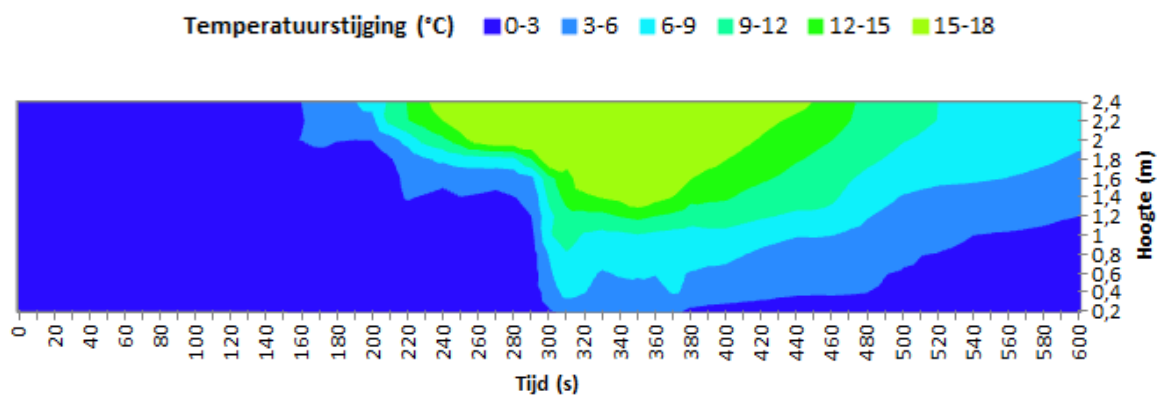
4.9.6 Aanwezigheid van een rooklaag (op basis van temperatuurstijgingen)

Niet enkel de zichtbaarheid geeft een indicatie van de aanwezigheid van een rooklaag, maar deze laatste kan ook visueel weergegeven worden op basis van temperatuurstijgingen. Een temperatuurstijging wijst immers op de aanwezigheid van warmere gassen, wat in dit geval overeenkomt met de rooklaag.

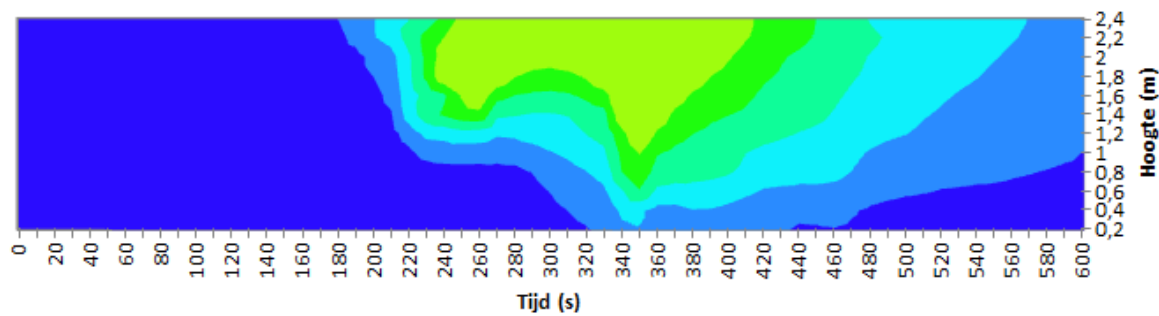
In deze paragraaf wordt vooral de aanwezigheid van een rooklaag in de evacuatiewegen tijdens Proef 2 (Toepassing van brandwerende deuren in de evacuatiewegen), Proef 4bis (Toepassing van een automatische blussing) en Proef 5 (Toepassing van de combinatie van een ontrokkingsysteem en een automatische blussing) en ook in de hoek van de gemeenschappelijke ruimte van de laatste twee genoemde proeven bekeken. Zoals vermeld in § 4.9.3 waren de temperaturen ter plaatse van deze thermokoppelbomen immers eerder laag.

Een visuele weergave van de temperatuurstijgingen ter plaatse van de thermokoppelbomen is hieronder weergegeven. Hierbij wordt de temperatuurstijging (per 3°C) weergegeven in functie van de tijd en de hoogte.

Proef 2: Toepassing van brandwerende deuren in de evacuatiewegen



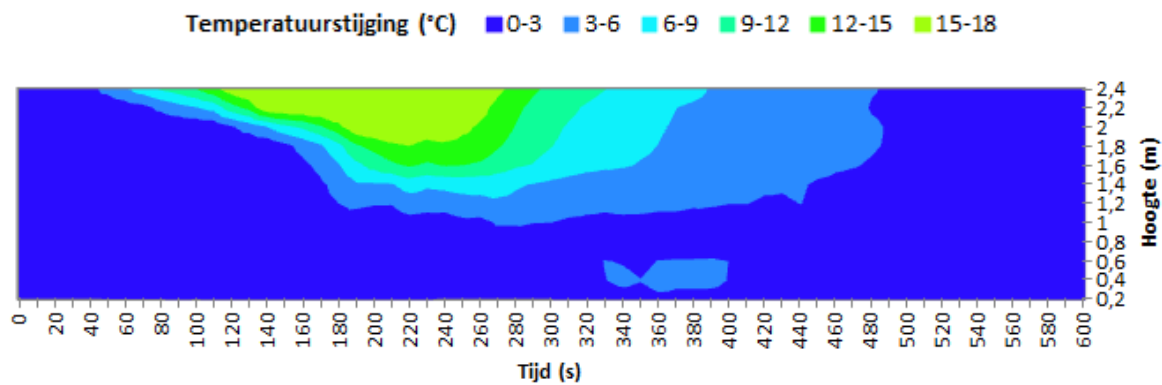
Temperatuurstijgingen ter plaatse van Boom 1 (Gang 1)



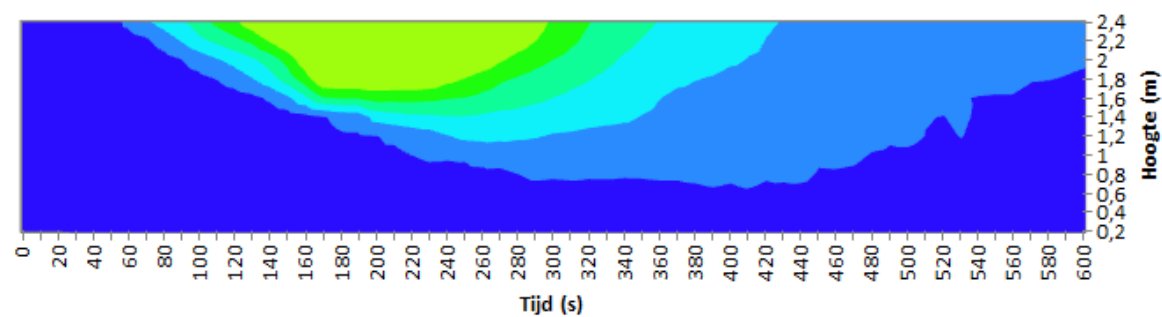
Temperatuurstijgingen ter plaatse van Boom 4 (Gang 2)

Figuur 44: Visuele weergave van de temperatuurstijgingen ter plaatse van de thermokoppelbomen (Proef 2)

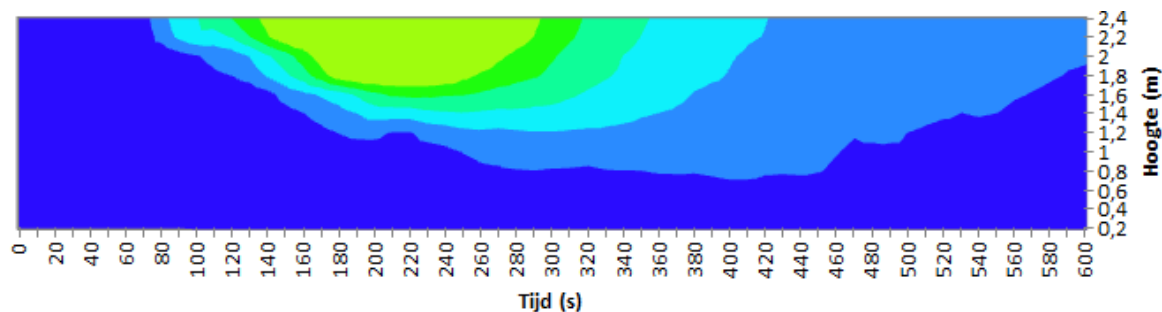
Proef 4bis: Toepassing van een automatische blussing



Temperatuurstijgingen ter plaatse van Boom 1 (Gang 1)



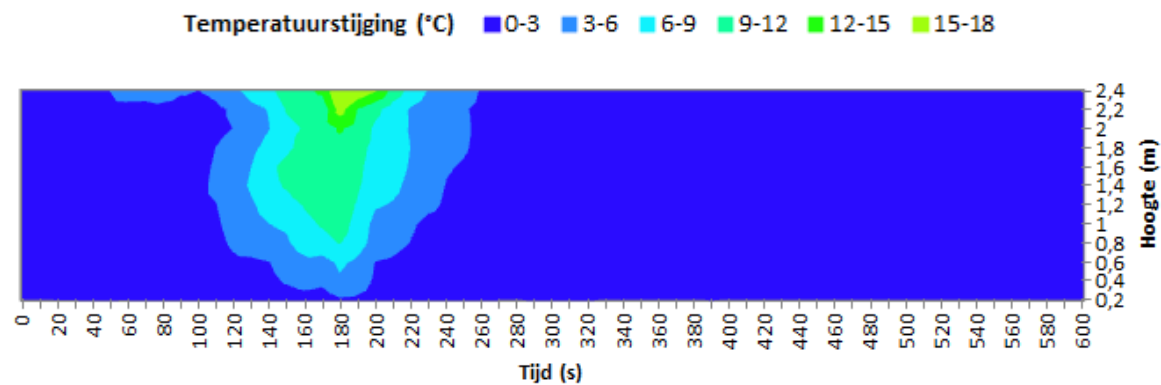
Temperatuurstijgingen ter plaatse van Boom 3 (Gemeenschappelijke ruimte)



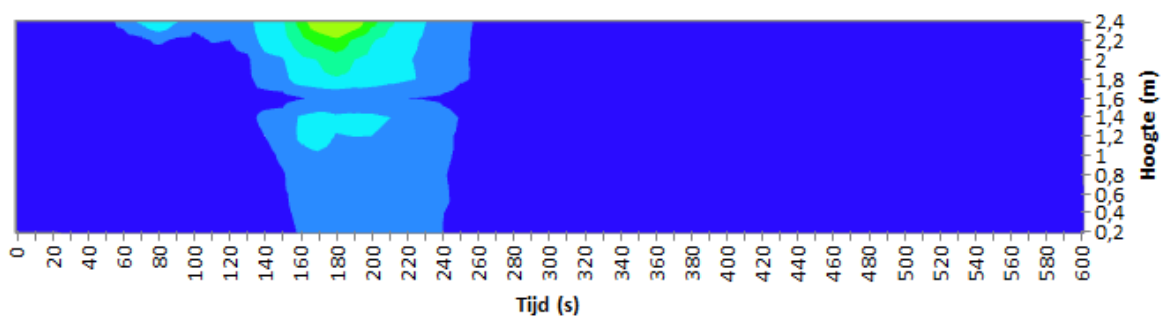
Temperatuurstijgingen ter plaatse van Boom 4 (Gang 2)

Figuur 45: Visuele weergave van de temperatuurstijgingen ter plaatse van de thermokoppelbomen (Proef 4bis)

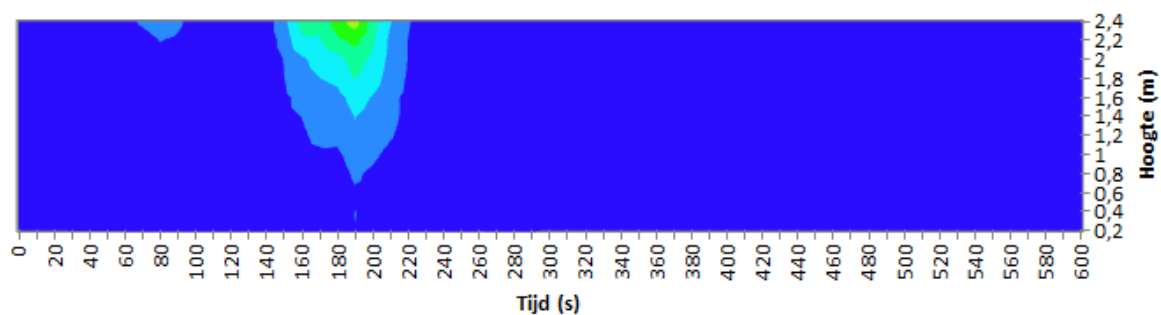
Proef 5: Toepassing van de combinatie van een ontrokingssysteem en een automatische blussing



Temperatuurstijgingen ter plaatse van Boom 1 (Gang 1)



Temperatuurstijgingen ter plaatse van Boom 3 (Gemeenschappelijke ruimte)



Temperatuurstijgingen ter plaatse van Boom 4 (Gang 2)

Figuur 46: Visuele weergave van de temperatuurstijgingen ter plaatse van de thermokoppelbomen (Proef 5)

Uit de bovenstaande figuren is duidelijk af te leiden dat de rooklaag in het geval van Proef 2 (Toepassing van brandwerende deuren in de evacuatiewegen) en Proef 4bis (Toepassing van een automatische blussing) in de ruimte aanwezig blijft, terwijl bij Proef 5 (Toepassing van de combinatie van een ontrokingssysteem en een automatische blussing) de rooklaag op zeer korte tijd verdwenen is.

4.9.7 Invloed van een actief systeem op de rookverspreiding

Een ontrokingssysteem zorgt voor een goede ontroking van een ruimte, doch gaat branduitbreiding niet tegen.

Een automatisch blussysteem aan de andere kant gaat branduitbreiding tegen, maar zorgt niet voor een ontroking van de ruimte.

Een combinatie van beide systemen blijft de beste oplossing om de rookverspreiding in het compartiment in te perken. Hierbij wordt de positie van de automatische blussing wel zodanig gekozen dat deze niet beïnvloed wordt door de luchtstroom bekomen door het ontrokingssysteem. Tevens is het volumedebiet van de afvoerventilatie enorm hoog.

Er dient wel opgemerkt te worden dat - zelfs met de hoge toegepaste volumedebieten - er nog veel rook aanwezig was in de gemeenschappelijke ruimte. Pas nadat de brand onder controle was (door de activatie van het automatisch blussysteem) werd een betere zichtbaarheid waargenomen.

5 Computersimulaties (Fase III)

In het derde en laatste deel van het onderzoek (Fase III) worden de resultaten van de praktijktesten gebruikt ter evaluatie en validatie van het toegepaste CFD-model (CFD: Computational Fluid Dynamics). Hiervoor worden voor elke proefopstelling computersimulaties uitgevoerd waarbij de testconfiguratie gesimuleerd wordt. De nauwkeurigheid van de computersimulaties wordt bepaald op basis van de overeenkomst tussen de resultaten van de simulaties en de overeenkomstige meetresultaten tijdens de praktijktesten. Dit wordt behandeld in § 5.1.

Op basis van de resultaten tijdens de praktijktesten worden eveneens bijkomende CFD-simulaties uitgevoerd. De verschillende te onderzoeken configuraties werden vastgelegd door de stuurgroep. Dit wordt behandeld in § 5.2.

5.1 Evaluatie van de resultaten van de praktijktesten

Voor de CFD-simulaties werd gebruikgemaakt van het programma FDS (FDS: Fire Dynamics Simulator). Dit programma (versie 6.1.2) is een LES-model (LES: Large Eddy Simulations), wat betekent dat het de turbulente wervels expliciet berekent en dat de wervels die te klein zijn ten opzichte van de celgrootte (grid size) benaderd worden. De invloed van de celgrootte (grid size) op de inmenging van lucht in de rookpluim is dus zeer belangrijk. Hoe fijner de grid size, i.e. hoe kleiner de celgrootte, hoe beter de turbulentie zal weergegeven worden. Tijdens de simulaties met FDS werden de standaardinstellingen van het programma toegepast en werd de celgrootte (grid size) vastgelegd op $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$.

Bij de evaluatie van de resultaten van de praktijktesten worden alle gemeten waarden geverifieerd. Zoals vermeld in § 4.3.2 en § 4.3.3 betreft dit de temperaturen ter plaatse van de brandhaard, de temperaturen ter plaatse van de thermokoppelbomen, de stralingsflux en de druk. Bij de bepaling van de nauwkeurigheid van de CFD-simulaties wordt een goede overeenkomst met elk van de bekomen meetresultaten, i.e. zowel temperatuur, stralingsflux als druk, onderzocht.

Hieronder worden enkele parameters weergegeven die ingegeven dienen te worden in FDS en een invloed hebben op de te evalueren meetresultaten:

- Heat Release Rate (HRR of “brandvermogen”) en vermogensdichtheid van de brandhaard (HRR per m^2);
- oppervlakte van de brandhaard;
- stralingsverliezen;
- turbulentiemodel;
- materiaaleigenschappen;
- grootte van de spelingen rondom de deuren;
- ventilatiecondities;
- ...

Tijdens de uitgevoerde simulaties is vooral gebleken dat de Heat Release Rate (HRR) en de vermogensdichtheid van de brandhaard een grote invloed hebben op de te evalueren meetresultaten. Een correcte benadering van deze waarden is dus essentieel teneinde aanvaardbare CFD-resultaten te bekomen. Enkele “moeilijkheden” bij het bepalen van de HRR, de vermogensdichtheid en de oppervlakte van de brandhaard in FDS worden hieronder weergegeven:

- De brandhaard is opgebouwd uit materialen met verschillende (brand)karakteristieken. Zo brandt het houten raamwerk anders dan de polyether zetelvulling. Dit verschilt met de simulaties waarin enkel een homogene samenstelling van de brandhaard verondersteld wordt.
- Elke comfortabele zetel beschikt over ten minste een rugleuning en eventueel arMLEUNINGEN. Tijdens de voorafgaande proef aan de praktijktesten werd vastgesteld dat een arMLEUNING spontaan ontbrandde ten gevolge van de hoge ontvangen stralingsflux afkomstig van de vlammen die zich aan de andere zijde van de zetel bevonden. Tevens maakte de rugleuning ook deel uit van de branduitbreiding waardoor er niet alleen een horizontale maar ook een verticale branduitbreiding plaatsvond. Dit verschilt met de simulaties waarin enkel een horizontaal brandoppervlak verondersteld wordt.

Bovenstaande elementen beschrijven de moeilijkheid om de meetresultaten van de praktijktesten te toetsen aan de berekende resultaten tijdens de CFD-simulaties. De resultaten van de CFD-simulaties, i.e. temperatuur, stralingsflux en druk, dienen in dezelfde grootteorde te liggen als de meetresultaten van de praktijktesten vooraleer van een validatie van het CFD-model kan gesproken worden.

Het zoeken naar de werkelijke HRR-curve voor de onderzochte configuraties behoort niet tot de scope van deze studie. Indien dit relevant is, zal echter geprobeerd worden om de HRR-curve zo goed mogelijk te laten overeenkomen met de werkelijke HRR. Dit werd bv. gedaan voor de bepaling van de activatietijd van de sprinklers (zie § 5.1.4).

In de onderstaande paragrafen worden de uitgevoerde computersimulaties, waarbij de testconfiguraties gesimuleerd worden, meer in detail besproken.

5.1.1 Proef 1 (“Nulproef”) – enkel detectie

Er werden meerdere FDS-simulaties uitgevoerd, doch de luchtdoorlatendheid van de muur uit cellenbeton kon niet gemodelleerd worden in FDS. De validatie van FDS zal toegepast worden op de resultaten bekomen tijdens Proef 2, aangezien het een identieke configuratie betreft met als enig verschil de afmetingen van het brandcompartiment (die tijdens Proef 2 kleiner zijn).

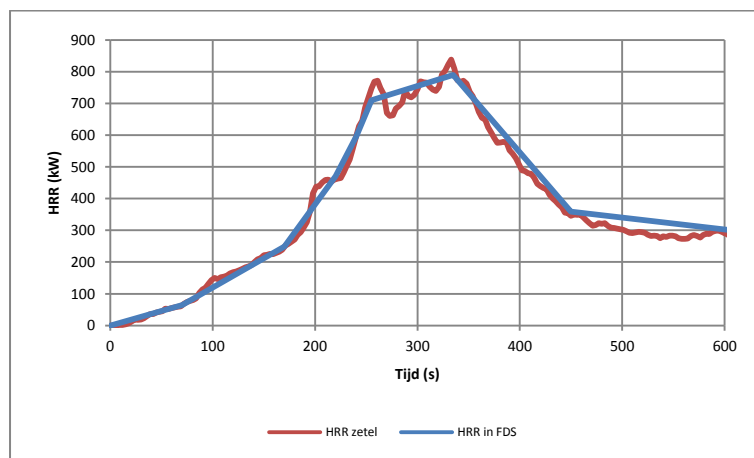
5.1.2 Proef 2 (Toepassing van brandwerende deuren in de evacuatiewegen)

Zoals eerder vermeld is de bepaling van een correcte HRR-curve belangrijk bij de evaluatie van de meetresultaten. Op basis van de proef voorafgaand aan de praktijktesten kan een inschatting van de HRR-curve gemaakt worden. De proef voorafgaand aan de praktijktesten werd echter uitgevoerd in open lucht.

De HRR-curve die dient ingegeven te worden in FDS zal dus verschillend zijn ten opzichte van deze weergegeven in Figuur 16 (zie § 4.2) omwille van onderstaande redenen:

- De brandhaard wordt in de hoek van het compartiment geplaatst. Hierdoor zal er een invloed zijn van de grenzen van het compartiment op het brandvermogen waardoor een snellere verbranding (en aldus een snellere stijging van de HRR) kan verwacht worden.
- In een gesloten ruimte zal het zuurstofgehalte dalen tijdens de brandontwikkeling. Een brand heeft immers zuurstof nodig om zichzelf te kunnen onderhouden. Door de daling van de zuurstof in de ruimte, kan verwacht worden dat de HRR-curve op een bepaald moment ook anders zal zijn (zie ook verder).

Niettegenstaande bovenvermelde redenen werd in eerste instantie toch een HRR-curve, gebaseerd op deze bekomen tijdens de proef voorafgaand aan de praktijktesten, toegepast zoals weergegeven in de onderstaande figuur. Tijdens de simulaties zal nagegaan worden wat de invloed van deze HRR-curve is op de te evalueren meetresultaten (zie ook verder).



Figuur 47: Vergelijking van de HRR van de zetel en de HRR in FDS

5.1.2.1 Aannames voor de simulaties

Tijdens de simulaties van de proefopstelling van Proef 2 werden onderstaande aannames gedaan:

- Er werd rekening gehouden met een reële branduitbreiding ten gevolge van een lokale ontstekingsbron. Dit wil zeggen dat in FDS niet de totale oppervlakte van de zetel (oppervlakte in FDS: 0,7 x 1,6 m) van in de beginfase van de brand deelneemt. De brand ontstond immers in de hoek van de zetel. De aangenomen vermogensdichtheid en het uitbreidingspatroon van de brand werden bepaald op basis van de videobeelden bekomen tijdens de voorafgaande proef en de gemeten bijhorende HRR. Tijdens deze simulaties werd de vermogensdichtheid vastgelegd op 900 kW/m² en was de oppervlakte van de brandhaard dus niet constant.
- Aangezien de spelingen rondom de deuren veel kleiner zijn dan de celgrootte, i.e. enkele mm ten opzichte van 10 cm, dient in FDS gebruik gemaakt te worden van “pressure zones”. Hierbij dient het compartiment volledig gesloten te zijn en wordt een waarde van de totale oppervlakte van de openingen ingegeven. In FDS is het dus niet mogelijk om een “echte” opening te voorzien in dergelijke “pressure zones”. Zo werden tijdens de proef de deuren aan de uiteinden van de evacuatiewegen pas gesloten 1 minuut na de start van de proef. In FDS werden deze deuren echter verondersteld gesloten te zijn vanaf het begin van de proef aangezien anders het principe van de “pressure zones” niet kan toegepast worden. Dit zal

echter een verwaarloosbare invloed hebben op de te evalueren meetresultaten gezien de brand zich gedurende de eerste minuut nog in beginfase bevond.

- Voor de oppervlakte van de spelingen rondom de deuren werden waarden gelegen tussen 0,030 m² en 0,040 m² toegepast. De invloed van deze waarden op de resultaten werd eveneens onderzocht (zie verder).

5.1.2.2 Vaststellingen tijdens de simulaties

Tijdens de simulaties werden onderstaande vaststellingen gedaan:

- De temperatuurstijgingen zijn zeer gelijklopend tot op het moment dat de verbranding tijdens de praktijktest niet meer dezelfde was als deze in open lucht (= voorafgaande proef). Dit komt door de invloed van de zuurstofdaling in de ruimte. Zoals weergegeven in de figuur in § 9.2 bedroeg het zuurstofgehalte op dat moment slechts 15 %. Tevens bleek na de praktijktest dat het schuim van de zetel opgebrand was en het houten kader nauwelijks aangetast was door de brand. Dergelijke vaststellingen hebben uiteraard een invloed op de HRR.
- De temperaturen net onder het plafond en in de nabijheid van de brandhaard zijn in de FDS-simulaties hoger dan de gemeten waarden. De temperaturen op andere hoogtes zijn zeer gelijklopend. Ook dit heeft te maken met de vastgelegde HRR-curve. Simulaties met een aangepaste HRR (bv. maximale HRR van ca. 750 kW i.p.v. 700 kW) hebben een invloed tot zelfs ca. 100 °C in de nabijheid van de brandhaard en slechts ca. 10 à 20°C verder weg van de brandhaard.
- Bij zeer kleine openingen is de invloed op de druk in het compartiment groot (tot soms 20 %), terwijl een grotere/kleinere opening geen invloed heeft op de temperaturen en de stralingsflux.
- Een simulatie werd uitgevoerd met een celgrootte van 5 x 5 x 5 cm³. Tijdens deze simulatie werd vastgesteld dat de berekende temperaturen ter plaatse van de brandhaard en de berekende druk in de ruimte hoger waren. De berekende temperaturen ter plaatse van de thermokoppelbomen daarentegen waren zeer gelijkaardig.

5.1.2.3 Conclusie

Op basis van het bovenstaande kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De resultaten van de uitgevoerde simulaties komen zeer goed overeen met alle te evalueren meetresultaten, i.e. temperatuur, stralingsflux en druk. Er werden immers voldoende simulaties uitgevoerd om na te gaan wat de invloed van een bepaalde parameter, bv. stralingsverliezen, turbulentiemodel, vermogensdichtheid, HRR-curve, is. In elk van deze simulaties werden aanvaardbare resultaten bekomen.
- Het gebruik van “pressure zones” in FDS kan toegepast worden voor het bepalen van de drukopbouw in een gesloten compartiment. Een sensitiviteitsanalyse van de invloed van de grootte van de spelingen is echter noodzakelijk.
- De invloed van de HRR-curve op de temperaturen in de nabijheid van de brandhaard, in het bijzonder de helling van de HRR-curve evenals de maximale waarde ervan, is groot. Deze laatste heeft echter geen grote invloed op de temperaturen verder weg van de brandhaard.
- De drukopbouw in het compartiment wordt in grote mate beïnvloed door de HRR-curve en de oppervlakte van de spelingen. Zo zal een snellere stijging van de HRR resulteren in een snellere (en hogere) drukopbouw, terwijl een geringe vermindering in de oppervlakte van de spelingen eveneens resulteert in een grotere drukopbouw.

5.1.3 Proef 3 (Toepassing van een ontrokingssysteem)

Zoals vermeld in § 4.6.2. zijn in een compartiment met zeer kleine openingen (bv. spelingen rondom een gesloten deur) de ventilatiedebieten van een mechanisch ontrokingssysteem afhankelijk van het drukverschil dat gerealiseerd wordt in het brandcompartiment.

Dit drukverschil wordt op één van de onderstaande manieren gerealiseerd:

- Bij afwezigheid van een brand en indien de temperatuur van de binnen- en buitenomgeving gelijk verondersteld worden, zal er geen drukverschil optreden wanneer de ventilatiedebieten van de toevoer en de afvoer identiek zijn. Een verschil in deze debieten zal resulteren in ofwel een overdruk (als het toevoerdebiet groter is dan het afvoerdebiet) ofwel een onderdruk (als het afvoerdebiet groter is dan het toevoerdebiet).

De grootte van de onder- of bovendruk hangt af van het momentum (= massa x snelheid) dat gegenereerd wordt door de ventilatoren, m.a.w. hoe groter de snelheid van de ventilator, hoe groter het drukverschil zal zijn. Simulaties met een gesloten compartiment en de ventilatiedebieten die toegepast werden tijdens de praktijktest, i.e. 40.000 m³/h afvoer en 20.000 m³/h toevoer, resulteerden na enkele seconden reeds in een onderdruk van enkele duizenden Pascal. Deze simulaties werden uitgevoerd in de veronderstelling dat het opgegeven ventilatiedebiet (zowel toevoer als afvoer) constant bleef en dit niet beïnvloed werd door de ontstane druk in het compartiment. Dergelijke drukverschillen zijn geen weerspiegeling van de werkelijkheid, aangezien de ventilatiedebieten zich “aanpassen” aan het drukverschil en aldus andere ventilatiedebieten bekomen zullen worden.

De invloed van een drukverschil op de ventilatoren wordt hieronder weergegeven:

- een drukvermindering zal resulteren in een verlaagd afvoerdebiet en in een verhoogd toevoerdebiet;
- een drukverhoging zal resulteren in een verhoogd afvoerdebiet en een verlaagd toevoerdebiet.

Het bovenstaande toont aan dat de invloed van de druk op de ventilatiedebieten niet gering is. Zo is het mogelijk dat een afvoerventilator zijn oorspronkelijke debieten niet kan aanhouden omwille van een onderdruk in het compartiment, waardoor er minder lucht zal afgevoerd worden dan berekend.

- Onafhankelijk van de toevoer- en afvoerdebieten zorgt een brandhaard voor een drukopbouw in het brandcompartiment. Ook deze drukopbouw zal een invloed hebben op het ontstane drukverschil in de ruimte (en aldus ook op de gerealiseerde ventilatiedebieten).

Bovenstaande vaststellingen zijn enkel van toepassing in het geval van een mechanisch ontrokingssysteem. Indien bv. een natuurlijke toevoer voorzien wordt (bv. door het openen van een raam of deur), zal er ten gevolge van het ontrokingssysteem slechts een gering drukverschil optreden in het brandcompartiment aangezien de brandruimte in verbinding is met de omgevingslucht.

5.1.3.1 Aannames tijdens de simulaties

Tijdens de simulaties van deze proefopstelling werden dezelfde aannames gedaan als beschreven in § 5.1.2.1. Hierbij werden aanvullend de toevoer- en afvoerdebieten vermeld in § 4.6.1 toegepast. Het volumedebiet van de afvoer bedroeg ca. 40.000 m³/h (= ca. 11,11 m³/s), deze van elke toevoer bedroeg ca. 10.000 m³/h (= 2,78 m³/s).

5.1.3.2 Vaststellingen tijdens de simulaties

Tijdens de simulaties werden onderstaande vaststellingen gedaan:

- Er werd vastgesteld dat de temperaturen tijdens de praktijktest hoger waren dan deze tijdens de simulaties. De maximale waarde van de HRR werd tijdens de praktijktest op een later tijdstip bekomen (en duurde ook langer) dan deze tijdens de voorafgaande proef. De aangenomen HRR-curve was dus opnieuw niet dezelfde als deze bekomen tijdens de praktijktest.
- Een eerste simulatie werd uitgevoerd waarbij rekening werd gehouden met de invloed van de druk op de ventilatiedebieten. Dit kan in FDS ingegeven worden aan de hand van de “fan curve” van de ventilatoren. Een correcte fan curve is hierbij echter cruciaal teneinde betrouwbare resultaten te bekomen. Tijdens deze simulatie werden goede resultaten bekomen voor de temperaturen en de stralingsflux. De temperaturen ter plaatse van de thermokoppelbomen in Gang1 en Gang2 (waar de toevoerventilatoren gesitueerd waren) evenals de temperatuur van de rooklaag in de afvoerventilator waren in de simulaties beduidend lager dan deze bekomen tijdens de praktijktest. Dit kan wijzen op een verminderd ventilatiedebiet in de werkelijkheid ten opzichte van deze bekomen tijdens de simulatie gezien deze laatste afhankelijk zijn van de ingegeven “fan curve”.
Tenslotte kon geen overeenkomst gevonden worden voor de druk in het compartiment. Gezien het feit dat deze simulatie drie weken duurde, werden dergelijke simulaties niet verder uitgevoerd wegens tijdsgebrek.
- Op basis van het bovenstaande werd in de volgende simulaties getracht om de ventilatiedebieten kunstmatig aan te passen waarbij rekening werd gehouden met het feit dat de ventilatiedebieten niet gelijk zijn aan deze zoals hierboven beschreven. Hierbij werden ofwel de toevoerdebieten verhoogd ofwel de afvoerdebieten verlaagd, maar opnieuw werden geen goede resultaten bekomen voor de druk. Dergelijke simulaties konden uiteraard niet toegepast worden als validatie van het CFD-model, maar werden uitgevoerd om de invloed van aangepaste ventilatiedebieten op de druk te onderzoeken.

5.1.3.3 Conclusie

Op basis van het bovenstaande kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De grootteordes van de resultaten van de uitgevoerde simulaties komen goed overeen met de gemeten temperatuur en stralingsflux. Enkel voor de temperaturen die zich in de nabijheid van een ventilator bevonden, worden lagere waarden bekomen. Dit heeft vooral te maken met het feit dat de correcte ventilatiedebieten niet konden gemodelleerd worden in FDS. Verder onderzoek is dus nodig om de druk in een gesloten compartiment te onderzoeken wanneer gebruik gemaakt wordt van een mechanische ontrokingssysteem met hoge ventilatiedebieten.
- De toepassing van een “fan curve” kan niet gevalideerd worden. Derhalve is het ook niet mogelijk om de druk in de ruimte correct te simuleren. Indien er lagere ventilatiedebieten (dus met lagere snelheden) toegepast worden, zal de invloed van het drukverschil op de gerealiseerde ventilatiedebieten ook kleiner zijn, waardoor de drukken in de simulaties minder snel zullen afwijken van de drukken in realiteit.

5.1.4 Proef 4bis (Toepassing van een automatische blussing)

Zoals eerder vermeld wordt bij het bepalen van de activatietijd van de sprinklers getracht een HRR-curve op te stellen die zo realistisch mogelijk de beginfase van de brand weergeeft. In tegenstelling tot de vorige besproken simulaties is dit hier zeer belangrijk aangezien er dient nagegaan te worden of FDS kan toegepast worden om de activatietijd van de sprinklers te bepalen in het geval van andere types brandhaarden en configuraties.

5.1.4.1 Aannames tijdens de simulaties

Tijdens de simulaties van deze proefopstelling worden dezelfde aannames gedaan als beschreven in § 5.1.2.1, met toevoeging van onderstaande parameters van de automatische blussing:

- De RTI (Response Time Index) van de sprinklers bedraagt $35 \text{ (m.s)}^{1/2}$. Deze waarde is meegedeeld door de leverancier van de residentiële sprinklers.
- De activatietemperatuur van de sprinkler bedraagt $68 \text{ }^\circ\text{C}$.

5.1.4.2 Vaststellingen tijdens de simulaties

Tijdens deze simulaties werden onderstaande vaststellingen gedaan:

- In § 5.1.2.1 werd een vermogensdichtheid van 900 kW/m^2 aangenomen en bedroeg de oppervlakte van de brandhaard $0,7 \times 1,6 \text{ m}$. Tijdens de simulaties wordt de vermogensdichtheid van de brandhaard vastgelegd op 700 kW/m^2 , terwijl de oppervlakte van de brandhaard $1,6 \times 0,9 \text{ m}$ bedraagt. De aanpassing van deze gegevens heeft niet veel invloed op de temperaturen verder weg van de brandhaard aangezien de HRR dezelfde blijft, maar is wel belangrijk dichtbij de brand aangezien de sprinklers geactiveerd worden door de temperatuur van de rooklaag.
- Meerdere simulaties werden uitgevoerd om de temperaturen in de nabijheid van de brandhaard, in het bijzonder de temperaturen ter plaatse van de sprinkler, zo goed mogelijk te benaderen. Hierbij werden uiteraard de overige te evalueren meetresultaten ook in beschouwing genomen.
- De activatietijd van de sprinklers is enorm afhankelijk van de HRR-curve (vermogensdichtheid, oppervlakte brandhaard en stralingsverliezen). Elke wijziging van één van deze parameters heeft tot gevolg dat de activatietijd van de sprinkler tientallen seconden vroeger of later kan plaatsvinden.

5.1.4.3 Conclusie

Op basis van het bovenstaande kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De resultaten van de uitgevoerde simulaties komen zeer goed overeen met alle te evalueren meetresultaten: temperatuur (zowel ter plaatse van de sprinklers als ter plaatse van de andere temperatuursmetingen), stralingsflux en druk.
- FDS kan toegepast worden voor de bepaling van de activatietijd van de automatische blussing, doch er dient steeds een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd te worden om na te gaan welke parameters een invloed hebben op de activatietijd en welke spreiding hierop bekomen wordt.

5.1.5 Proef 5 (Toepassing van de combinatie van een ontrokingssysteem en een automatische blussing)

Een validatie van de meetresultaten bekomen tijdens Proef 5 werd niet uitgevoerd aangezien het ontrokingssysteem geëvalueerd werd in § 5.1.3 en de automatische blussing in § 5.1.4.

5.2 Bijkomende CFD-simulaties

Op basis van de resultaten van de praktijktesten werd door de stuurgroep beslist om onderstaande bijkomende CFD-simulaties uit te voeren.

Er dient benadrukt te worden dat CFD-simulaties slechts een inschatting van de werkelijkheid zijn. Resultaten bekomen tijdens één enkele CFD-simulatie kunnen dus nooit aangenomen worden als resultaten die in de werkelijkheid zullen bekomen worden. Uit § 5.1 is gebleken dat de resultaten van de uitgevoerde simulaties goed overeenkomen met de werkelijkheid, doch de resultaten van onderstaande simulaties dienen altijd kritisch bekeken te worden waarbij een sensitiviteitsanalyse essentieel is om de resultaten van de simulaties te kunnen evalueren.

5.2.1 Verhinderen van de drukopbouw in een quasi gesloten compartiment

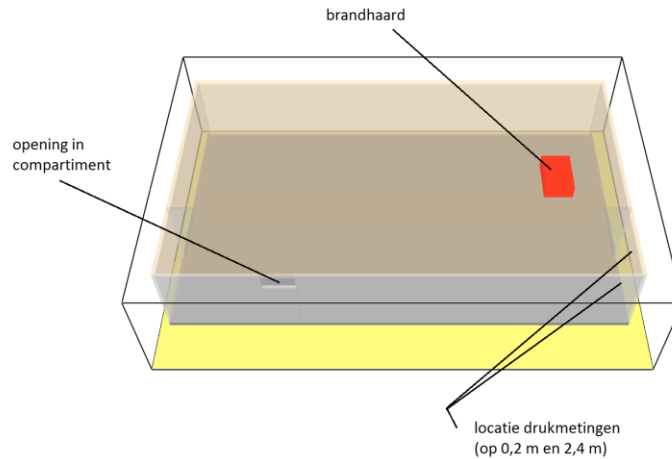
5.2.1.1 Opzet van de bijkomende simulaties

Tijdens de proef met de brandwerende deuren werd opgemerkt dat de drukopbouw in het gesloten compartiment resulteerde in rookdoorgang ter plaatse van de brandwerende deuren tussen de gang en de gemeenschappelijke ruimte. Hierdoor werd de gang snel gevuld met rook waardoor deze niet meer als een veilige locatie kon beschouwd worden. Tijdens diezelfde proef werd eveneens opgemerkt dat er bijna geen rook waargenomen werd in de kamers die afgesloten waren van de gang. Hieruit kon geconcludeerd worden dat twee opeenvolgende gesloten deuren voldoende waren om de initiële drukopbouw teniet te doen, zodat rookverspreiding in de kamer verwaarloosbaar is. Een drukverschil is immers de drijvende kracht achter de rookverspreiding.

Tijdens deze simulaties is het de bedoeling om na te gaan wat de minimale afmetingen van een opening in het brandcompartiment dienen te zijn, zodat de drukopbouw in het brandcompartiment minimaal gehouden wordt en er aldus (bijna) geen rookdoorgang mogelijk is in de ruimtes die naast het brandcompartiment gelegen zijn en die enkel gescheiden worden door een gesloten deur.

5.2.1.2 Basisconfiguratie en aannames

De basisconfiguratie voor de simulaties is een rechthoekig compartiment (lengte x breedte x hoogte: 14 x 8 x 2,5 m), voorzien van een brandhaard in de hoek en een opening in de muur of in het plafond zoals weergegeven in de onderstaande figuur.

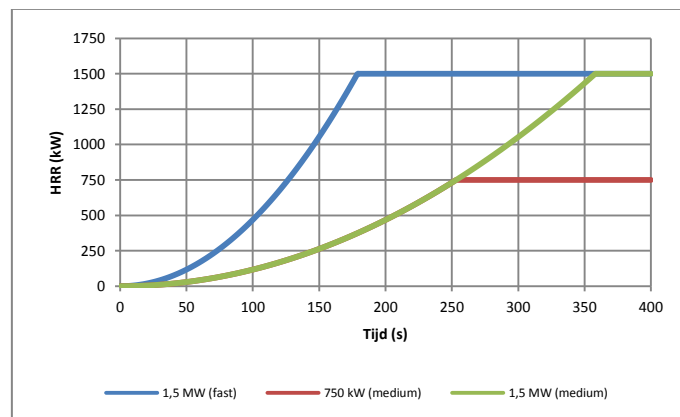


Figuur 48: Basisconfiguratie simulatie voor het bepalen van de minimale opening om drukopbouw te vermijden

Tijdens deze simulaties zijn onderstaande aannames gedaan:

- Er wordt geen rekening gehouden met het drukverschil tussen het brandcompartiment en de aangrenzende compartimenten. Dit wordt in de simulaties verondersteld identiek te zijn.
- De grootte van het compartiment is voldoende groot gekozen zodat de opgelegde HRR kan gegarandeerd worden. Tijdens deze simulaties wordt verondersteld dat de opgelegde HRR niet kan aangehouden worden indien het zuurstofgehalte kleiner is dan 10 %.
- Het brandvermogen is een medium αt^2 -curve (i.e. $\alpha = 0,0117 \text{ kW/s}^2$) met een maximaal vermogen van 750 kW of 1500 kW (=1,5 MW). De invloed van een fast αt^2 -curve (i.e. $\alpha = 0,0469 \text{ kW/s}^2$) wordt eveneens onderzocht.

De onderzochte brandvermogens worden weergegeven in de onderstaande figuur:



Figuur 49: Medium en fast αt^2 -curve met maximaal vermogen van 750 kW of 1,5 MW

Zoals kan afgeleid worden uit de bovenstaande figuur wordt de medium αt^2 -curve met een maximaal vermogen van 750 kW afgetopt na 253 seconden, terwijl deze met een maximaal

vermogen van 1,5 MW afgetopt wordt na 358 seconden. De fast αt^2 -curve met een maximaal vermogen van 1,5 MW wordt afgetopt na 179 seconden.

- Zoals hierboven aangegeven worden twee maximale vermogens bekeken, i.e. 750 kW en 1,5 MW. Het maximale vermogen van 750 kW komt overeen met deze bekomen tijdens de praktijktesten. Indien echter verondersteld wordt dat er meer brandbaar materiaal voorhanden is, kan het maximaal vermogen groter zijn door branduitbreiding. Het maximale vermogen van 1,5 MW is bekomen rekening houdend met het volume van het compartiment en de grootte van de opening. De grootte van de opening kan immers zorgen voor verse toevoer van zuurstof zodat de brand kan blijven duren, terwijl de afmetingen van het compartiment daarentegen de tijd bepalen tot wanneer alle zuurstof – nodig voor de verbranding – opgebruikt is. Voorafgaande simulaties waarbij een maximaal vermogen van 2 MW toegepast werd voor bovenvermeld compartiment, hebben immers uitgewezen dat dit maximaal vermogen niet kon behaald worden wegens een gebrek aan zuurstof.
- Alle simulaties zijn uitgevoerd met effectieve openingen in het compartiment, m.a.w. er werd geen gebruik gemaakt van “pressure zones” in FDS. Dit laatste wordt vooral toegepast indien de afmetingen van de opening beduidend kleiner zijn dan de afmetingen van de cellen. Daarom werd de ruimte opgedeeld in twee verschillende delen, waarbij één deel bestond uit een grid size (celgrootte) van $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ (ter plaatse van de brandhaard) en één deel uit een grid size van $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ (ter plaatse van de opening). Deze laatste celgrootte is noodzakelijk om voldoende cellen te hebben ter plaatse van de openingen (best minstens 10 cellen per afmeting van de opening).
- Tijdens de simulaties is de druk opgemeten op een afstand van 0,1 m van de muur en op een hoogte van 0,2 m en 2,4 m. Deze locatie werd gekozen omdat dit de locatie van een deur zou kunnen zijn die aansluit op het brandcompartiment. In de onderstaande grafieken wordt dan ook verwezen naar *druk t.p.v. de deur* indien de druk ter plaatse van een mogelijke deur bedoeld wordt.
- De vermogensdichtheid is vastgelegd op 500 kW/m^2 . Deze waarde is terug te vinden in de literatuur voor ontwerpbranden in cinema’s en bibliotheken, m.a.w. plaatsen waarbij een grote brandlast aanwezig is. In de literatuur wordt voor bv. (zieken)huizen, scholen, kantoren, etc. een ontwerpvermogensdichtheid van 250 kW/m^2 aangenomen. Een vermogensdichtheid van 750 kW/m^2 wordt eveneens bekeken aangezien deze waarde kan bekomen worden in de beginfase van een brand. De invloed van deze laatste twee vermogensdichtheden op de drukopbouw zal eveneens onderzocht worden.
- De brandhaard bevindt zich op een afstand van 1 m van de wand. Afhankelijk van de vermogensdichtheid en het totaal vermogen zijn onderstaande oppervlaktes van de brandhaard toegepast:

Maximaal vermogen	Vermogensdichtheid	Oppervlakte brandhaard
750 kW	500 kW/m^2	$1,5 \times 1 \text{ m}^2$
1,5 MW	250 kW/m^2	$2 \times 3 \text{ m}^2$
	500 kW/m^2	$2 \times 1,5 \text{ m}^2$
	750 kW/m^2	$2 \times 1 \text{ m}^2$

Tijdens de simulaties zal de invloed op de drukopbouw in een quasi gesloten compartiment onderzocht worden in functie van de onderstaande parameters:

- de locatie van de opening: onderaan de wand, bovenaan de wand en in het plafond;
- de maximale HRR: 750 kW en 1,5 MW;
- de grootte van de opening: 0,5 m², 0,25 m² en 0,2 m²;
- vermogensdichtheid: 250 kW/m², 500 kW/m² en 750 kW/m²;
- de HRR-curve: medium αt^2 -curve (i.e. $\alpha = 0,0117 \text{ kW/s}^2$) en fast αt^2 -curve (i.e. $\alpha = 0,0469 \text{ kW/s}^2$).

5.2.1.3 Invloed van de locatie van de opening

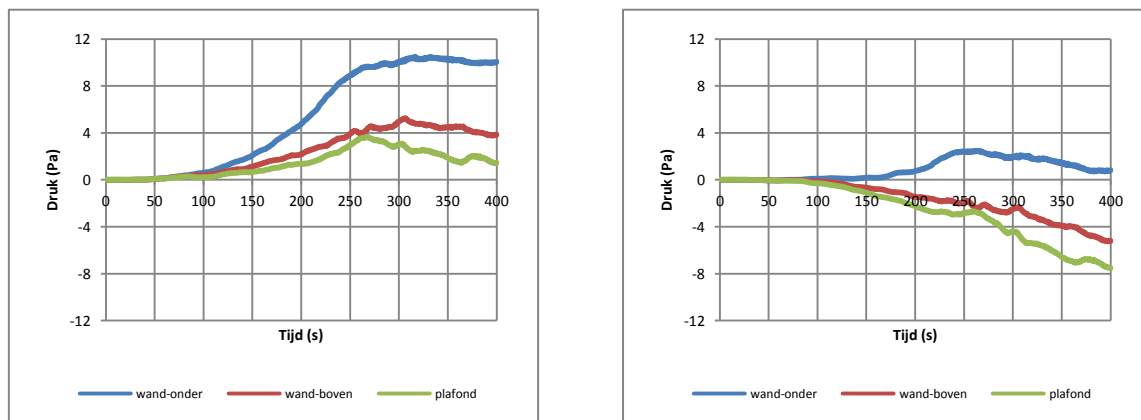
In eerste instantie wordt nagegaan wat de beste locatie is van de opening (boven- of onderaan de wand of in het plafond) om een zo laag mogelijke drukopbouw te hebben.

Hiervoor zijn drie simulaties uitgevoerd met onderstaande verschillen:

- een opening (breedte x hoogte: 1 x 0,5 m) aangebracht in het onderste gedeelte van de muur: hierbij bevond de bovenzijde van de opening zich op een hoogte van 0,6 m ten opzichte van de vloer. Deze simulatie wordt in de onderstaande grafieken *wand-onder* genoemd;
- een opening (breedte x hoogte: 1 x 0,5 m) aangebracht in het bovenste gedeelte van de muur: hierbij bevond de bovenzijde van de opening zich op een hoogte van 2,4 m ten opzichte van de vloer (of 0,1 m onder het plafond). Deze simulatie wordt in de onderstaande grafieken *wand-boven* genoemd
- een opening (breedte x lengte: 0,7 x 0,7 m) aangebracht in het plafond: hierbij bevond de dichtst bijgelegen zijde van de opening zich op een afstand van 0,1 m ten opzichte van de muur. Deze simulatie wordt in de onderstaande grafieken *plafond* genoemd.

Tijdens deze simulaties is de maximale HRR (medium αt^2 -curve) ingesteld op 750 kW en bedraagt de vermogensdichtheid 500 kW/m².

De resultaten van de drukmetingen ter plaatse van een mogelijke deur worden hieronder weergegeven. De drukmetingen zijn uitgevoerd op een hoogte van 0,2 m en 2,4 m.



Druk t.p.v. de deur (hoogte: 2,4 m)

Druk t.p.v. de deur (hoogte: 0,2 m)

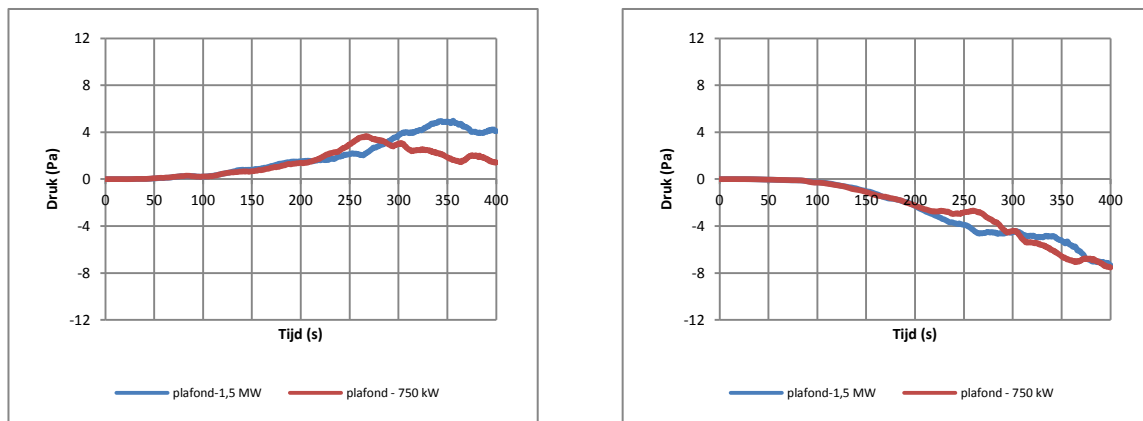
Figuur 50: Invloed van de locatie van de opening (750 kW - 0,5 m²)

Uit de bovenstaande grafieken is duidelijk af te leiden dat de opening zich best zo hoog mogelijk in het compartiment bevindt. De maximale overdruk bij de opening bovenaan de wand en deze in het plafond is gelijkaardig. Wel kan opgemerkt worden dat bij de opening in het plafond de druk daalt van zodra de aftopping van de HRR begint, i.e. na 253 seconden. Bij de andere openingen in de wand blijft de druk na dit moment lichtjes stijgen. De drukverschillen zijn heel klein in alle gevallen.

5.2.1.4 Invloed maximale HRR (opening in plafond)

Zoals hierboven beschreven is bij de opening in het plafond een drukdaling vastgesteld vanaf het moment van aftopping van de HRR-curve. Daarom is een bijkomende simulatie uitgevoerd met een maximale HRR (medium αt^2 -curve) van 1,5 MW. Tijdens de twee simulaties werd een opening van 0,5 m² (= 0,7 x 0,7 m) in het plafond aangebracht en bedraagt de vermogensdichtheid 500 kW/m².

De resultaten van de drukmetingen ter plaatse van een mogelijke deur worden hieronder weergegeven. De drukmetingen zijn uitgevoerd op een hoogte van 0,2 m en 2,4 m.



Druk t.p.v. de deur (hoogte: 2,4 m)

Druk t.p.v. de deur (hoogte: 0,2 m)

Figuur 51: Invloed van de maximale HRR (opening in plafond - 0,5 m²)

Uit de bovenstaande grafieken kan afgeleid worden dat de maximale drukopbouw zich “verplaatst” heeft naar het moment van aftopping, i.e. na 358 seconden. De maximale overdruk is ook groter. De drukverschillen zijn heel klein in beide gevallen.

5.2.1.5 Invloed van de grootte van de openingen

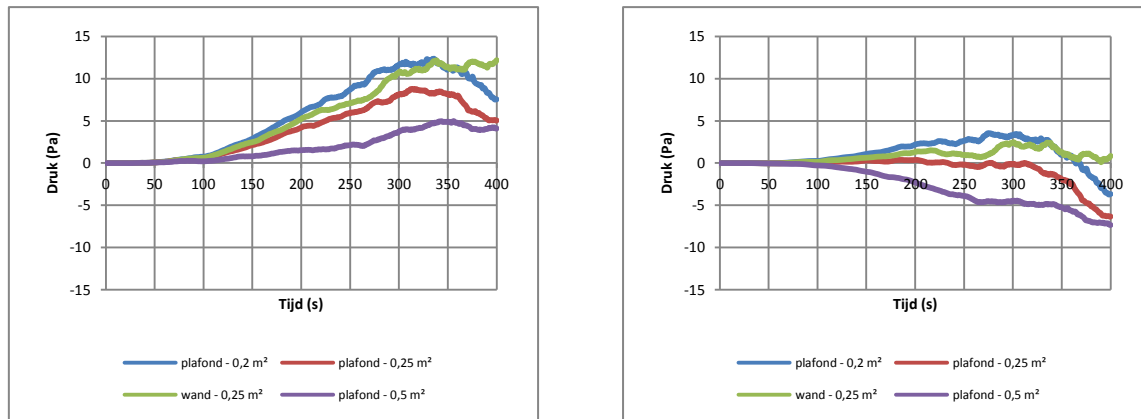
Hiervoor zijn vier simulaties uitgevoerd met onderstaande verschillen:

- een opening (breedte x hoogte: 0,5 x 0,5 m) aangebracht in het bovenste gedeelte van de muur: hierbij bevond de bovenzijde van de opening zich op een hoogte van 2,4 m ten opzichte van de vloer (of 0,1 m onder het plafond). Deze simulatie wordt in de onderstaande grafieken *wand-0,25 m²* genoemd;
- een opening (breedte x lengte: 0,7 x 0,7 m) aangebracht in het plafond: hierbij bevond de dichtst bijgelegen zijde van de opening zich op een afstand van 0,1 m ten opzichte van de muur. Deze simulatie wordt in de onderstaande grafieken *plafond-0,5 m²* genoemd;
- een opening (breedte x lengte: 0,5 x 0,5 m) aangebracht in het plafond: hierbij bevond de dichtst bijgelegen zijde van de opening zich op een afstand van 0,1 m ten opzichte van de muur. Deze simulatie wordt in de onderstaande grafieken *plafond-0,25 m²* genoemd;

- een opening (breedte x lengte: 0,4 x 0,5 m) aangebracht in het plafond: hierbij bevond de dichtst bijgelegen zijde van de opening zich op een afstand van 0,1 m ten opzichte van de muur. Deze simulatie wordt in de onderstaande grafieken *plafond-0,2 m²* genoemd.

Tijdens de simulaties is de maximale HRR (medium αt^2 -curve) ingesteld op 1,5 MW en bedraagt de vermogensdichtheid 500 kW/m².

De resultaten van de drukmetingen ter plaatse van een mogelijke deur worden hieronder weergegeven. De drukmetingen zijn uitgevoerd op een hoogte van 0,2 m en 2,4 m.



Druk t.p.v. de deur (hoogte: 2,4 m)

Druk t.p.v. de deur (hoogte: 0,2 m)

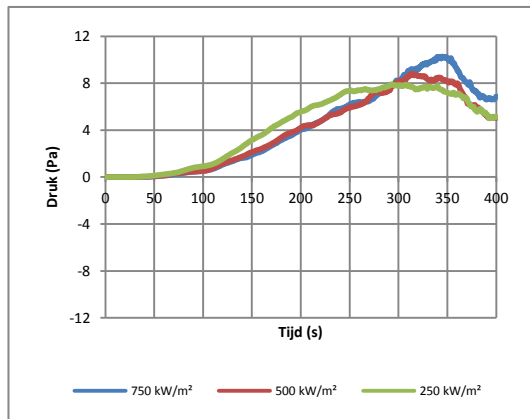
Figuur 52: Invloed van de grootte van de opening (1,5 MW)

Uit de bovenstaande grafieken is de invloed van de opening op de maximale overdruk duidelijk. Er is tevens een duidelijk verschil tussen de opening van 0,25 m² indien toegepast in een wand of in een plafond. De maximale druk bekomen bij een opening van 0,20 m² in een plafond is gelijkaardig met deze bekomen bij een opening van 0,25 m² in een wand. De drukverschillen zijn heel klein in alle gevallen.

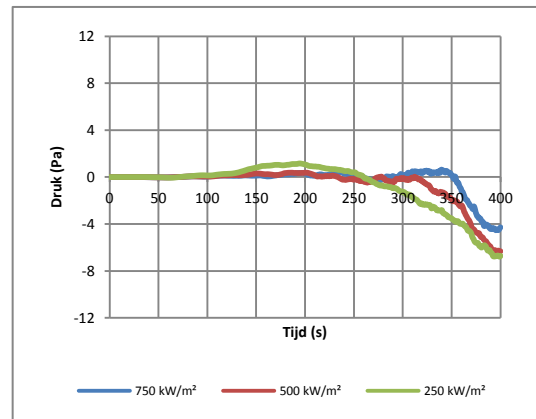
5.2.1.6 Invloed van de vermogensdichtheid (opening in het plafond)

Tijdens bovenstaande simulaties bedroeg de vermogensdichtheid 500 kW/m². De invloed van de vermogensdichtheid wordt hier onderzocht. Daarom zijn twee bijkomende simulaties uitgevoerd met verschillende vermogensdichtheden, nl. 250 kW/m² en 750 kW/m². Tijdens de twee simulaties is de maximale HRR (medium αt^2 -curve) ingesteld op 1,5 MW en is een opening van 0,25 m² (= 0,5 x 0,5 m) aangebracht in het plafond.

De resultaten van de drukmetingen ter plaatse van een mogelijke deur worden hieronder weergegeven. De drukmetingen zijn uitgevoerd op een hoogte van 0,2 m en 2,4 m.



Druk t.p.v. de deur (hoogte: 2,4 m)



Druk t.p.v. de deur (hoogte: 0,2 m)

Figuur 53: Invloed van de vermogensdichtheid (opening in het plafond (0,25 m²) – 1,5 MW)

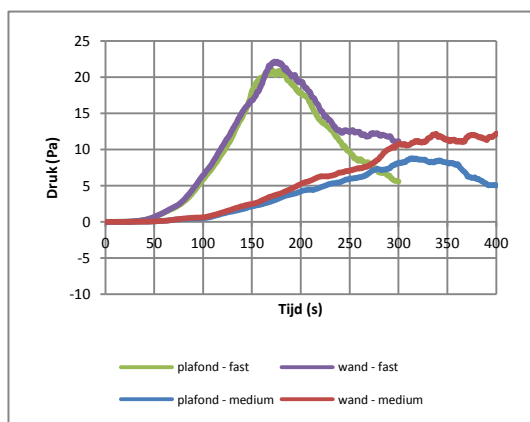
Uit de bovenstaande grafieken kan vastgesteld worden dat een hogere vermogensdichtheid ook resulteert in een hogere maximale overdruk. De invloed van de aftopping van de HRR-curve is ook meer uitgesproken bij de vermogensdichtheid van 750 kW/m².

5.2.1.7 Invloed van de αt^2 -curve

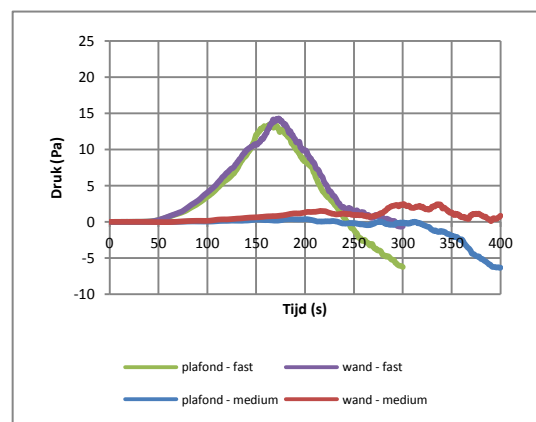
De hierboven vermelde simulaties werden uitgevoerd met een medium αt^2 -curve. Derhalve worden twee bijkomende simulaties gedaan waarbij een fast αt^2 -curve toegepast wordt en dit voor een opening van 0,25 m² in het plafond en in de wand. De duurtijd van de simulaties met een fast αt^2 -curve bedroeg slechts 300 seconden aangezien het zuurstofgehalte op dat moment slechts ca. 11 % bedroeg, m.a.w. het is niet mogelijk om de HRR aan te houden gedurende een periode van 400 seconden zoals bij de vorige simulaties.

Tijdens de twee simulaties is de maximale HRR ingesteld op 1,5 MW en bedraagt de vermogensdichtheid 500 kW/m².

De resultaten van de drukmetingen ter plaatse van een mogelijke deur worden hieronder weergegeven. De drukmetingen zijn uitgevoerd op een hoogte van 0,2 m en 2,4 m.



Druk t.p.v. de deur (hoogte: 2,4 m)



Druk t.p.v. de deur (hoogte: 0,2 m)

Figuur 54: Invloed van de αt^2 -curve (opening (0,25 m²) – 1,5 MW)

Uit de bovenstaande grafieken kan vastgesteld worden dat de helling van de αt^2 -curve een zeer grote invloed heeft op de drukopbouw in het compartiment. Dit komt omdat er bij een sneller stijgend brandvermogen relatief minder warmte afgevoerd wordt (conductie doorheen de compartimentsgrenzen en convectie door de uitstroom van de gassen), waardoor de drukopbouw groter is. Ook hier is de aftopping van de HRR-curve (i.e. na 179 seconden) op de drukopbouw zeer uitgesproken.

Er kan eveneens vastgesteld worden dat bij een fast αt^2 -curve het verschil in maximale drukopbouw bij een opening in een wand en in een plafond zeer gelijkaardig is. Dit is verschillend ten opzichte van de resultaten bekomen tijdens een medium αt^2 -curve waarbij een grotere drukopbouw vastgesteld werd in het geval van een opening in een wand. Bij een snel stijgend brandvermogen heeft de positie van de opening dus minder invloed op de drukopbouw.

5.2.1.8 Conclusies

De drukopbouw is zeer sterk afhankelijk van de "helling" van de HRR-curve. Hoe steiler de HRR-curve, hoe groter de drukopbouw. Er dient opgemerkt te worden dat zowel tijdens de praktijktest als tijdens de simulaties een daling van de druk vastgesteld werd op het moment dat de HRR constant was of daalde. Tevens is de drukopbouw kleiner indien de opening groter is.

Indien een minimale oppervlakte van 0,25 m² toegepast wordt in een plafond of in de bovenste 60 cm van een wand, zal de overdruk in de brandruimte maximaal ca. 10 Pa bedragen indien een medium brandvermogen beschouwd wordt. In het geval van een snel stijgend brandvermogen wordt een maximale overdruk bekomen van ca. 20 Pa. Deze conclusies zijn gebaseerd op meerdere simulaties waarbij de invloed van verschillende parameters op de drukopbouw in het compartiment onderzocht werd.

Bovenstaande conclusies gaan er van uit dat er geen externe factoren zijn die kunnen leiden tot drukopbouw (bv. wind). Indien dit wel het geval is, moet het effect van alle factoren op de drukopbouw in rekening gebracht worden om tot een correcte inschatting van de drukopbouw in het brandcompartiment te kunnen komen.

Uit de simulaties mag echter niet besloten worden dat er geen rookverspreiding zal zijn naar aanliggende compartimenten bij drukverschillen van slechts 10 Pa. Zo is bv. tijdens Proef 1 vastgesteld dat er rook waargenomen werd in de kamers, alhoewel de overdruk in de brandruimte zeer klein was. Elk drukverschil zal immers resulteren in een rookverspreiding naar een aanliggend compartiment. De grootte van het drukverschil zal bepalen met welke snelheid de rook zich zal verspreiden.

5.2.2 Rookverspreiding in de kamers waarvan de deur open staat

5.2.2.1 Opzet van de bijkomende simulaties

Door de activatie van de automatische blussing wordt verhinderd dat de brandhaard zich verder ontwikkelt. Tevens zal de rookproductie verminderen. Tijdens deze simulaties wordt nagegaan in hoeverre de rook zich in de kamers zal verspreid hebben op het moment van activatie van de automatische blussing en dit in de veronderstelling dat de deuren van de kamers openstaan. Tijdens de simulaties wordt de rookverspreiding in zowel de kamers die uitgeven op de gemeenschappelijke ruimte als de kamers die uitgeven op de evacuatiewegen onderzocht.

Er werd door de stuurgroep beslist om de temperatuur evenals de zichtbaarheid op een hoogte van 1,8 m te onderzoeken.

5.2.2.2 Invloed van compartimentsgrenzen op de rookverspreiding

Vooraleer de uitgevoerde simulaties besproken worden, is het interessant om de invloed van de grenzen van het compartiment op de rookverspreiding te behandelen. Dit is belangrijk om de rookverspreiding in andere configuraties dan deze getest tijdens de praktijktesten of opgenomen in de simulaties te kunnen inschatten.

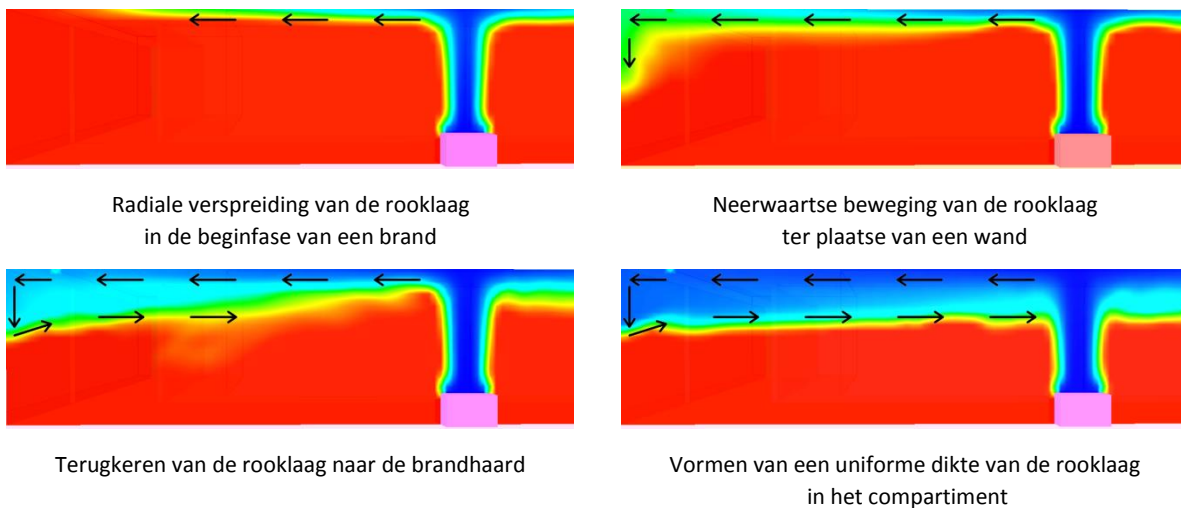
Van zodra de rook afkomstig van een brandhaard het plafond bereikt heeft, zal deze zich radiaal (en horizontaal) ten opzichte van de brandhaard verspreiden. Dit fenomeen wordt in de literatuur ook wel "ceiling jet" genoemd. De snelheid waarmee de rooklaag zich van de brandhaard verwijderd, wordt in grote mate bepaald door het vermogen (Heat Release Rate) van de brandhaard. Hoe hoger de HRR, hoe hoger deze snelheid. Dergelijke horizontale rookverspreiding is vooral typisch in de beginfase van een brand of wanneer er geen compartimentswanden aanwezig zijn.

In de nabijheid van de brandhaard is de dikte van de rooklaag min of meer constant. Door de aanwezigheid van een compartimentswand zal de rooklaag zich echter niet enkel horizontaal verspreiden. De rooklaag botst dan tegen de wand en zal zich nu ook verticaal naar beneden verplaatsen.

Aangezien een warme luchtlaag altijd de neiging heeft om te stijgen, zal deze verticale neerwaartse beweging stoppen en zal de rooklaag opnieuw stijgen om zich daarna opnieuw verder horizontaal te verspreiden.

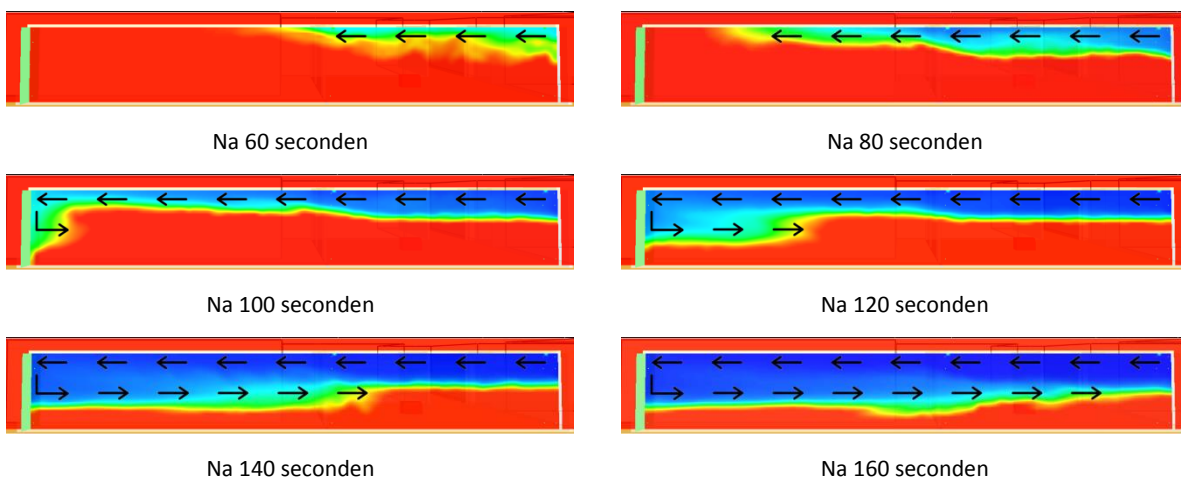
Op dat moment is er dus nog altijd geen sprake van een uniforme dikte van de rooklaag in het compartiment. Dit gebeurt op een later tijdstip en is afhankelijk van de grootte en de geometrie van het compartiment. Hoe kleiner de afmetingen van het compartiment, hoe sneller een uniforme dikte van de rooklaag zal gevormd worden en hoe sneller de rooklaag zal zakken.

De rookverspreiding in de nabijheid van de brandhaard wordt visueel weergegeven in de onderstaande figuren. Hierbij wordt de zichtbaarheid weergegeven aangezien dit een indicatie is van de aanwezigheid van een rooklaag. In tegenstelling tot de kleurencode weergegeven in § 4.9.5. wijst de rode kleur op een zeer goede zichtbaarheid en geeft deze dus de omgevingslucht weer die nog niet “aangetast” is door de rooklaag. De kleuren geel, groen en blauw geven de gradatie in zichtbaarheid aan, waarbij blauw de slechtste zichtbaarheid weergeeft. De pijltjes in de onderstaande figuren geven niet de snelheid van de rooklaag weer, maar zijn enkel een indicatie van de evolutie van de rooklaag.



Figuur 55: Rookverspreiding in de nabijheid van een brandhaard.

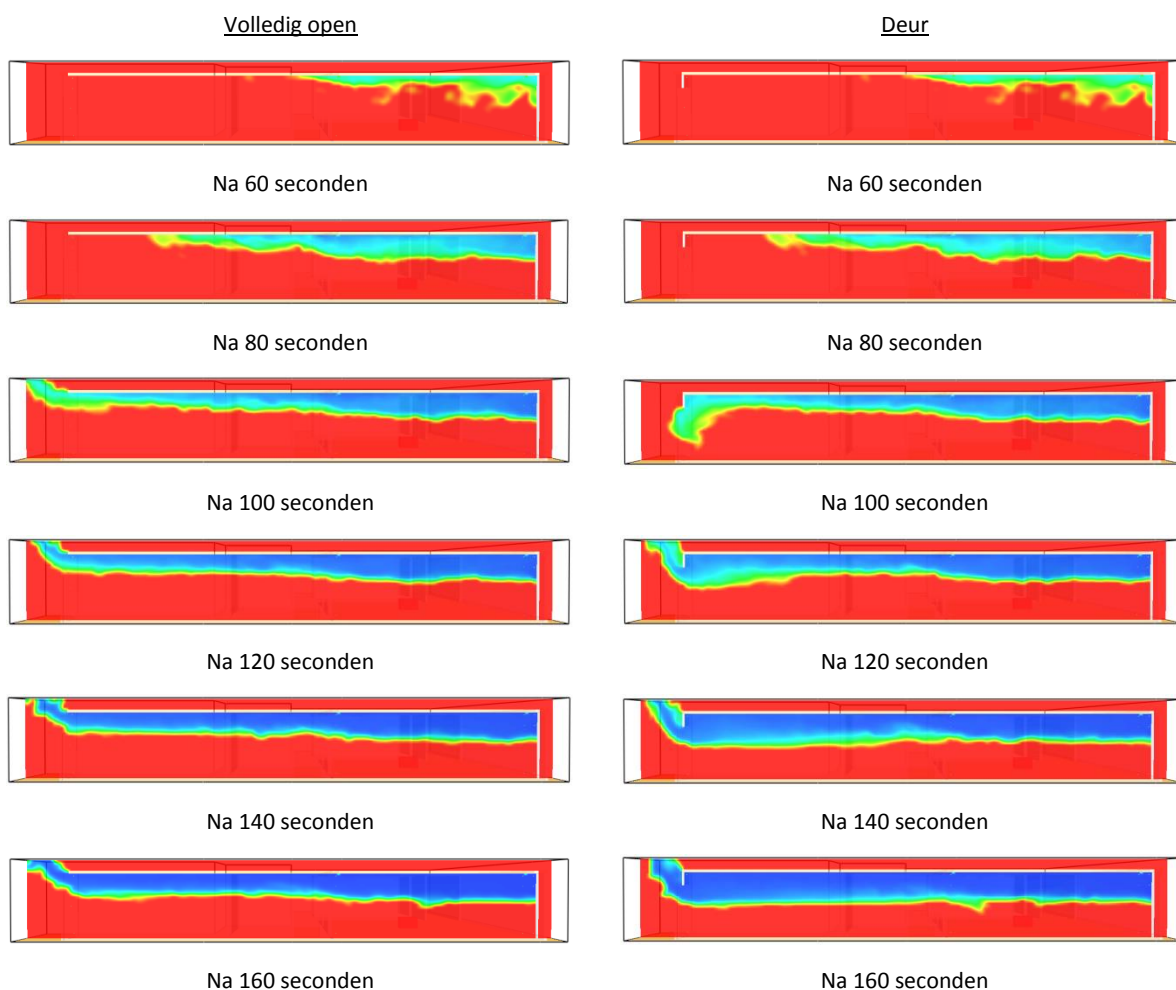
De rookverspreiding op een afstand van de brandhaard wordt visueel weergegeven in de onderstaande figuren. Hierbij wordt de rookverspreiding in een evacuatieweg (gebruikshoogte: 2,5 m) weergegeven, waarbij de configuratie gebaseerd is op de configuratie van Proef 4. Aan de rechterkant van elk van onderstaande figuren is de gemeenschappelijke ruimte (locatie van brandhaard) weergegeven, aan de linkerkant de evacuatieweg “Gang2” waarbij de deuren op het uiteinde gesloten waren. In deze figuren is de verspreiding van de rooklaag uit de gemeenschappelijke ruimte naar de uiteinden van de evacuatieweg duidelijk zichtbaar. Tevens kan vastgesteld worden dat de rooklaag in de gemeenschappelijke ruimte pas begint te zakken van zodra de rooklaag in de evacuatieweg terug in de gemeenschappelijke ruimte is. Ook hier geven de pijltjes in de onderstaande figuren niet de snelheid van de rooklaag weer maar zijn enkel een indicatie van de evolutie van de rooklaag.



Figuur 56: Rookverspreiding in een evacuatieweg met gesloten uiteinden

In de bovenstaande figuren werd de rookverspreiding weergegeven in het geval van gesloten uiteinden van de evacuatiewegen. De invloed van een open uiteinde wordt hieronder weergegeven. Hierbij zijn twee scenario's mogelijk: de hoogte van de opening is gelijk aan de hoogte van de evacuatieweg (= gebruikshoogte, i.e. 2,5 m) of de hoogte van de opening is kleiner dan de hoogte van de evacuatieweg (bv. deur met een hoogte van 2 m). Het eerste scenario wordt weergegeven in de linkerkolom van onderstaande figuren, het tweede in de rechterkolom.

Opgelet: De gradatie van de zichtbaarheid wordt weergegeven door de volgende oplopende kleuren: rood (zeer goede zichtbaarheid) – geel - groen – blauw (zeer slechte zichtbaarheid).



Figuur 57: Rookverspreiding in een evacuatieweg met open uiteinden (links: volledig open – rechts: deur)

Uit de bovenstaande figuren kan vastgesteld worden dat de rookvrije hoogte ter plaatse van de uiteinden van de evacuatieweg lager is indien de hoogte van de opening kleiner is dan de hoogte van de evacuatieweg.

De bovenstaande figuren geven ook duidelijk weer dat er niet kan verondersteld worden dat open uiteinden een garantie zijn op een rookvrije hoogte in de evacuatiewegen.

5.2.2.3 Bepaling van de activatietijd van de automatische blussing

De activatietijd van de automatische blussing wordt onderzocht. Tijdens deze simulaties zijn onderstaande aannames gedaan:

- De basisconfiguratie voor de simulaties is een rechthoekig compartiment (lengte x breedte x hoogte: 13,8 x 7,8 x 2,5 m), voorzien van twee gesloten deuren (breedte x hoogte: 1 x 2 m).
- Het brandvermogen is een medium αt^2 -curve (i.e. $\alpha = 0,0117 \text{ kW/s}^2$).
- Zoals beschreven in § 5.1.4, wordt een vermogensdichtheid van ca. 750 kW/m^2 verondersteld in het geval van een beginnende brand. De vermogensdichtheid is echter afhankelijk van het type brandmateriaal. Om die reden wordt de invloed van een lagere vermogensdichtheid, i.e. 250 kW/m^2 , eveneens onderzocht.
- De activatietijd van een sprinkler wordt in grote mate bepaald door de activatietemperatuur en de RTI (Response Time Index) van het thermisch element (i.e. vloeistof in de glazen bulb). De RTI geeft de "gevoeligheid" van de sprinkler weer om de activatietemperatuur van de glazen bulb te bereiken, m.a.w. hoe lager de RTI-waarde, hoe sneller de activatietemperatuur zal bereikt worden en hoe sneller de sprinkler zal geactiveerd worden. Voor residentiële sprinklers is een RTI-waarde van 28 tot $50 \text{ (m.s)}^{1/2}$ terug te vinden in de literatuur [61], voor gewone sprinklers een RTI-waarde van 100 tot $360 \text{ (m.s)}^{1/2}$. Volgens de leverancier van de residentiële sprinklers toegepast tijdens de praktijktest bedroeg de RTI-waarde van de residentiële sprinkler $35 \text{ (m.s)}^{1/2}$. In de simulaties worden verschillende waarden voor de RTI onderzocht, doch de activatietemperatuur wordt vastgelegd op $68 \text{ }^\circ\text{C}$. Het spreekt voor zich dat ook op deze temperatuur een variatie mogelijk is waardoor er een andere activatietijd zal bekomen worden, doch de resultaten van de simulaties hebben aangetoond dat dit slechts over enkele seconden ging. M.a.w. de activatietijd was slechts enkele seconden vroeger/later indien de activatietemperatuur enkele graden lager/hoger was (in het geval van een medium αt^2 -curve, i.e. $\alpha = 0,0117 \text{ kW/s}^2$).
- De omgevingstemperatuur in het compartiment wordt vastgelegd op $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Gezien deze temperatuur ook een invloed kan hebben op de activatietijd, wordt eveneens een simulatie uitgevoerd met een omgevingstemperatuur van $18 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Tijdens de praktijktesten bevond de brandhaard zich in de hoek van de gemeenschappelijke ruimte. Het is echter mogelijk dat de brandhaard zich op een andere locatie bevindt (bv. meer naar het midden van de ruimte).

Om die reden worden twee verschillende locaties van de brandhaard onderzocht:

- De brandhaard bevindt zich in de hoek van de ruimte:
In dit geval bedraagt de afstand van de sprinklers tot de wand $1,85 \text{ m}$. Dit is de maximale waarde die toegestaan is voor de geteste sprinkler. De brandhaard bevindt zich op een afstand van $0,5 \text{ m}$ van de wand.
 - De brandhaard bevindt zich in het midden van de ruimte:
De onderlinge afstand van de sprinklers bedraagt $3,7 \text{ m}$. Dit is de maximale waarde die toegestaan is voor de geteste sprinkler. De brandhaard bevindt zich centraal ten opzichte van de vier omringende sprinklers.
- De sprinklers worden gepositioneerd op een afstand van 10 cm van het plafond.

Een overzicht van de uitgevoerde simulaties wordt hieronder weergegeven (zie ook tabel in Figuur 58):

- Tijdens de simulaties 1 en 2 wordt de invloed van de vermogensdichtheid onderzocht in het geval van een brand in de hoek.
- Tijdens de simulaties 2, 3 en 4 wordt de invloed van de RTI-waarde onderzocht in het geval van een brand in de hoek.
- Tijdens de simulaties 5, 6 en 7 wordt de invloed van de RTI-waarde onderzocht in het geval van een brand in het midden.
- Tijdens de simulaties 5 en 5a wordt de invloed van het al dan niet open zijn van de deuren onderzocht in het geval van een brand in het midden. Tijdens simulatie 5a zijn de twee deuren in het compartiment open.
- Tijdens simulaties 7 en 8 wordt de invloed van de begintemperatuur onderzocht.

De resultaten bekomen tijdens de verschillende simulaties worden weergegeven in de onderstaande tabel.

Simulatie	Vermogensdichtheid [kW/m ²]	Omgevings-temperatuur [°C]	RTI [m.s] ^{1/2}	Positie brandhaard	Activatietijd [s]
1	250	20	100	Hoek	158
2	750	20	100	Hoek	150
3	750	20	50	Hoek	130
4	750	20	35	Hoek	125
5	750	20	100	Midden	170
5a	750	20	100	Midden	173
6	750	20	50	Midden	150
7	750	20	35	Midden	143
8	750	18	35	Midden	146

Figuur 58: Samenvatting van de resultaten van de simulaties ter bepaling van de activatietijd van de sprinklers

Op basis van de bekomen resultaten kan het volgende besloten worden:

- Een lagere vermogensdichtheid, een lagere omgevingstemperatuur en open compartimentsgrenzen hebben een latere activatietijd tot gevolg. De invloed hierop is echter gering (verschil van ca. 5 seconden).
- Een brand in een hoek van een compartiment resulteert in een snellere activatietijd in vergelijking met een brand in het midden. De invloed van de locatie van de brandhaard op de activatietijd is meer uitgesproken (verschil van ca. 20 seconden).

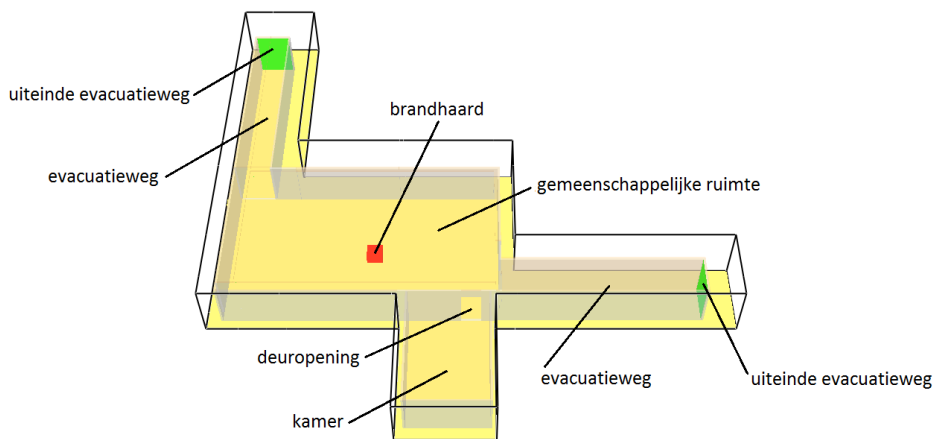
Bovenvermelde simulaties werden uitgevoerd met een vooropgestelde HRR-curve en stralingsverliezen. Elke andere HRR-curve (al dan niet gerelateerd met andere stralingsverliezen) zal dus een invloed hebben op de activatietijd.

5.2.2.4 Kamers die uitgeven op de gemeenschappelijke ruimte

De rookverspreiding in de kamers die uitgeven op de gemeenschappelijke ruimte wordt onderzocht.

De basisconfiguratie voor deze simulaties is een gemeenschappelijke ruimte (lengte x breedte x hoogte: 13,8 x 7,8 x 2,5 m), aan twee zijden voorzien van een evacuatieweg (lengte x breedte x hoogte: 10 x 1,8 x 2,5 m) met gesloten deuren aan de uiteinden. Een kamer (lengte x breedte x hoogte: 6 x 4 x 2,5 m) geeft uit op de gemeenschappelijke ruimte en is voorzien van een opening (breedte x hoogte: 1 x 2 m). Deze opening simuleert een deur die open staat.

Deze basisconfiguratie wordt weergegeven in de onderstaande figuur (met de brandhaard in het midden van de gemeenschappelijke ruimte).



Figuur 59: Basisconfiguratie simulatie rookverspreiding in kamers die uitgeven op de gemeenschappelijke ruimte

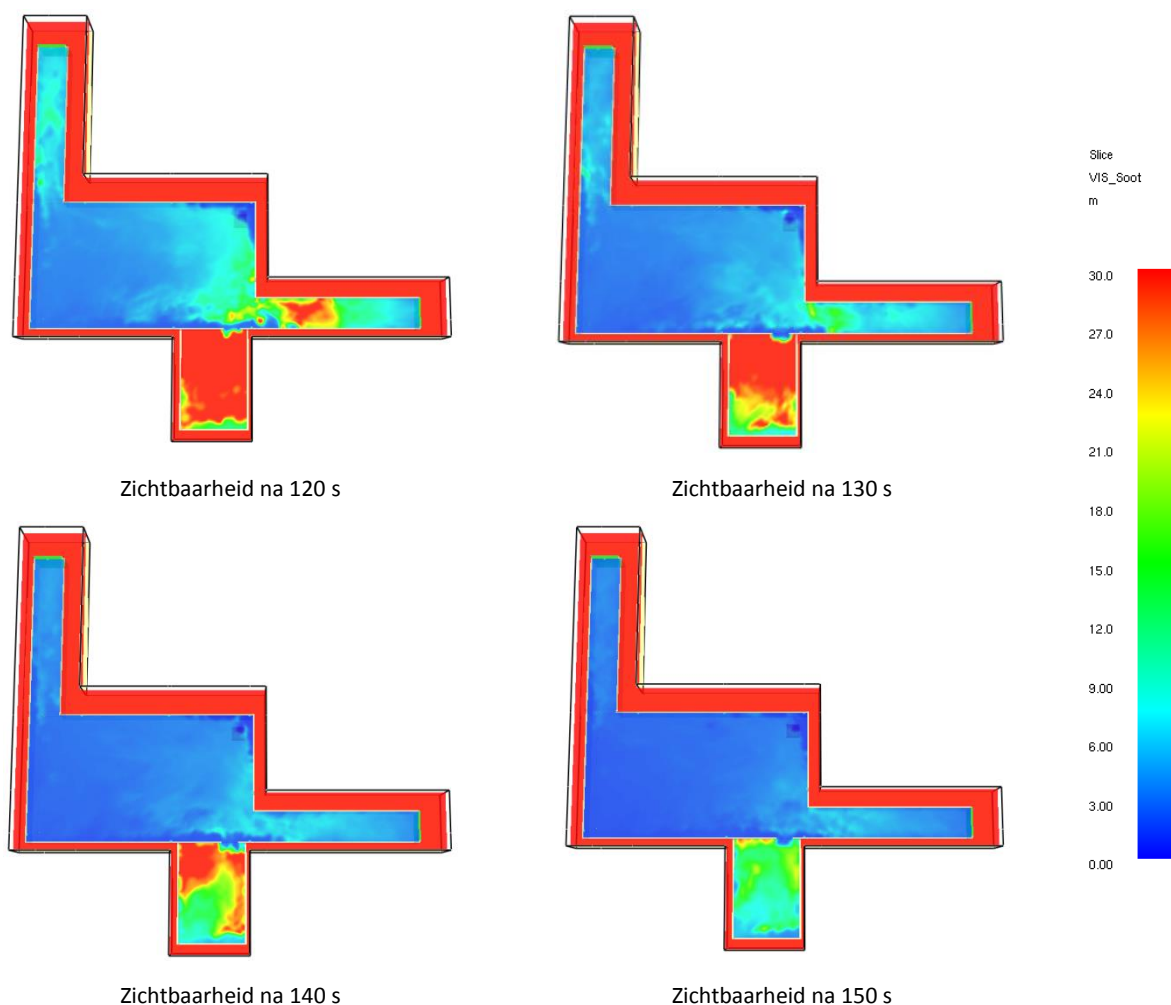
Tijdens deze simulaties zijn onderstaande aannames gedaan:

- Het brandvermogen is een medium αt^2 -curve (i.e. $\alpha = 0,0117 \text{ kW/s}^2$) die niet afgetopt wordt. Dit wordt gedaan om de rookverspreiding op bepaalde tijdstippen te kunnen bekijken zonder dat de invloed van de activatie van de automatische blussing in rekening gebracht wordt.
- De brandhaard bevindt zich in de hoek van de gemeenschappelijke ruimte. Zoals weergegeven in de tabel van Figuur 58, bedraagt de activatietijd 125 seconden in het geval van een medium αt^2 -curve. Om die reden worden de resultaten van de simulaties pas weergegeven na 120 seconden in het geval van een brand in de hoek.

- De brandhaard bevindt zich in het midden van de gemeenschappelijke ruimte. Zoals weergegeven in de tabel van Figuur 58, bedraagt de activatietijd 143 seconden in het geval van een medium αt^2 -curve. Om die reden worden de resultaten van de simulaties pas weergegeven na 140 seconden in het geval van een brand in het midden.
- De omgevingstemperatuur bedraagt 20 °C.
- De vermogensdichtheid bedraagt 750 kW/m². De oppervlakte van de brandhaard bedraagt 0,8 x 0,8 m².
- De waarde van de “soot yield” (= roetgehalte) wordt vastgelegd op 0,1, d.w.z. dat er 0,1 kg roet geproduceerd wordt in de rooklaag per kg massaverlies van de brandstof. Deze waarde heeft een grote invloed op de zichtbaarheid, nl. hoe hoger de “soot yield”, hoe slechter de zichtbaarheid.

De resultaten bekomen voor de zichtbaarheid op een hoogte van 1,8 m worden hieronder weergegeven (brand in de hoek).

Opgelet: De gradatie van de zichtbaarheid wordt weergegeven door de volgende oplopende kleuren: rood (zeer goede zichtbaarheid) – geel - groen – blauw (zeer slechte zichtbaarheid).



Figuur 60: Zichtbaarheid in de kamer die uitgaat op de gemeenschappelijke ruimte (brand in de hoek)

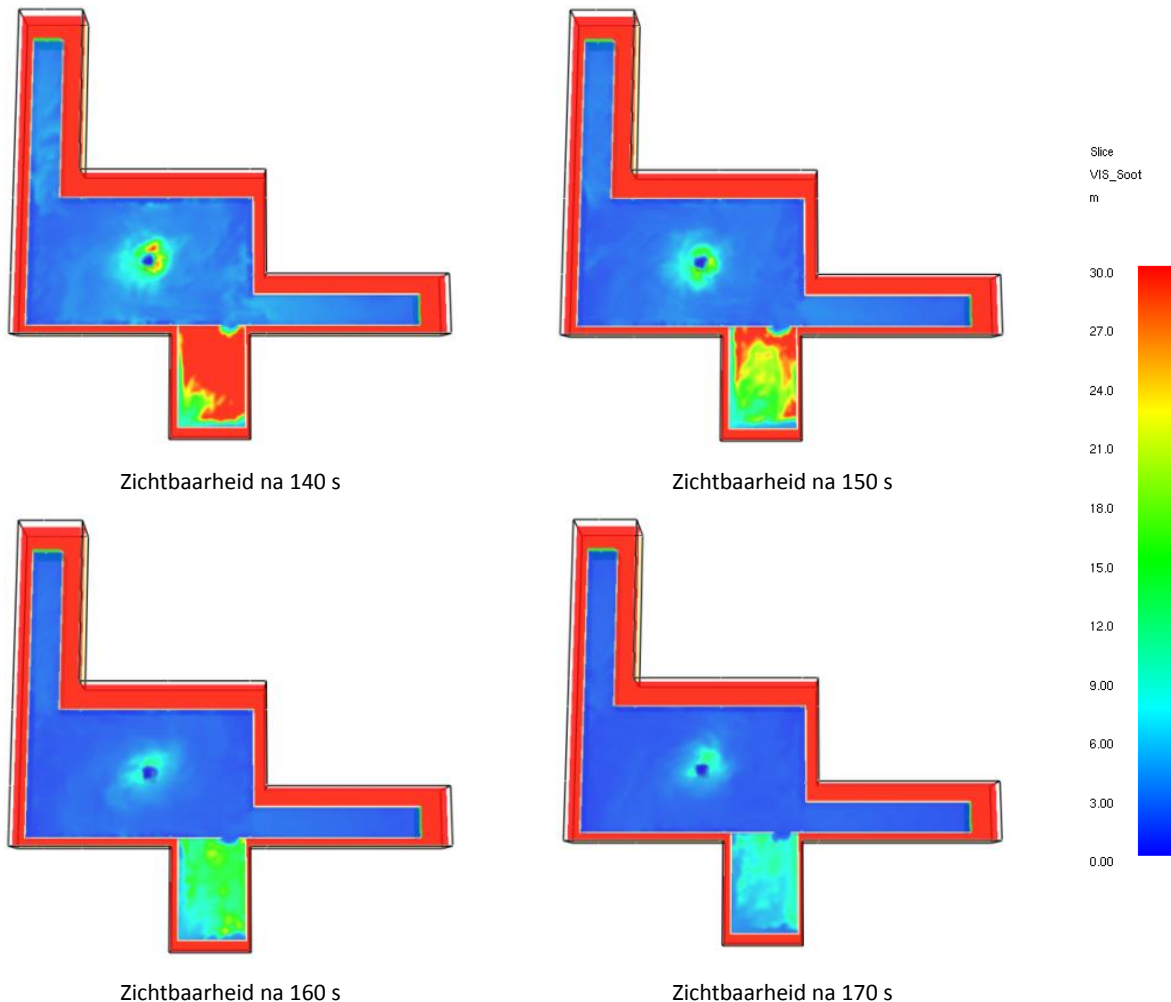
Uit de bovenstaande figuren kan vastgesteld worden dat er reeds rookverspreiding in de kamer plaatsvindt vooraleer de automatische blussing geactiveerd wordt. De hoogte van de deur speelt hierbij ook een belangrijke rol. Hoe hoger deze is, hoe sneller de kamer zal gevuld worden met rook.

Tevens is de invloed van een wand op de zichtbaarheid duidelijk waar te nemen in de figuren. Zo is er na 120 seconden een verminderde zichtbaarheid ter plaatse van de wand aangezien de rooklaag zich daar neerwaarts verspreidt. Op latere tijdstippen is dan duidelijk te zien dat de rooklaag zich verplaatst naar de deuropening, waarbij vervolgens een uniforme dikte van de rooklaag gevormd wordt in de kamer (zie ook verder).

Tevens zal de rookverspreiding in de kamers veel sneller plaatsvinden indien de gemeenschappelijke ruimte afgescheiden is van de evacuatiewegen door middel van gesloten deuren. In dit geval is het volume van de gemeenschappelijke ruimte kleiner waardoor de rooklaag in de gemeenschappelijke ruimte nog sneller dalen en de rookverspreiding in de kamers ook sneller zal plaatsvinden.

De resultaten bekomen voor de zichtbaarheid op een hoogte van 1,8 m worden hieronder weergegeven (brand in het midden).

Opgelet: De gradatie van de zichtbaarheid wordt weergegeven door de volgende oplopende kleuren: rood (zeer goede zichtbaarheid) – geel - groen – blauw (zeer slechte zichtbaarheid).



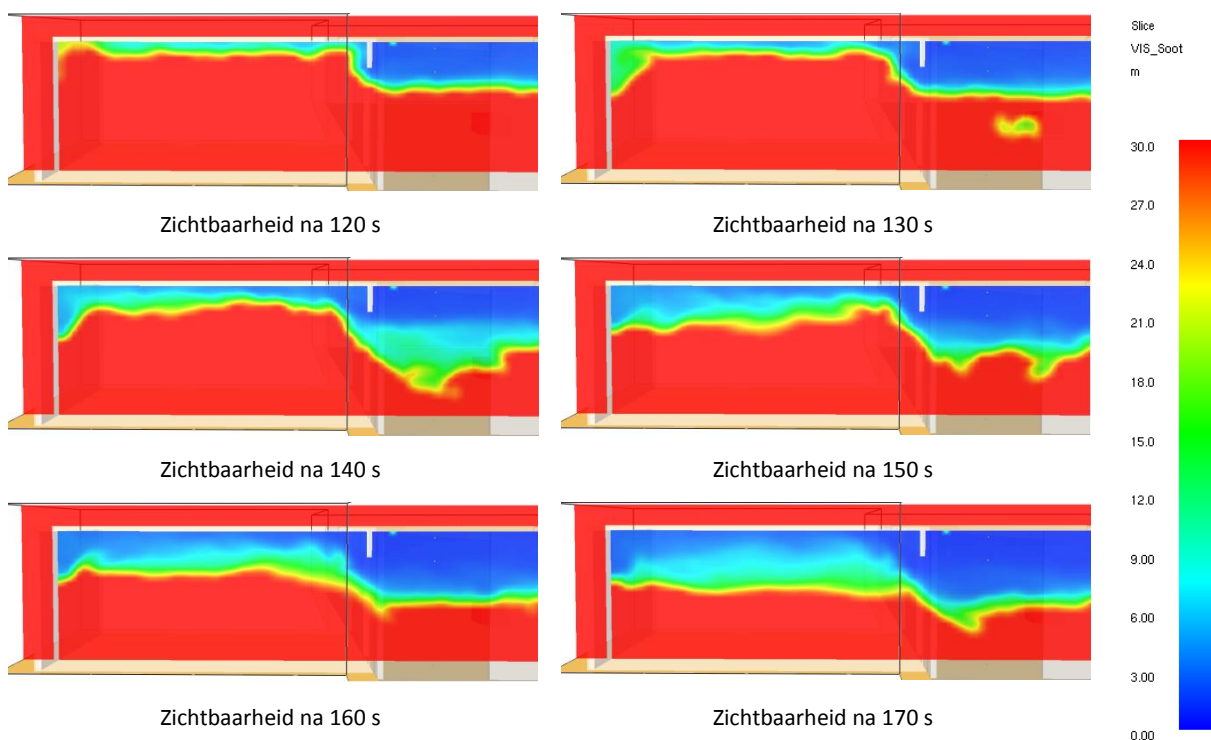
Figuur 61: Zichtbaarheid in de kamer die uitgeeft op de gemeenschappelijke ruimte (brand in het midden)

De zichtbaarheid in de kamer in het geval van een brand in het midden is gelijkaardig aan deze bekomen in het geval van een brand in de hoek. Enkel het tijdstip is verschillend (verschil van ca. 10 seconden).

In de bovenvermelde figuren wordt de zichtbaarheid op een hoogte van 1,8 m weergegeven. Zoals ook uit de figuren blijkt, is er ter plaatse van de deur van de kamer een groot verschil in zichtbaarheid net binnen en net buiten deze opening. Zo is na 140 seconden de zichtbaarheid in de gang (ter plaatse van de opening) heel klein in vergelijking met de zichtbaarheid in de kamer zelf. Het is pas wanneer de rooklaag de wand van de kamer bereikt heeft en “terugkeert” naar de deuropening dat de rooklaag zich begint te vormen. Dit is te verklaren doordat de rook die de kamer binnentreedt in eerste instantie opnieuw stijgt tot aan het plafond om zich dan verder te verspreiden. Hierdoor is ter plaatse van de deuropeningen de rookvrije hoogte veel kleiner dan in de kamer.

Dit wordt visueel weergegeven in de onderstaande figuren. Aan de linkerkant van elke onderstaande figuur is de kamer weergegeven, aan de rechterkant de gemeenschappelijke ruimte. De tijdstippen vermeld in Figuur 61 worden hierin ook opgenomen om een vergelijking te kunnen maken met de zichtbaarheid op een hoogte van 1,8 m.

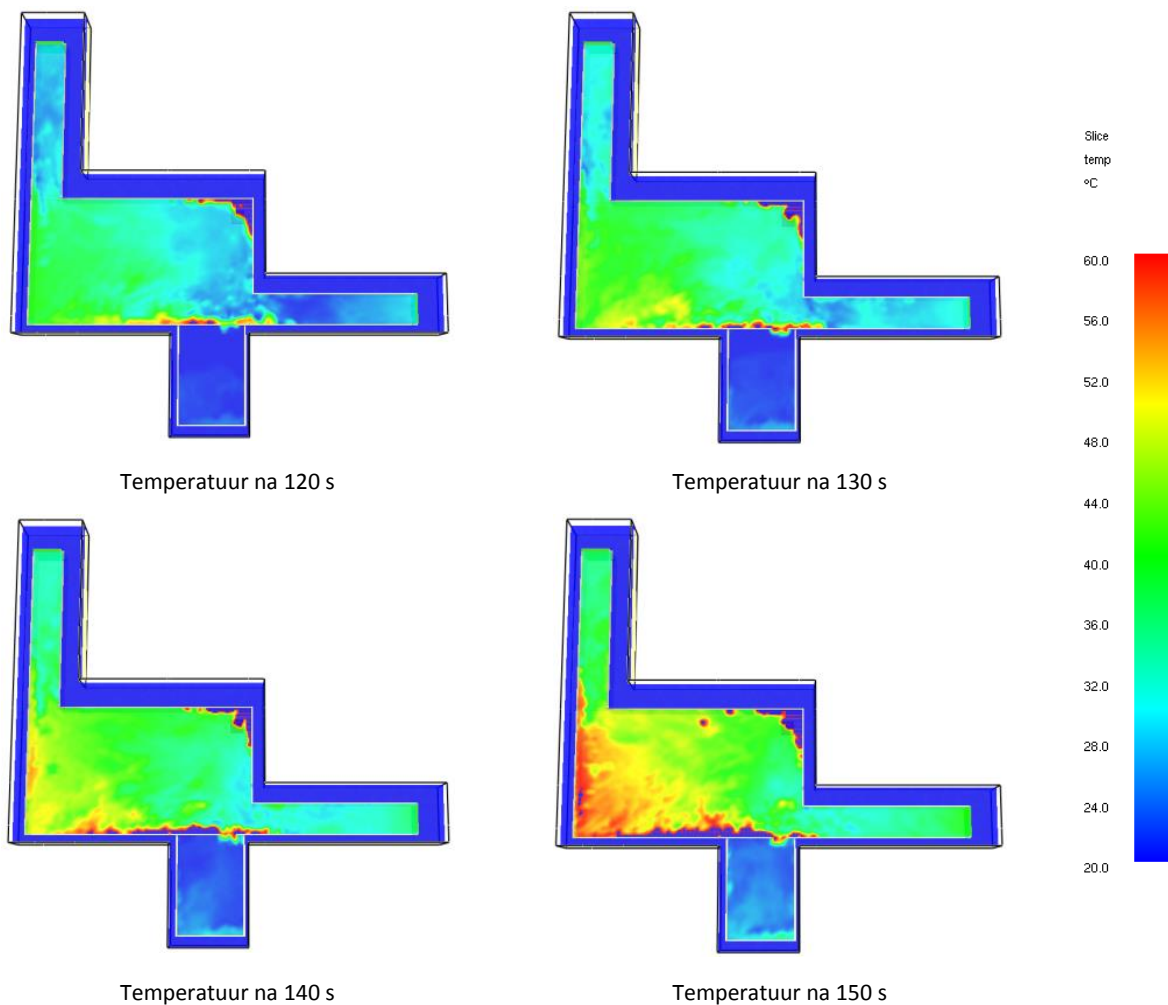
Opgelet: De gradatie van de zichtbaarheid wordt weergegeven door de volgende opeenvolgende kleuren: rood (zeer goede zichtbaarheid) – geel - groen – blauw (zeer slechte zichtbaarheid).



Figuur 62: Zichtbaarheid ter plaatse van de deuropening van de kamer (verticale snede)

Uit de bovenstaande figuren blijkt duidelijk dat - op hetzelfde tijdstip - de rookvrije hoogte ter plaatse van de deuropening veel lager is dan deze in de kamer. Het is slechts op het moment dat een uniforme rooklaag bekomen wordt in het volledige compartiment, i.e. gemeenschappelijke ruimte, evacuatiweg en kamer, dat de rookvrije hoogte identiek is. Er dient wel opgemerkt te worden dat de rooklaag in de gemeenschappelijke ruimte tussen 130 en 140 seconden enorm zakt doordat de rooklaag in die tijdspanne teruggekeerd is van de gesloten uiteinden van de evacuatiweg.

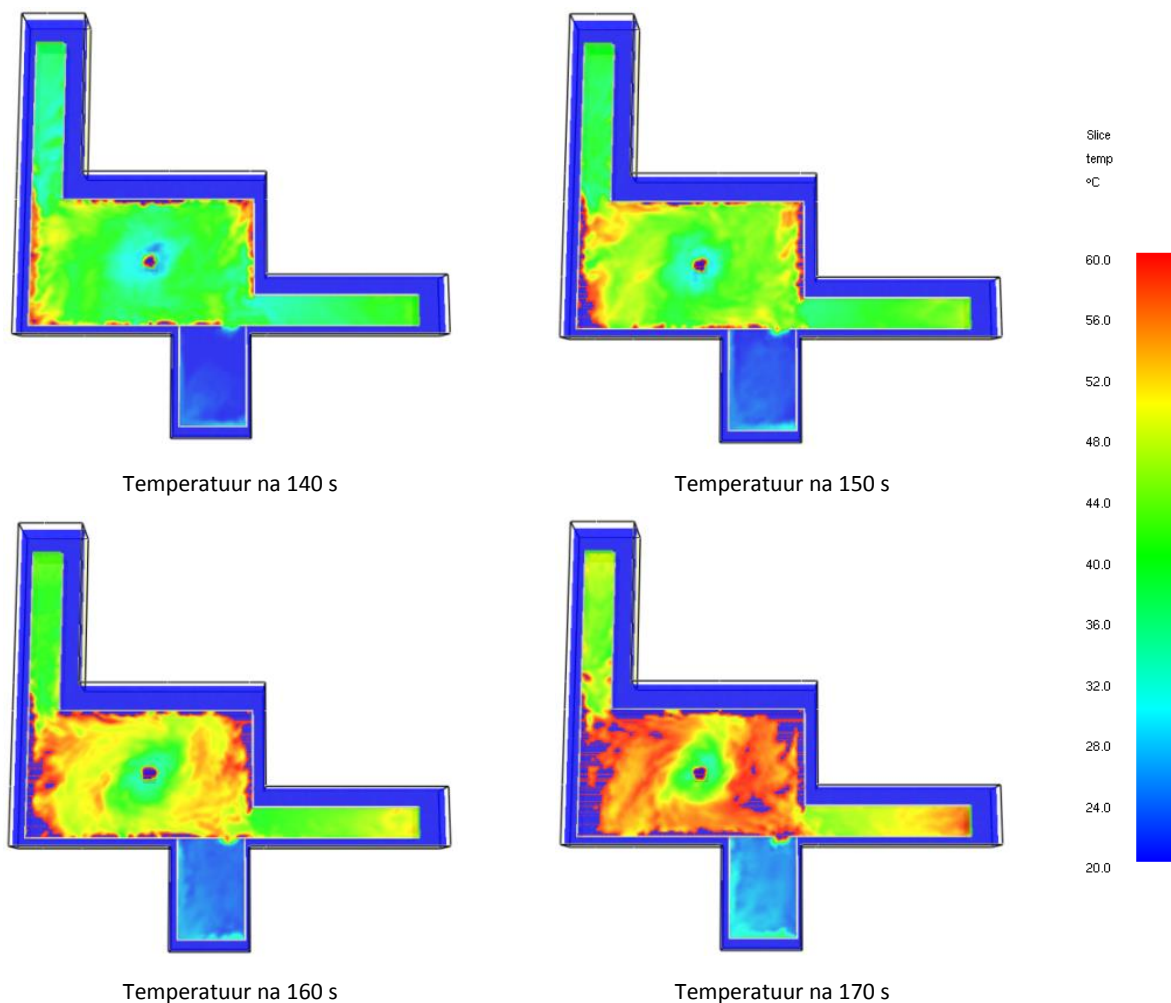
De resultaten bekomen voor de temperatuur op een hoogte van 1,8 m worden hieronder weergegeven (brand in de hoek):



Figuur 63: Temperatuur in de kamer die uitgeeft op de gemeenschappelijke ruimte (brand in het midden)

Uit de bovenstaande figuren kan vastgesteld worden dat de temperatuur van de rooklaag in de kamer op een hoogte van 1,8 m ca. 25 à 30°C bedraagt, terwijl de temperaturen in de evacuatiwegen ca. 50 °C bedragen. Bij deze figuren kan ook vastgesteld worden dat er geen sprake is van een uniforme temperatuur en dat deze afhankelijk is van de geometrie van het compartiment. Zo is de temperatuur in de hoek van het compartiment veel groter aangezien de rook daar niet weg kan.

De resultaten bekomen voor de temperatuur op een hoogte van 1,8 m worden hieronder weergegeven (brand in het midden):



Figuur 64: Temperatuur in de kamer die uitgaat op de gemeenschappelijke ruimte (brand in het midden)

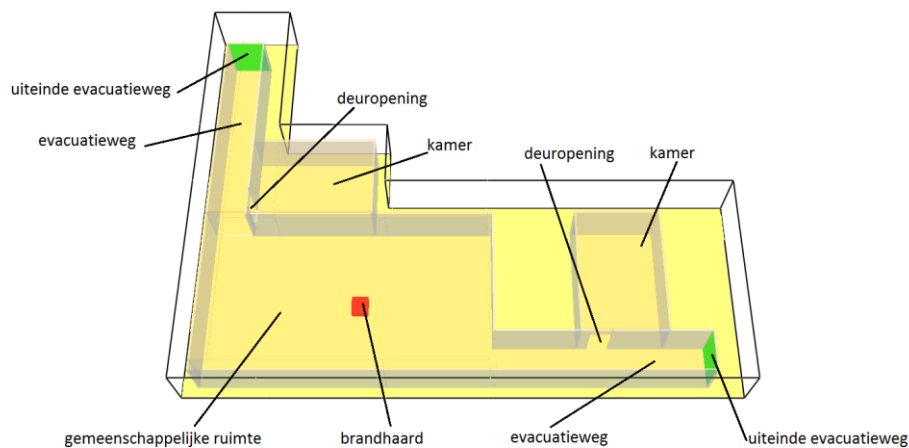
De temperatuur in de kamer in het geval van een brand in het midden van de gemeenschappelijke ruimte is gelijkaardig aan deze bekomen in het geval van een brand in de hoek. Enkel het tijdstip is verschillend (verschil van ca. 10 seconden).

5.2.2.5 Kamers die uitgeven op de evacuatiweg

De rookverspreiding in de kamers die uitgeven op de evacuatiwegen wordt onderzocht.

De basisconfiguratie voor deze simulaties is een gemeenschappelijke ruimte (lengte x breedte x hoogte: 13,8 x 7,8 x 2,5 m), aan twee zijden voorzien van een evacuatiweg (lengte x breedte x hoogte: 10 x 1,8 x 2,5 m) met gesloten deuren aan de uiteinden. Twee kamers (lengte x breedte x hoogte: 6 x 4 x 2,5 m) geven uit op de evacuatiwegen en zijn voorzien van een opening (breedte x hoogte: 1 x 2 m). Deze opening simuleert een deur die open staat.

Deze basisconfiguratie wordt weergegeven in de onderstaande figuur (met de brandhaard in het midden van de gemeenschappelijke ruimte):



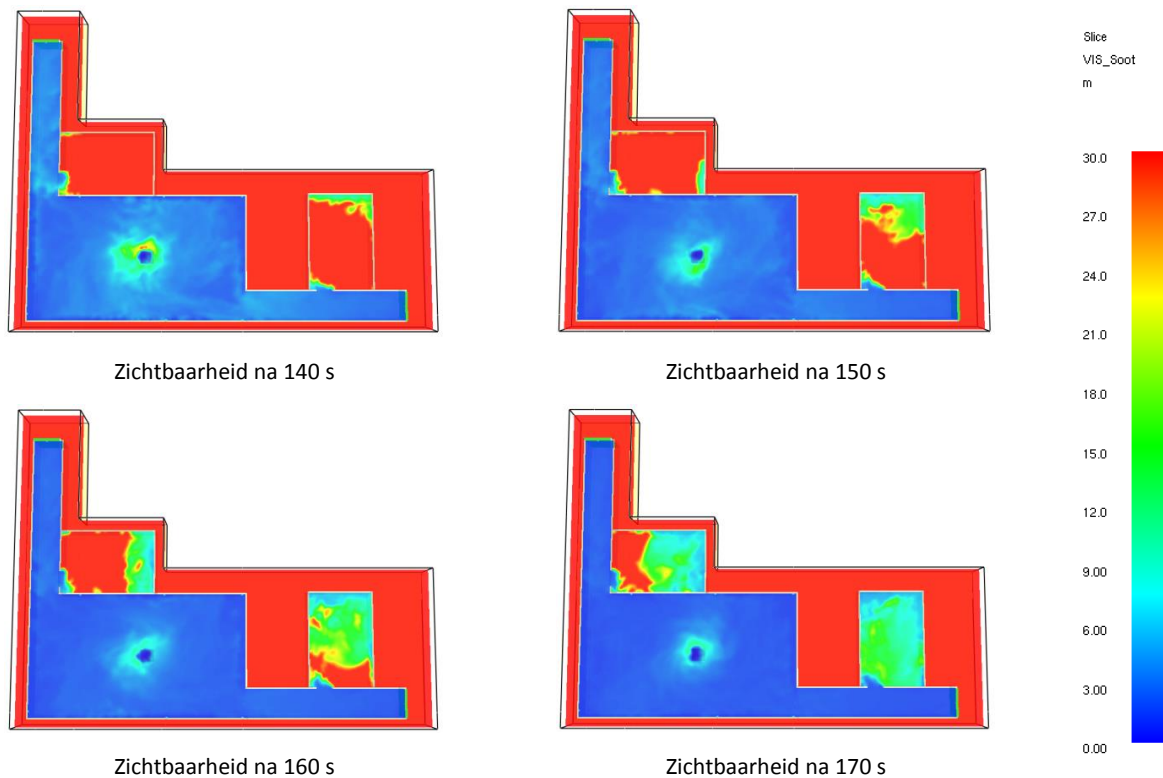
Figuur 65: Basisconfiguratie simulatie rookverspreiding in kamers die uitgeven op de evacuatiwegen

Tijdens deze simulaties zijn onderstaande aannames gedaan:

- Het brandvermogen is een medium αt^2 -curve (i.e. $\alpha = 0,0117 \text{ kW/s}^2$) die niet afgetopt wordt. Dit wordt gedaan om de rookverspreiding op bepaalde tijdstippen te kunnen bekijken zonder dat de invloed van de activatie van de automatische blussing in rekening gebracht wordt.
- De brandhaard bevindt zich in het midden van de gemeenschappelijke ruimte. Zoals weergegeven in de tabel van Figuur 58, bedraagt de activatietijd 143 seconden in het geval van een medium αt^2 -curve. Om die reden worden de resultaten van de simulaties pas weergegeven na 140 seconden in het geval van een brand in het midden.
- De omgevingstemperatuur bedraagt 20 °C.
- De vermogensdichtheid bedraagt 750 kW/m². De oppervlakte van de brandhaard bedraagt 0,8 x 0,8 m².
- De waarde van de "soot yield" (= roetgehalte) wordt vastgelegd op 0,1, d.w.z. dat er 0,1 kg roet geproduceerd wordt in de rooklaag per kg massaverlies van de brandstof.

De resultaten bekomen voor de zichtbaarheid op een hoogte van 1,8 m worden hieronder weergegeven (gesloten uiteinden).

Opgelet: De gradatie van de zichtbaarheid wordt weergegeven door de volgende oplopende kleuren: rood (zeer goede zichtbaarheid) – geel - groen – blauw (zeer slechte zichtbaarheid).

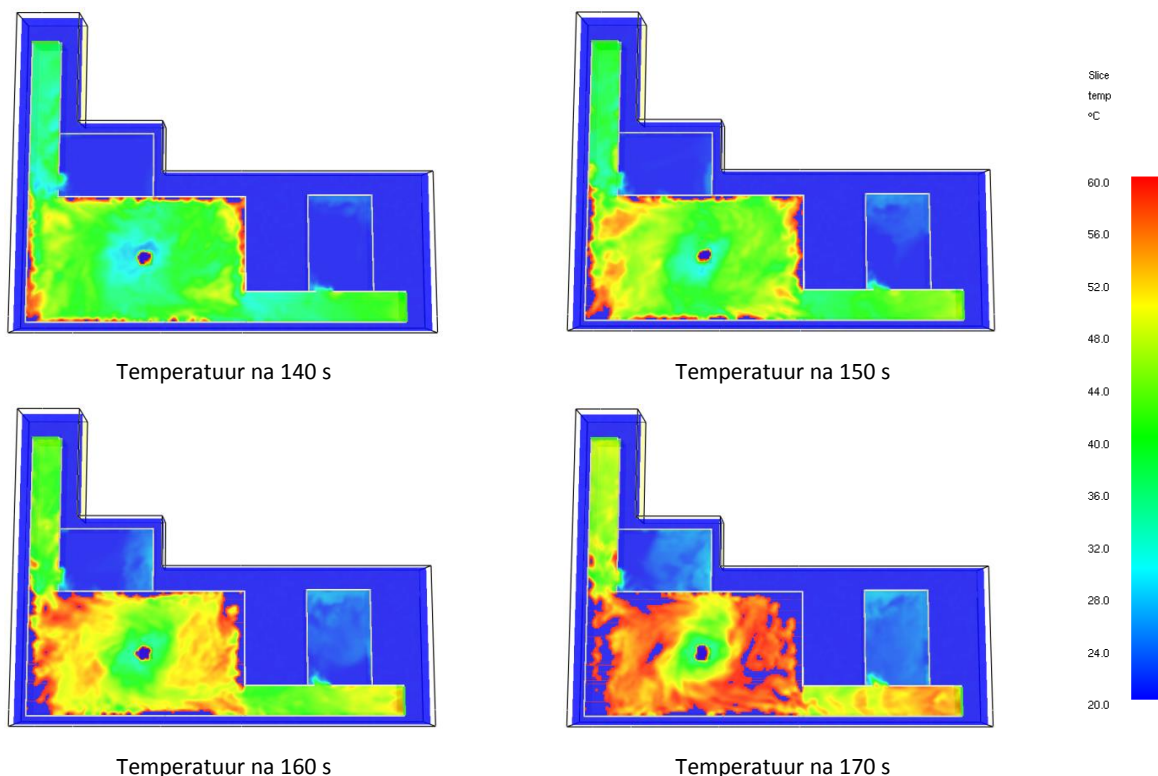


Figuur 66: Zichtbaarheid in de kamers die uitgeven op de evacuatiewegen (gesloten uiteinden)

Ook hier vullen de kamers zich met rook op een gelijkaardig manier als in de kamer die zich in de gemeenschappelijke ruimte bevindt. Dit heeft vooral te maken met het feit dat de uiteinden van de evacuatiewegen gesloten zijn.

Zoals reeds eerder vermeld, is de rookverspreiding ter plaatse van de uiteinden van een evacuatieweg verschillend indien deze uiteinden open of gesloten zijn. In het geval van een gesloten uiteinde of indien de hoogte van de opening kleiner is dan de hoogte van de evacuatieweg, wordt de rooklaag in de evacuatieweg sneller gevormd. Dit resulteert in een lagere rookvrije hoogte in de evacuatieweg, waardoor er sneller rookverspreiding in de kamers mogelijk is. In het geval van een open uiteinde, i.e. de hoogte van de opening is gelijk aan de hoogte van de evacuatieweg, zal de hoogte van de kamer bepalend zijn of er rookverspreiding mogelijk is, aangezien de rookvrije hoogte in de evacuatieweg min of meer constant blijft.

De resultaten bekomen voor de temperatuur op een hoogte van 1,8 m worden hieronder weergegeven (gesloten uiteinden).



Figuur 67: Temperatuur in de kamers die uitgeven op de evacuatiewegen (gesloten uiteinden)

De temperaturen in deze kamers zijn gelijkaardig aan de temperaturen in de kamer die uitgeeft in de gemeenschappelijke ruimte. Zoals hierboven beschreven bij de conclusies omtrent de zichtbaarheid, heeft dit te maken met de gesloten uiteinden van de evacuatiewegen.

5.2.2.6 Rookontwikkeling na activatie van de automatische blussing

Een automatische blussing zal zorgen voor een enorme reductie van de HRR van de brandhaard. Zoals gebleken is uit de praktijktesten waarin een automatische blussing toegepast werd, is de brandhaard nooit volledig gedoofd waardoor kan verondersteld worden dat er nog steeds rookproductie plaatsvindt. Het is immers slechts op het moment dat de brandhaard volledig gedoofd is, dat kan aangenomen worden dat rookontwikkeling niet meer mogelijk is.

In de bovenstaande paragrafen werd onderzocht wat de rookverspreiding is tot op het moment van de activatie van de automatische blussing. In deze paragraaf wordt onderzocht wat de resterende rookontwikkeling kan zijn na activatie van de automatische blussing. De karakteristieken van de brandhaard zullen immers veranderen onder invloed van de automatische blussing zoals hieronder weergegeven:

- Vóór de activatie van de automatische blussing is de HRR-curve van de brandhaard afhankelijk van het type materiaal en wordt deze voorgesteld als een αt^2 -curve. De rookproductie is eveneens afhankelijk van het type materiaal.
- Na de activatie van de automatische blussing is de HRR (evenals de vermogensdichtheid) enorm laag, maar is de rookproductie hoger aangezien geen volmaakte verbranding meer mogelijk is.

Tijdens de volgende simulaties zal dus onderzocht worden hoe de rookverspreiding zich manifesteert bij een zeer lage HRR en een hogere waarde voor de “soot yield”.

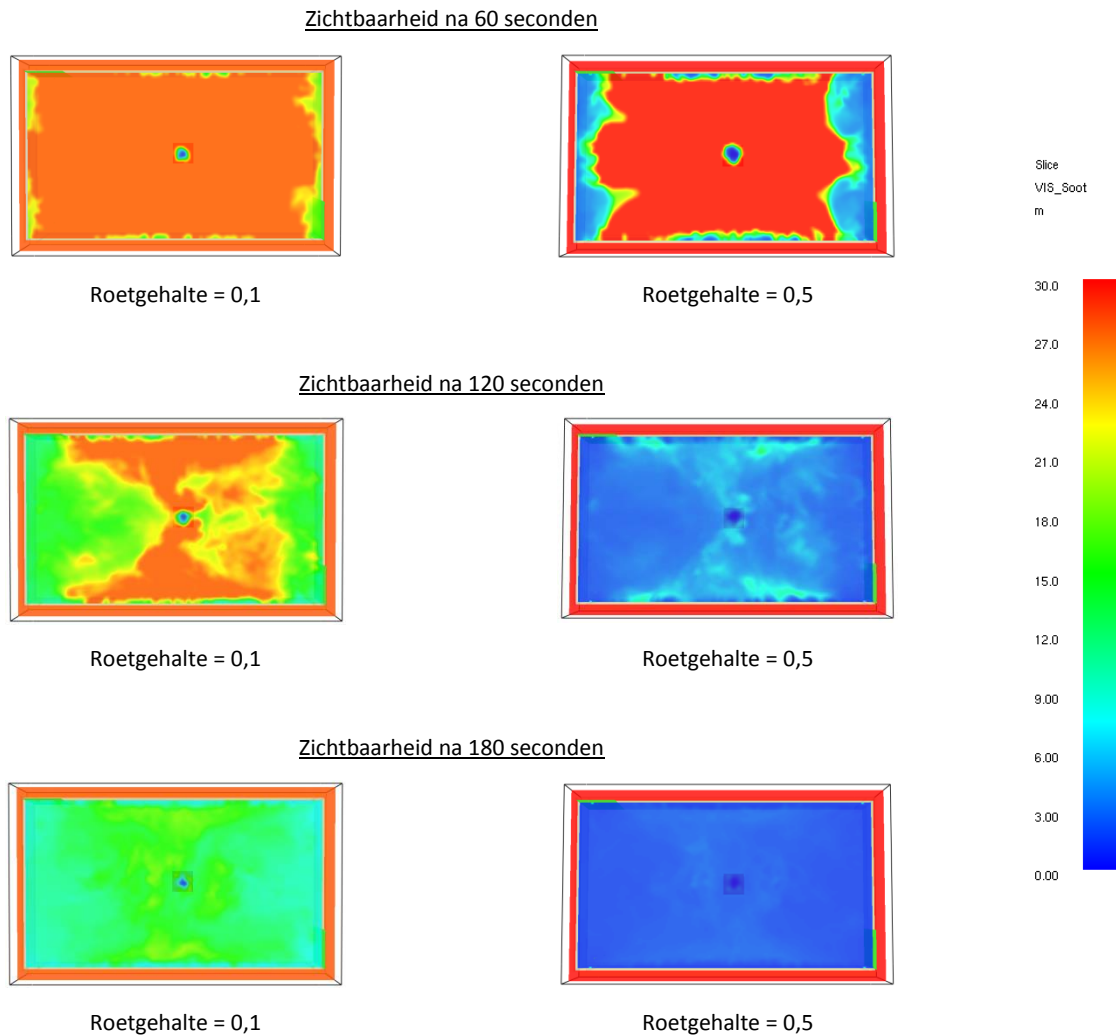
De basisconfiguratie voor deze simulaties is een gemeenschappelijke ruimte (lengte x breedte x hoogte: 14 x 8 x 2,5 m) voorzien van twee gesloten deuren.

Tijdens deze simulaties zijn onderstaande aannames gedaan:

- Er is geen rook aanwezig in de ruimte.
- De HRR is constant en bedraagt 10 kW.
- De brandhaard bevindt zich in het midden van het compartiment.
- De omgevingstemperatuur bedraagt 20 °C.
- De vermogensdichtheid bedraagt 10 kW/m². De oppervlakte van de brandhaard bedraagt 1 x 1 m².
- De waarde van de “soot yield” (= roetgehalte) wordt vastgelegd op 0,5. Een waarde (van het roetgehalte) van 0,1 wordt eveneens opgenomen in de simulaties teneinde een vergelijking te hebben tussen de waarden van het roetgehalte vóór en na de activatie van de automatische blussing.

In de onderstaande figuren wordt de zichtbaarheid op een hoogte van 1,8 m weergegeven.

Opgelet: De gradatie van de zichtbaarheid wordt weergegeven door de volgende oplopende kleuren: rood (zeer goede zichtbaarheid) – geel - groen – blauw (zeer slechte zichtbaarheid).



Figuur 68: Zichtbaarheid in het geval van een brandhaard met lage HRR en hogere rookproductie (brand in het midden)

Uit de bovenstaande figuren is de invloed van het roetgehalte duidelijk. De temperaturen in het compartiment stijgen slechts enkele graden, terwijl de zichtbaarheid na enkele minuten reeds enorm gereduceerd is.

Er dient opgemerkt te worden dat deze rookproductie bijkomend aan de reeds aanwezige rook dient toegevoegd te worden. In de bovenvermelde simulaties is immers verondersteld dat de ruimte volledig rookvrij is bij de start van de simulaties.

5.2.2.7 Conclusies

Het compartiment waarin de brandhaard zich bevindt, vult zich zeer snel met rook. Hoe kleiner de afmetingen van deze ruimte, hoe sneller deze rooklaag zal zakken. Er dient wel opgemerkt te worden dat de geringe gebruikshoogte van de bouwlaag, nl. 2,5 m, hier ook een grote invloed op heeft.

Kamers die uitgeven op de gemeenschappelijke ruimte worden zeer snel gevuld met rook. Kamers die uitgeven op de evacuatiewegen worden op een later tijdstip gevuld met rook afkomstig van de gemeenschappelijke ruimte. Dit later tijdstip is afhankelijk van de afstand tot de gemeenschappelijke ruimte, de hoogte van de deuren ten opzichte van de gebruikshoogte van de bouwlaag en het al dan niet open zijn van de uiteinden van de evacuatiewegen.

De karakteristieken van de brandhaard wijzigen onder invloed van de automatische blussing. Zolang de brandhaard niet volledig gedoofd is, zal deze rook blijven produceren. De temperatuur (en snelheid) van deze rooklaag is echter laag, waardoor deze zich niet zo ver zal verspreiden in vergelijking met de rook afkomstig van de initiële brandhaard.

5.2.3 Toepassen van een aangepast ventilatiedebiet in combinatie met sprinklers

5.2.3.1 Opzet van de bijkomende simulaties

De praktijktest waarbij een combinatie van een ontrokingssysteem en een automatisch blussysteem toegepast werd, behaalde goede resultaten. Het ontrokingssysteem had echter een heel groot afvoerdebiet. Tijdens deze simulaties wordt onderzocht of een bestaand ventilatiesysteem kan aangepast worden om de ruimte rookvrij te krijgen.

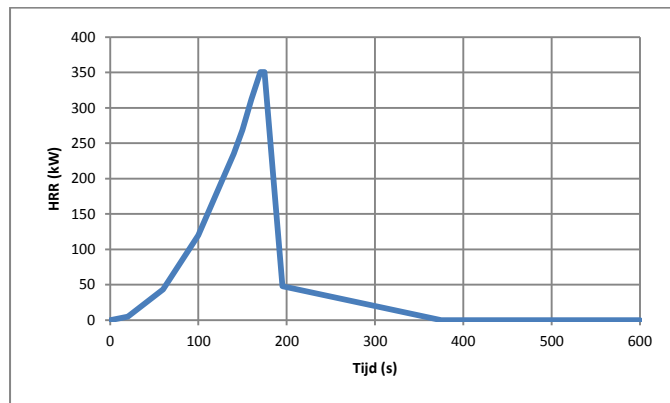
Er werd door de stuurgroep beslist om de temperatuur evenals de zichtbaarheid (op een hoogte van 1,8 m) te onderzoeken.

5.2.3.2 Bepaling van de HRR-curve in het geval van activatie van de automatische blussing

De invloed van de automatische blussing op de HRR-curve wordt in de simulaties weergegeven door het opstellen van een aangepaste HRR-curve van de brandhaard.

In de onderstaande simulaties wordt verondersteld dat de brand zich in het midden van de gemeenschappelijke ruimte bevindt, aangezien aangetoond is dat hierbij een latere activatie bekomen wordt (zie § 5.2.2.3). Op basis van de Tabel in Figuur 58 kan besloten worden dat het niet mogelijk is om één bepaald tijdstip te bepalen voor de activatie van het automatisch blussysteem en dient een veiligheidsmarge ingevoerd te worden. In deze tabel werden waarden tussen 143 en 170 seconden bekomen. Om conservatieve redenen wordt geopteerd om te veronderstellen dat de activatie na 170 seconden plaatsvindt.

De aangepaste HRR-curve (gebaseerd op de medium αt^2 -curve) in het geval van een brand in het midden van de gemeenschappelijke ruimte wordt hieronder weergegeven:



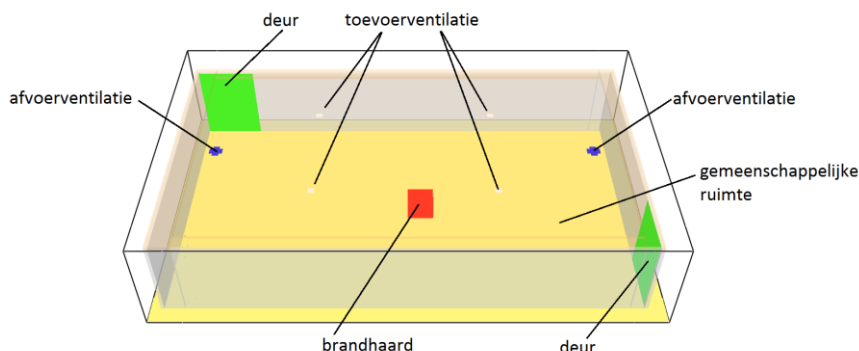
Figuur 69: Aangepaste HRR-curve ter simulatie van de invloed van de automatische blussing (brand in het midden)

Deze aangepaste HRR-curve is gebaseerd op de temperatuurs- en stralingsmetingen tijdens Proef 4bis. Er wordt verondersteld dat de brand volledig gedoofd is na 375 seconden. De invloed van het al dan niet volledig gedoofd zijn van de brandhaard wordt behandeld in § 5.2.3.6.

5.2.3.3 Ventilatie debieten in omgevingsvoorwaarden

Door een gespecialiseerd studie bureau werd berekend dat voor een volume gelijkaardig aan de gemeenschappelijke ruimte, nl. 250 m³, een verversingsdebiet van 7,2 luchtverversingen per uur noodzakelijk is. Hierbij wordt het totale toe- en afvoerdebiet vastgelegd op 1800 m³/h, waarbij de doorsnede van elke toevoer 0,05 m² bedraagt en deze van elke afvoer 0,1 m².

De configuratie van het ventilatiesysteem wordt weergegeven in de onderstaande figuur:



Figuur 70: Basisconfiguratie simulatie aangepast ventilatie debiet in gemeenschappelijke ruimte

Volgens het studie bureau is het enkel mogelijk om een bestaand ventilatiesysteem aan te passen door een verdubbeling van de afvoerdebieten. Hogere afvoerdebieten zijn enkel mogelijk mits aanpassing aan het ventilatiesysteem. Tevens kunnen de bestaande afvoerkanalen niet aangewend worden voor de afvoer van de rook en dient een by-pass gerealiseerd te worden.

5.2.3.4 Afgesloten gemeenschappelijke ruimte

De ontroking wordt onderzocht indien de gemeenschappelijke ruimte zou afgesloten zijn van de evacuatiewegen. De ontwerpdebieten van het ventilatiesysteem zijn immers opgesteld op basis van het volume van deze ruimte.

De basisconfiguratie voor de simulaties is een gemeenschappelijke ruimte (lengte x breedte x hoogte: 14 x 8 x 2,5 m) voorzien van twee gesloten deuren.

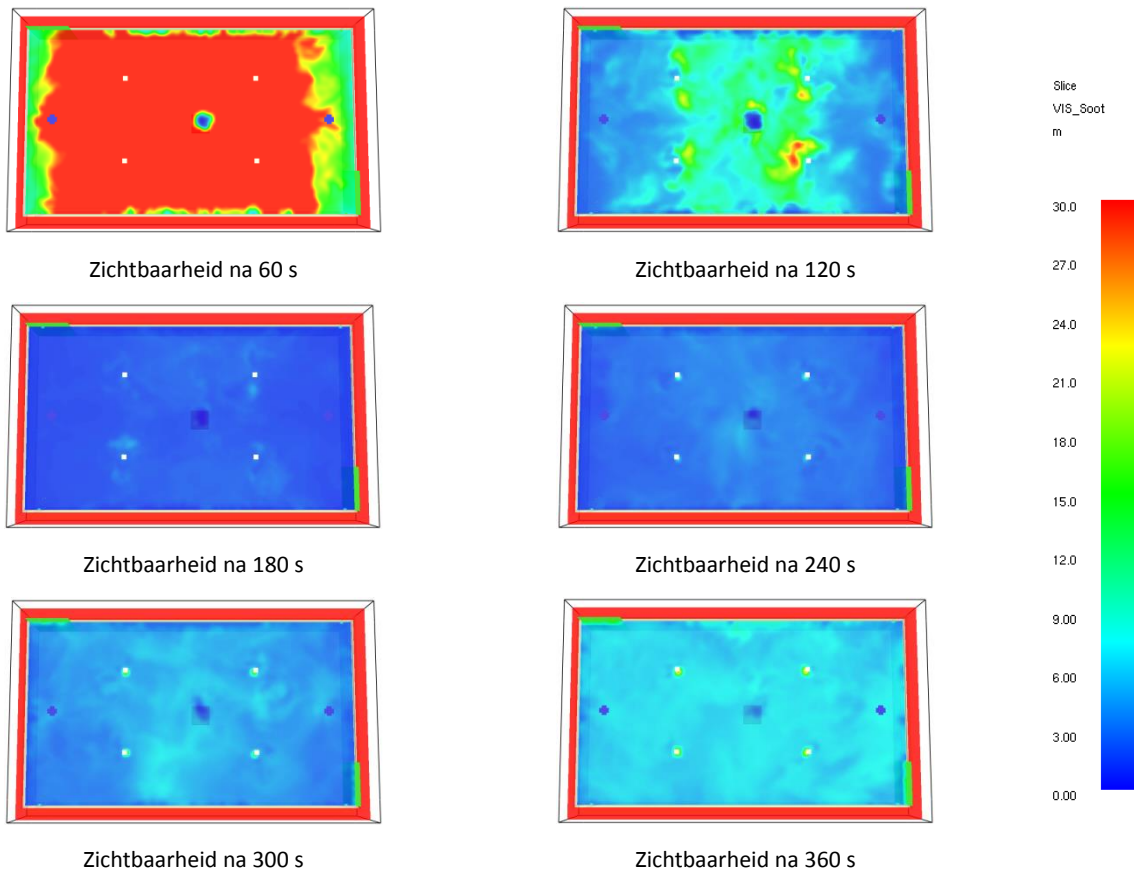
Tijdens deze simulaties worden onderstaande aannames gedaan:

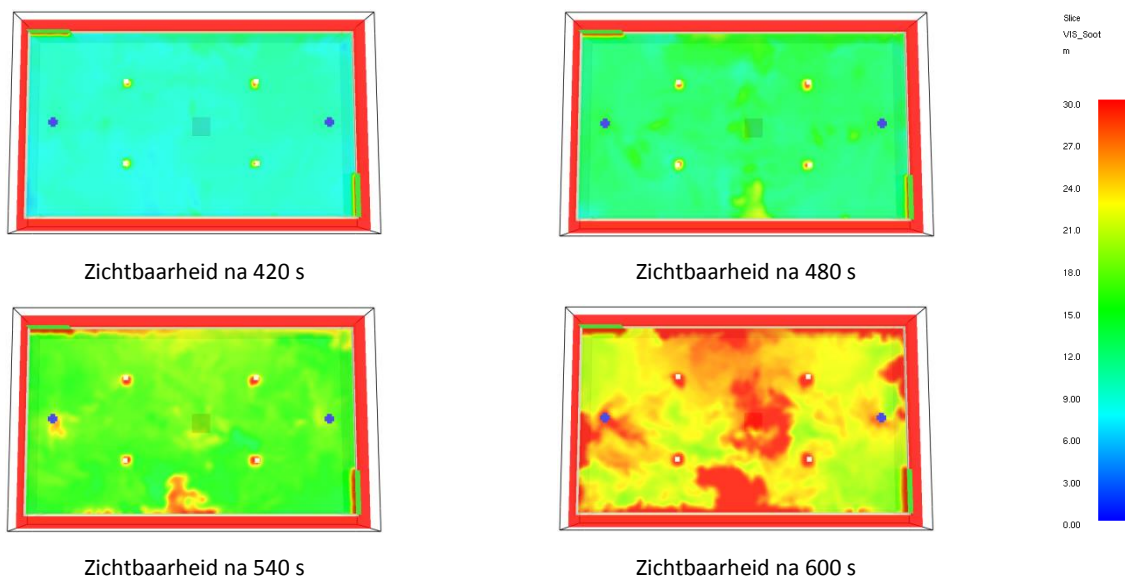
- De HRR-curve vermeld in § 5.2.3.2. wordt toegepast. Er wordt geen rekening gehouden met de eventuele invloed van het ventilatiesysteem op de activatietijd van de automatische blussing. Er wordt verondersteld dat de activatie na 170 seconden voldoende ruim gekozen is om deze invloed ook in rekening te brengen.
- De toevoerdebieten zijn dezelfde als bij omgevingsvoorwaarden (= 1800 m³/h), de afvoerdebieten zijn verdubbeld (= 3600 m³/h). De doorsnedes van de ventilatoren zijn dezelfde als deze beschreven in § 5.2.3.3. De locatie van de toevoer- en afvoerventilatoren is weergegeven in Figuur 70.

- Aangezien de ventilatiegebieten enorm klein zijn, wordt er geen rekening gehouden met de invloed van de druk op de ventilatiegebieten (zie ook § 5.1.3.3).
- De brandhaard bevindt zich in het midden van het compartiment.
- De omgevingstemperatuur bedraagt 20 °C.
- De vermogensdichtheid van de brandhaard bedraagt 750 kW/m², de oppervlakte van de brandhaard bedraagt 0,8 x 0,8 m².
- De waarde van de “soot yield” (= roetgehalte) wordt vastgelegd op 0,1, d.w.z. dat er 0,1 kg roet geproduceerd wordt in de rooklaag per kg massaverlies van de brandstof.

De resultaten bekomen voor de zichtbaarheid op een hoogte van 1,8 m worden hieronder weergegeven.

Opgelet: De gradatie van de zichtbaarheid wordt weergegeven door de volgende oplopende kleuren: rood (zeer goede zichtbaarheid) – geel - groen – blauw (zeer slechte zichtbaarheid).

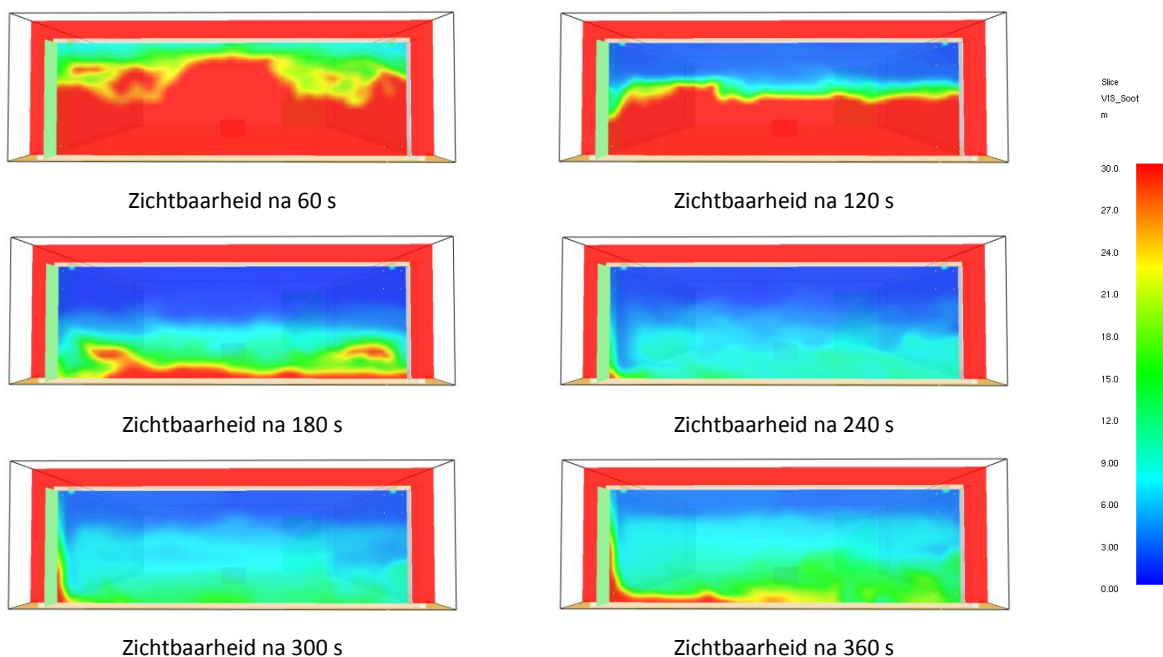


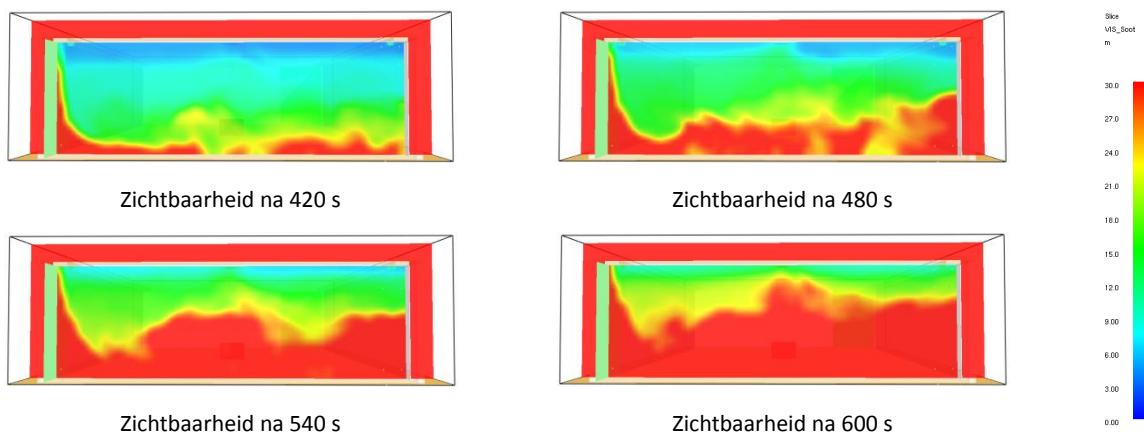


Figuur 71: Zichtbaarheid in de gemeenschappelijke ruimte bij een verdubbeling van de afvoerdebieten (op 1,8 m hoogte)

De resultaten bekomen voor de zichtbaarheid ter plaatse van de deur “links bovenaan” in Figuur 70 worden hieronder weergegeven (verticale snede).

Opgelet: De gradatie van de zichtbaarheid wordt weergegeven door de volgende oplopende kleuren: rood (zeer goede zichtbaarheid) – geel - groen – blauw (zeer slechte zichtbaarheid).

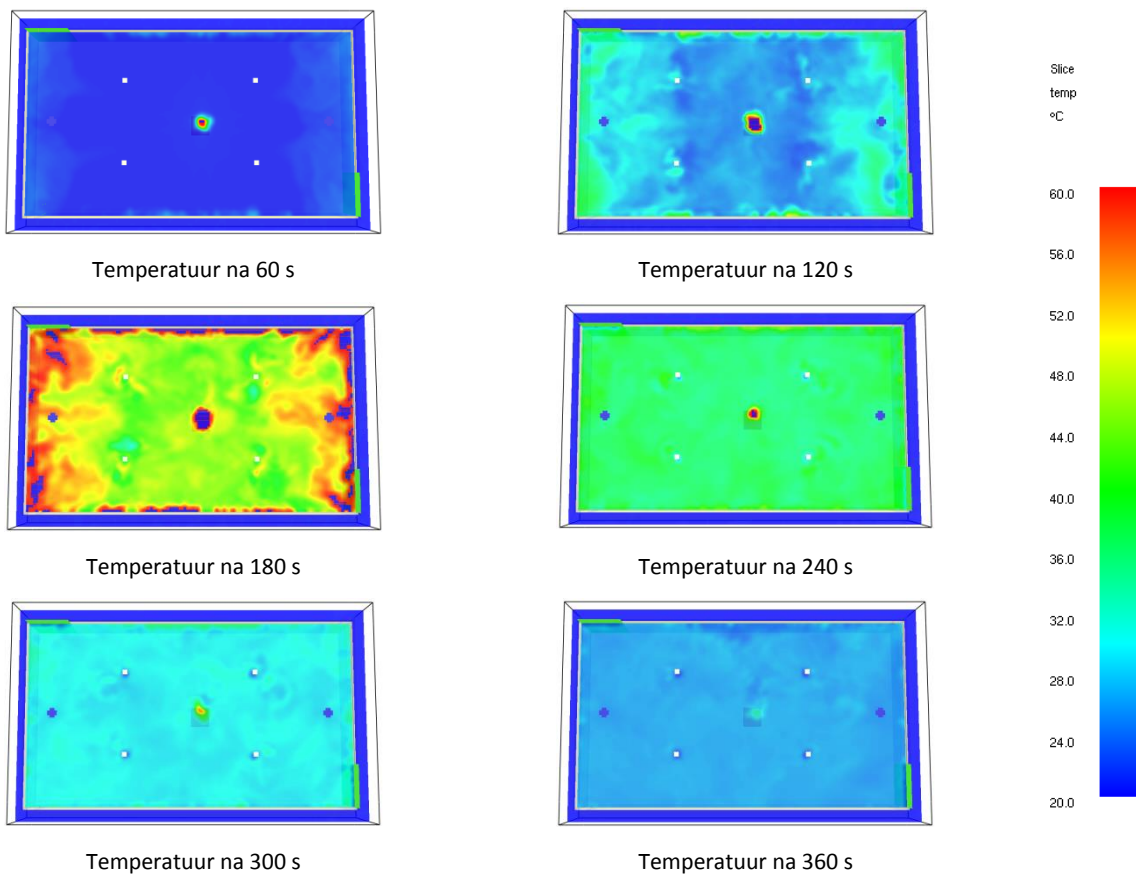


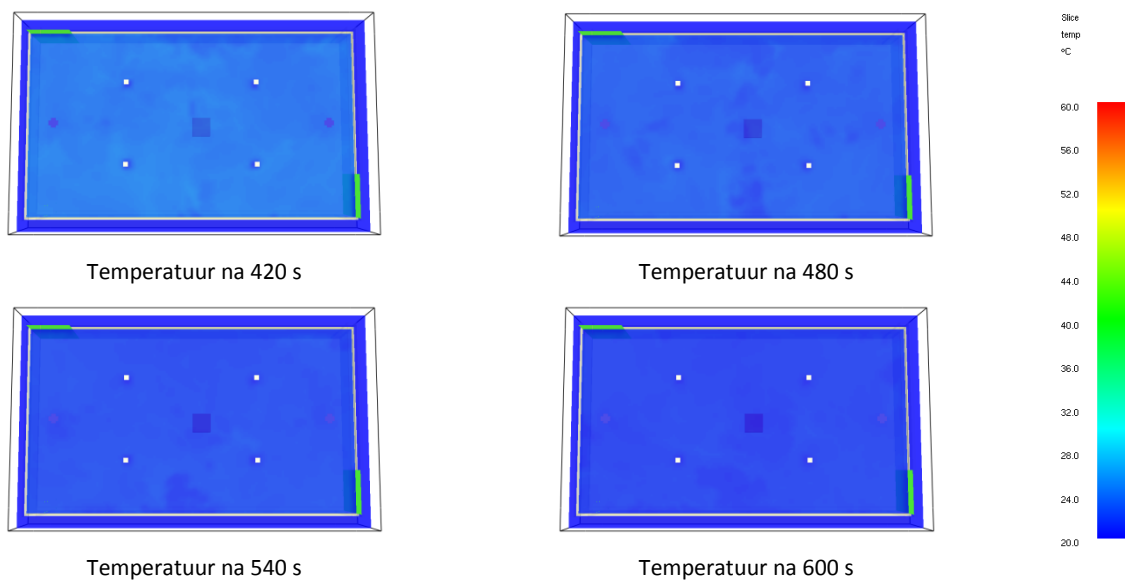


Figuur 72: Zichtbaarheid in de gemeenschappelijke ruimte bij een verdubbeling van de afvoerdebieten (verticale snede)

Uit de bovenstaande figuren kan vastgesteld worden dat de rooklaag reeds na een korte periode de vloer bereikt heeft. Het is pas van zodra het vuur volledig gedoofd is, dat de zichtbaarheid opnieuw begint toe te nemen.

De resultaten bekomen voor de temperatuur op een hoogte van 1,8 m worden hieronder weergegeven:





Figuur 73: Temperatuur in de gemeenschappelijke ruimte bij een verdubbeling van de afvoerdebieten (op 1,8 m hoogte)

Op basis van de bovenstaande figuren kan vastgesteld worden dat de temperaturen in de gemeenschappelijke ruimte relatief snel dalen van zodra de brand onder controle is, i.e. na activatie van het automatisch blussysteem.

5.2.3.5 Gemeenschappelijke ruimte en evacuatiewegen

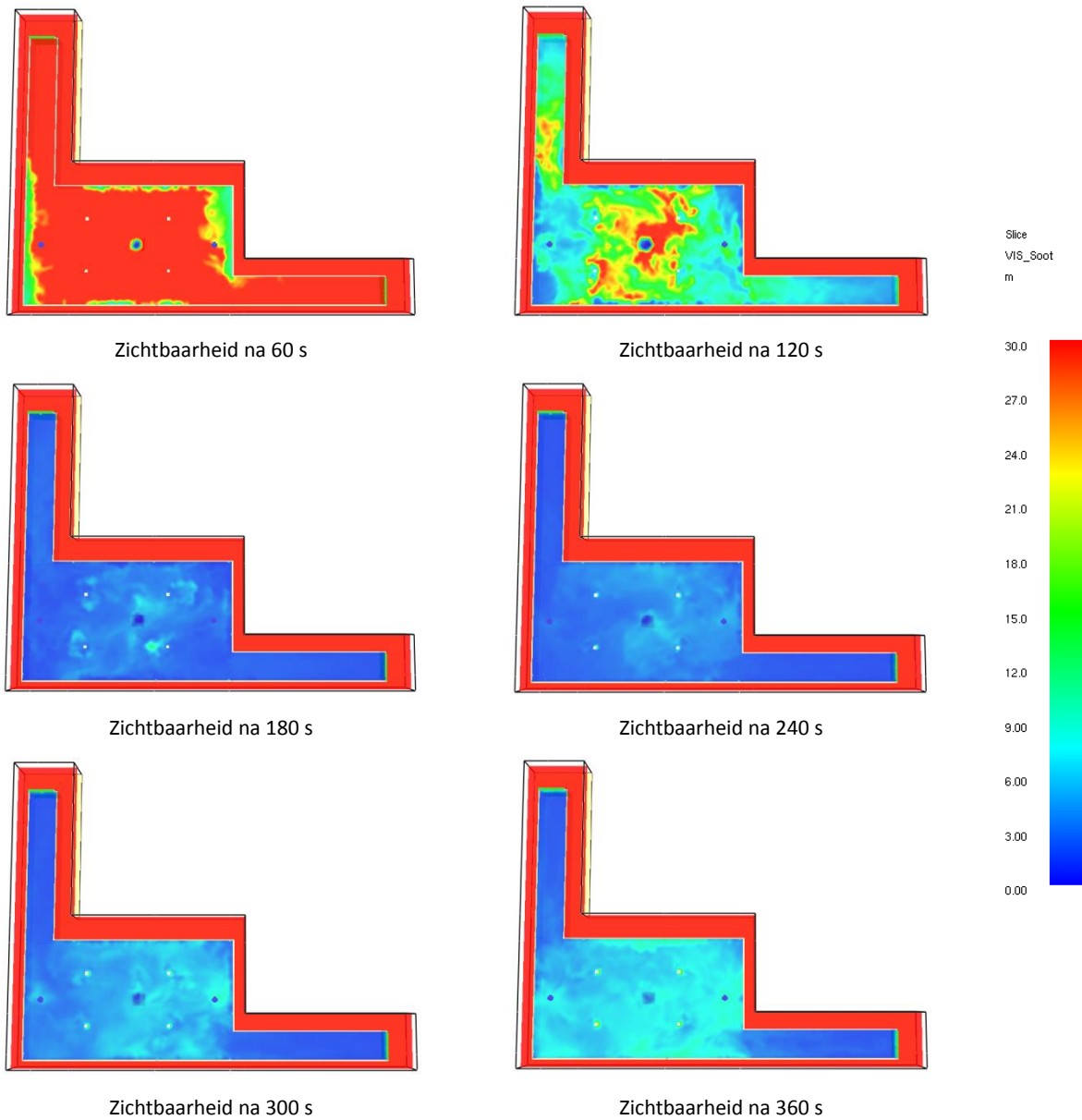
De ontroking wordt onderzocht indien de gemeenschappelijke ruimte niet zou afgesloten zijn van de evacuatiewegen.

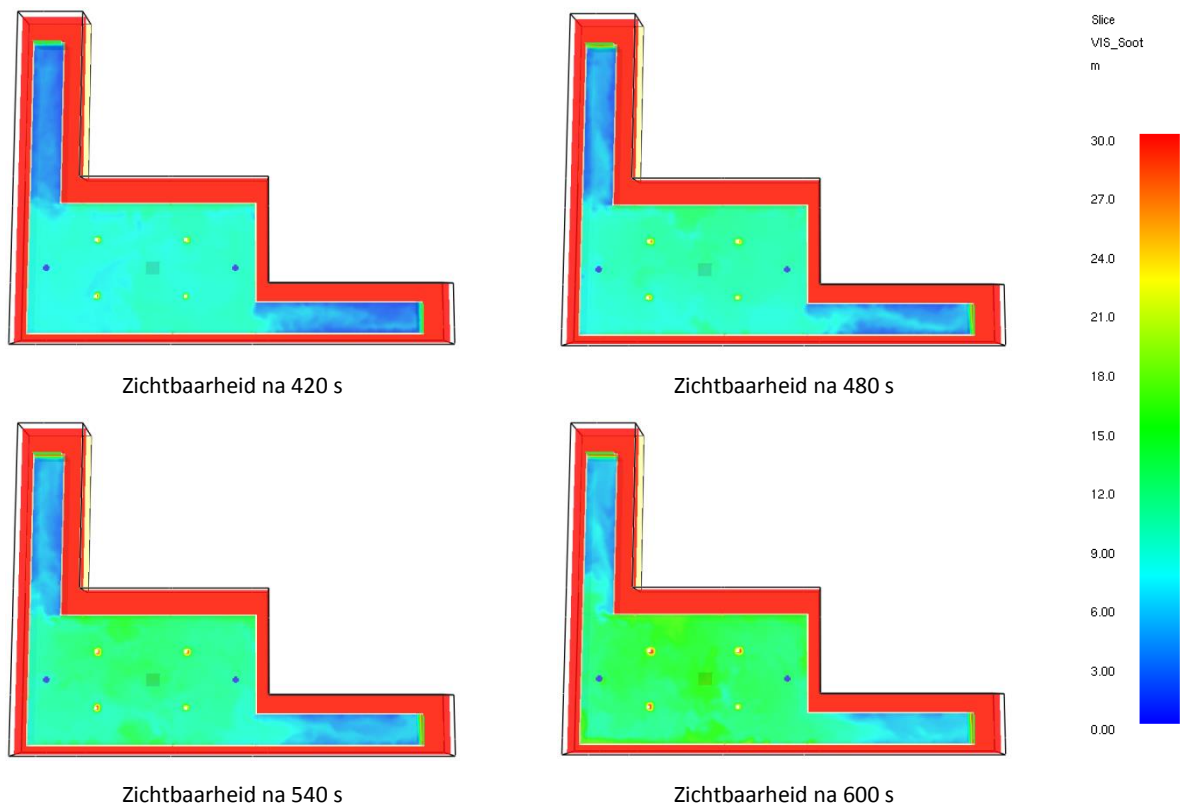
De basisconfiguratie voor deze simulaties is een gemeenschappelijke ruimte (lengte x breedte x hoogte: 13,8 x 7,8 x 2,5 m) aan twee zijden voorzien van een evacuatieweg (lengte x breedte x hoogte: 10 x 1,8 x 2,5 m) met gesloten deuren aan de uiteinden. De locatie van de toevoer- en afvoerventilatoren is weergegeven in Figuur 70.

Tijdens deze simulaties worden dezelfde aannames gedaan als beschreven in § 5.2.3.4.

De resultaten bekomen voor de zichtbaarheid op een hoogte van 1,8 m worden hieronder weergegeven.

Opgelet: De gradatie van de zichtbaarheid wordt weergegeven door de volgende oplopende kleuren: rood (zeer goede zichtbaarheid) – geel - groen – blauw (zeer slechte zichtbaarheid).





Figuur 74: Zichtbaarheid bij een verdubbeling van de afvoerdebieten (op 1,8 m hoogte)

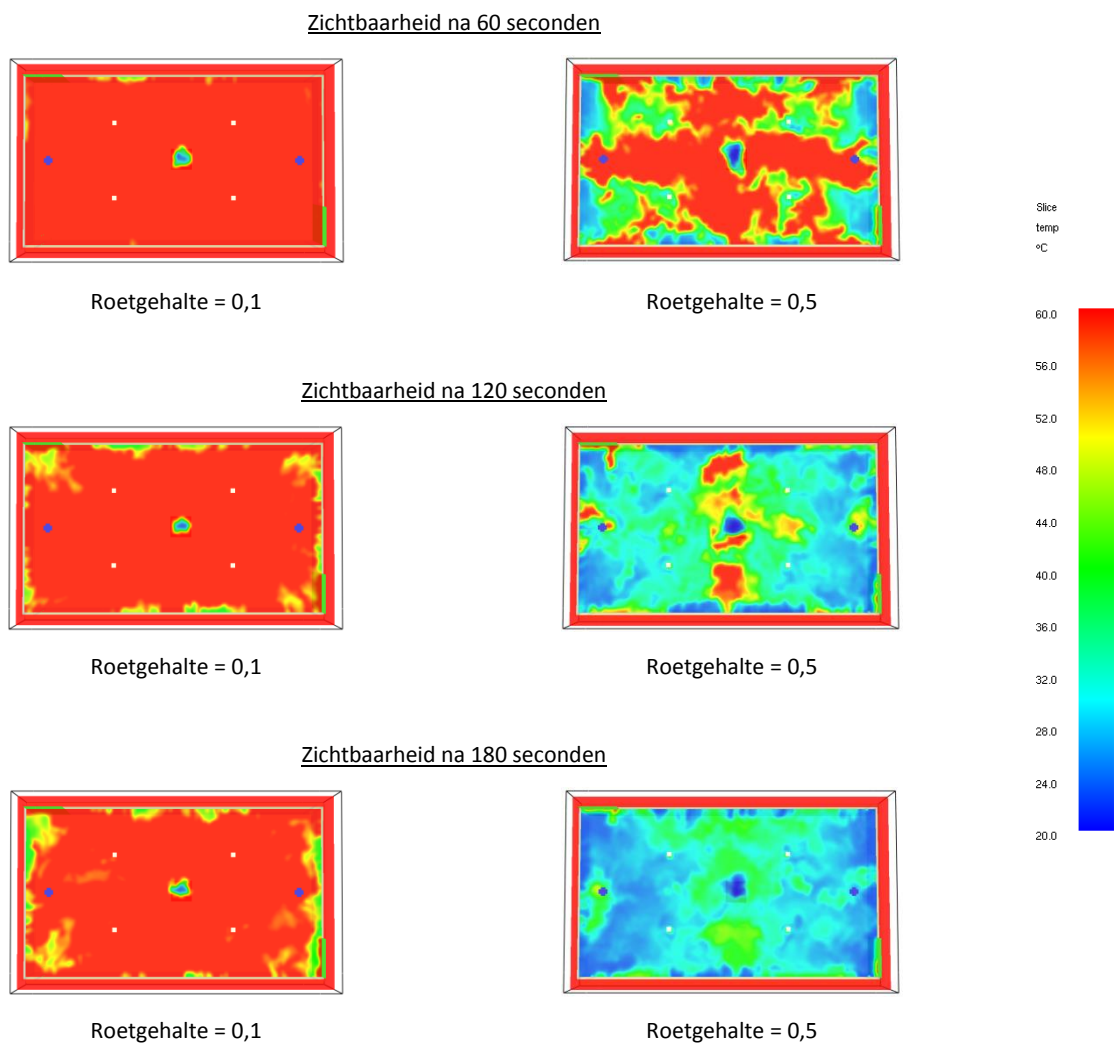
Gezien het grotere volume dat dient “ververst” te worden, is het logisch dat de zichtbaarheid slechter is dan in het geval van de afgesloten gemeenschappelijke ruimte. Tevens kan opgemerkt worden dat de zichtbaarheid in de gemeenschappelijke ruimte sneller beter wordt in vergelijking met de zichtbaarheid in de evacuatiewegen.

5.2.3.6 Rookontwikkeling na activatie van de automatische blussing

Er wordt onderzocht wat de resterende rookontwikkeling kan zijn na activatie van de automatische blussing. In deze simulaties wordt dezelfde configuratie toegepast als beschreven in § 5.2.2.6, echter met de toepassing van een aangepast ventilatiesysteem zoals beschreven in § 5.2.3.3.

In de onderstaande figuren wordt de zichtbaarheid op een hoogte van 1,8 m weergegeven.

Opgelet: De gradatie van de zichtbaarheid wordt weergegeven door de volgende opeenvolgende kleuren: rood (zeer goede zichtbaarheid) – geel - groen – blauw (zeer slechte zichtbaarheid).



Figuur 75: Zichtbaarheid in het geval van een brandhaard met lage HRR en hogere rookproductie (brand in het midden)

Alhoewel de HRR en de ventilatiedebieten constant zijn, blijft de zichtbaarheid verminderen. Hieruit kan afgeleid worden dat de rookproductie blijft bestaan zolang de brandhaard niet volledig gedoofd is.

5.2.3.7 Conclusie

Een aangepast ventilatiesysteem waarbij een afvoerdebiet toegepast wordt dat het dubbele bedraagt van het normale (of gangbare) ventilatiedebiet, is onvoldoende om – na activatie van de automatische blussing - de aanwezige rook af te voeren en de ruimte rookvrij te krijgen. Dit komt vooral door de relatief lage ventilatiedebieten die niet voldoende zijn om de rookproductie vóór en na de activatie van de automatische blussing af te voeren. Het is slechts op het moment dat de rookproductie volledig stopt dat de ruimte rookvrij kan gemaakt worden.

Tijdens de praktijktest (Proef 5) is wel aangetoond dat de toepassing van een volwaardig ontrokingssysteem in combinatie met een automatisch blussysteem resulteerde in snelle ontroking van de ruimte. Hiervoor is echter een aanpassing van het ventilatiesysteem noodzakelijk en dit was niet de opzet van de bijkomende simulaties. Een praktische uitwerking van dit systeem, i.e. de combinatie van een ontrokingssysteem met een automatische blussing, wordt niet behandeld in deze studie.

6 Het gewenste veiligheidsniveau (Fase III)

6.1 Doelstelling

In deze studie wordt de aanvangsfase van een brand onderzocht. Uit de analyse in § 2.1 is gebleken dat rook de meest bepalende factor is die een invloed heeft op de evacuerende personen en hun vluchtgedrag, zoals bv. vluchtvaardigheid, blootstellingsduur (kortstondig of langdurig), zichtbaarheid, paniek (irrationeel gedrag), loopsnelheid, doorstroomcapaciteit en uitgangkeuze.

Een voldoende graad van bescherming (= het gewenste veiligheidsniveau) wordt bekomen indien een veilige evacuatie naar een veilige plaats kan gerealiseerd worden. Een veilige evacuatie houdt in dat alle personen (zowel bewoners als personeel) die betrokken zijn bij de evacuatie in geval van brand, een veilige plaats kunnen bereiken waarbij blootstelling aan de gevolgen van rookontwikkeling, zoals hoge temperaturen (van de rooklaag), toxiciteit of verminderde zichtbaarheid, vermeden wordt.

Een veilige evacuatie wordt enkel bekomen indien de voor vluchten beschikbare tijd (ASET: Available Safe Egress Time) groter is dan de voor vluchten benodigde tijd (RSET: Required Safe Egress Time), waarbij:

- de ASET afhangt van de mate waarin het vluchten door de rookcondities gehinderd wordt. De ASET wordt bepaald op basis van de resultaten van de praktijktesten en de bijkomende CFD-simulaties;
- de RSET afhangt van meerdere factoren, waaronder de lay-out van het gebouw (aantal en locaties van uitgangen; configuratie van de kamers,...) en zijn gebruikers (zelfredzaam op mindervalide op mentaal en fysiek vlak). Bovendien is - in het geval van niet-zelfredzame gebruikers - het aantal personen dat kan assisteren bij de evacuatie eveneens een belangrijke parameter bij de bepaling van de RSET.

6.2 Veiligheidsniveau in de onderzochte landen

Zoals vermeld in § 2.2.7.4 is het bij een prescriptieve wetgeving niet (altijd) mogelijk om te achterhalen op welke criteria de prestatie-eisen gebaseerd zijn (zodat aan de functionele eisen voldaan wordt), terwijl bij een performantiële wetgeving het niet altijd duidelijk is hoe een gelijkwaardige graad van bescherming kan aangetoond worden. In dit laatste geval zijn er echter wel criteria opgesteld die kunnen "afgetoetst" worden om een gelijkwaardige graad van bescherming aan te tonen en aldus een veilige evacuatie te garanderen.

Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen een evacuatie onder een rooklaag (twee zone model) en een evacuatie door een rooklaag. In het eerste geval zijn vooral de rookvrije hoogte en de temperatuur van de rooklaag (meer in het bijzonder de stralingsflux) belangrijk, terwijl in het tweede geval de temperatuur van de rooklaag, de zichtbaarheid en de toxiciteit van de rooklaag een invloed kunnen hebben op het evacuatiegedrag.

Gezien de gebruikelijke hoogte van de bouwlagen in een woonzorgcentrum ca. 2,5 m bedraagt en in de onderzochte landen een minimale rookvrije hoogte van 2,5 m vereist wordt, zullen de criteria voor een evacuatie onder een rooklaag niet geëvalueerd worden.

In de literatuur werden onderstaande kritische waarden voor een veilige evacuatie door een rooklaag teruggevonden die van toepassing zijn voor alle types gebouwen en gezonde, volwassen, zelfredzame personen (zie ook § 2.2.2.4, § 2.2.5.4 en § 2.2.6.4):

- temperatuur (rooklaag):
Nederland: max. 70 °C;
het Verenigd Koninkrijk (PD 7974-6): max. 60 °C;
Zweden: max. 80 °C;
- zichtbaarheid:
Nederland:
 - min. 10 m voor ruimtes met beperkte afmetingen (bv. kamer);
 - min. 2 à 3 m voor een gang;het Verenigd Koninkrijk (PD 7974-6) en Zweden:
 - min. 10 m voor ruimtes groter dan 100 m²;
 - min. 5 m voor ruimtes kleiner of gelijk aan 100 m²;
- toxiciteit (op 2 m boven de vloer):
Zweden
 - CO < 2000 ppm;
 - CO₂ < 5 % ;
 - zuurstof (O₂) > 15 % .

Belangrijke opmerking:

In de bovenvermelde literatuur wordt niet vermeld welke kritische waarden dienen aangewend te worden in het geval van ouderen. Enkel onderstaande gegevens hieromtrent zijn teruggevonden:

- In het Nederlandse document [45, p. 84] wordt het volgende vermeld: “Naast de stoffen en de concentraties van de stoffen wordt de toxische invloed op de mens bepaald door de blootstellingsduur, de mate van ademhaling (inspanningsniveau) en de fysieke staat van de persoon: mensen zijn in verschillende mate gevoelig voor de toxische eigenschap van rook, mede afhankelijk van hun leeftijd en gezondheid.”
- In het Britse document [62, p. 18] wordt enkel vermeld dat de maximaal aanvaardbare waarden (in het geval van toxiciteit) véél lager dienen te zijn indien het “kwetsbare personen” betreft.

6.3 Invloed van rook op de evacuerende persoon

Rook kan op verschillende manieren een negatieve invloed hebben op de overlevingskansen van de evacuerende personen. Het betreft hier vooral:

- de temperatuur van de rooklaag;
- de verminderde zichtbaarheid;
- de toxiciteit van de rooklaag.

Deze parameters worden hieronder meer in detail besproken.

6.3.1 Temperatuur van de rooklaag

Er zijn drie manieren waarop een verhoogde temperatuur (van de rooklaag) een negatieve invloed kan hebben op de evacuerende persoon:

- hyperthermie (zeer snelle stijging van de lichaamstemperatuur);
- brandwonden op de huid;
- brandwonden in de luchtwegen (door het inademen).

Niet enkel de temperatuur zelf speelt hierbij een rol, maar eveneens de vochtigheid en de tijdsduur gedurende dewelke men aan een bepaalde temperatuur blootgesteld wordt.

Tenslotte is de ouderdom van de persoon ook belangrijk. Zo zijn kinderen en ouderen veel gevoeliger aan verhoogde temperaturen dan gezonde, volwassen personen [63, p. 27].

Belangrijke opmerking:

Zelfs indien de temperatuur van de rook lager is dan een aangenomen maximale waarde, wil dit niet zeggen dat deze rooklaag geen gevaar kan opleveren voor een evacuerende persoon. De temperatuur van de rooklaag houdt immers geen rekening met de toxiciteit van de rook, noch met de duur van de blootstelling (zie verder).

6.3.2 Verminderde zichtbaarheid

De zichtbaarheid bepaalt in grote mate hoe vlot een persoon de evacuatie kan uitvoeren. Indien een persoon immers blootgesteld wordt aan een rooklaag waardoor hij/zij geen zicht heeft op de evacuatieroute, zal hij/zij minder geneigd zijn door deze rooklaag te gaan en de evacuatie verder te zetten. Tevens kan desoriëntatie leiden tot paniek waardoor de evacuatie evenals de blootstellingstijd langer zal duren.

De zichtbaarheid wordt bepaald in functie van de dichtheid van de rooklaag, waarbij deze laatste dan weer gekenmerkt wordt door de roetproductie tijdens de brand. De roetproductie is afhankelijk van het type brandstof (materiaal dat in brand staat), maar ook van de ventilatiecondities. Zo kan in het laatste geval bij een gesloten compartiment een hogere roetproductie mogelijk zijn, aangezien de zuurstof ter plaatse van de brand lager is, wat resulteert in een minder goede verbranding.

Belangrijke opmerking:

Het spreekt voor zich dat een brand waarbij een hoge roetproductie aanwezig is, zal resulteren in een verminderde zichtbaarheid. Dit wil echter niet zeggen dat in het geval van een betere zichtbaarheid (bv. meer dan 10 m) er geen gevaar is voor de evacuerende persoon. De zichtbaarheid houdt immers geen rekening met de toxiciteit van de rook, noch met de duur van de blootstelling (zie verder).

6.3.3 Toxiciteit van de rooklaag (blootstelling aan toxische verbrandingsproducten)

Tijdens een brand is het onmogelijk om te voorspellen wat de eindproducten zullen zijn van de verbranding. Deze eindproducten zijn in de meeste gevallen toxisch en kunnen dus een gevaar opleveren voor de evacuerende persoon, bv. irritatie van de luchtwegen evenals van de ogen.

Het inademen van rook heeft altijd een negatieve invloed op de mens. Het hangt echter van meerdere factoren af of de evacuatie al dan niet succesvol kan uitgevoerd worden.

Er zijn momenteel meerdere internationale normen (bv. [63] en [64]) voorhanden die toxiciteit kwantificeren aan de hand van richtwaarden. Dit zijn waarden waarbij verondersteld wordt dat iemand de evacuatie kan verderzetten indien deze blootgesteld wordt aan een bepaalde hoeveelheid toxische rook. Dit kan zowel te maken hebben met de duur van de blootstelling (FED: Fractional Effective Dose) als met de concentratie van de toxische gassen (FEC: Fractional Effective Concentration).

In de praktijk wordt er echter bijna nooit rekening gehouden met de toxiciteit van de rooklaag omdat er wordt vanuit gegaan dat de evacuerende personen, i.e. gezonde, volwassen, zelfredzame personen, niet of slechts heel kort door rook dienen te evacueren. Indien echter een langdurige blootstelling mogelijk is, kan de toxiciteit van de rooklaag wel bepalend zijn om een evacuatie succesvol uit te voeren.

Belangrijke opmerking:

In de internationale normen [63] en [64] wordt vermeld dat de maximale dosis waaraan personen blootgesteld mogen worden enkel van toepassing is op het grootste gedeelte van de bevolking, i.e. gezonde, volwassen personen. In deze normen wordt benadrukt dat jongeren en ouderen buiten deze populatie vallen en bijzondere aandacht vragen. M.a.w. de vooropgestelde aanvaardbare dosissen dienen kritisch bekeken te worden en kunnen eventueel niet van toepassing zijn voor deze subgroep. Er zijn immers gevallen bekend van ouderen die pas enkele dagen na de blootstelling aan rook (tijdens een brand) gestorven zijn (zie § 2.1.1 van onderhavige studie – brand in ouderenvoorziening Rosenpark, Schotland).

6.4 Veiligheidsniveau in Vlaanderen

Bij het bepalen van de voor vluchten beschikbare tijd (ASET: Available Safe Egress Time) werd door de stuurgroep beslist om elke blootstelling aan rook te vermijden aangezien niet duidelijk kan bepaald worden in welke mate de invloed van rook (toxiciteit, oogirritatie, panische angst, ...) wel aanvaardbaar is voor ouderen (zie ook § 6.3). De verminderde zichtbaarheid en de temperatuur van de rook worden aldus niet in beschouwing genomen bij het bepalen van de ASET.

Tevens werd door de stuurgroep beslist om uit te gaan van niet-zelfredzame bewoners. Er wordt dus geen opdeling gemaakt tussen zelfredzame en niet-zelfredzame bewoners aangezien de samenstelling van de bewonersgroep in een ouderenvoorziening geen vast gegeven is.

Zoals beschreven in § 2.1.4 wordt bij ouderenvoorzieningen een horizontale evacuatie uitgevoerd. Dit houdt in dat de bewoners in eerste instantie geëvacueerd worden tot een veilige locatie op dezelfde verdieping. In deze studie zijn twee evacuatiestrategieën weerhouden, namelijk:

- evacuatie uit de kamer (via de evacuatiewegen):
 - al dan niet met behulp van het aanwezige personeel worden de bewoners uit hun kamer geëvacueerd naar een veilige locatie;
 - afhankelijk van de aanwezigheid van rook in de evacuatieweg kan al dan niet gesproken worden van een veilige evacuatie (= criterium voor het bepalen van de ASET);
- 'defend in place' (de bewoner blijft in de kamer):
 - de bewoners blijven in hun kamer (die afgesloten is) en wachten op het personeel en/of de brandweer die de evacuatie op een later tijdstip uitvoeren. Er wordt dus verondersteld dat de bewoners in hun kamer blijven totdat een evacuatie door een rookvrije evacuatieweg mogelijk is;
 - afhankelijk van de aanwezigheid van rook in de kamer kan al dan niet gesproken worden van een veilige evacuatie (= criterium voor het bepalen van de ASET).

6.5 Brandscenario's

Op basis van het vastgelegde veiligheidsniveau in Vlaanderen (zie § 6.4), wordt in de onderstaande paragrafen onderzocht welke maatregelen al dan niet nodig zijn om een veilige evacuatie te garanderen. Dit wordt onderzocht voor twee verschillende configuraties van de kamers in de ouderenvoorziening, i.e. evacuatie via de evacuatiewegen of evacuatie via de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte), en dit voor beide hierboven beschreven evacuatiestrategieën, i.e. evacuatie uit de kamer of 'defend in place'.

6.5.1 Aannames

Tijdens deze brandscenario's worden onderstaande aannames gedaan:

- De brand ontstaat in de gemeenschappelijke ruimte.
- Een evacuatie uit de gemeenschappelijke ruimte zelf wordt niet in beschouwing genomen. Er wordt dus verondersteld dat er in de gemeenschappelijke ruimte geen personen aanwezig zijn bij de aanvang van de brand. Bovendien zullen eventuele activiteiten in de gemeenschappelijke ruimte die een brandgevaar kunnen opleveren, steeds onder toezicht van het personeel gebeuren.
- De bewoners, i.e. niet-zelfredzame oudere personen, bevinden zich in de kamers.
- Ter plaatse van elke deelcompartimentsgrens (gemeenschappelijke ruimte, evacuatieweg of kamer) wordt een bij brand zelfsluitende deur toegepast. Dit kunnen deuren zijn die sluiten d.m.v. een automatisch ontgrendelingsmechanisme of deuren uitgerust met deursluiters met vrijloop. Het eerste type wordt eerder toegepast bij deuren tussen verschillende deelcompartimenten (die in de meeste gevallen open zijn), terwijl het andere type vooral gebruikt wordt bij de deuren van de kamers.
- Enkel tijdens de evacuatie worden de deuren ter plaatse van de compartimentsgrens verondersteld tijdelijk open te zijn.

- Het personeel is voldoende opgeleid om te kunnen assisteren in het geval van evacuatie en is voorbereid voor eventuele brandsituaties.
- De evacuatie begint ten vroegste 5 minuten na de aanvang van de brand.
- De tijd die één personeelslid nodig heeft om één niet-zelfredzame bewoner in veiligheid te brengen bedraagt ten minste 2 minuten (= RSET).
- De brand ontwikkelt zich als een medium αt^2 -curve (= normale brand), doch de invloed van een ander type brand (bv. brand gekenmerkt door een lage HRR, maar met een hoge “soot yield”) op een eventuele actieve brandbeveiligingsmaatregel (bv. automatische blussing) wordt eveneens in beschouwing genomen.
- De rookverspreiding via de eventuele ventilatiekanalen wordt niet onderzocht, m.a.w. er wordt verondersteld dat de ventilatiekanalen in de gemeenschappelijke ruimte en in de kamers gescheiden zijn van elkaar.

Bij het onderzoeken van de brandscenario's wordt rekening gehouden met de onderstaande gegevens:

- de conclusies van de praktijktesten en de bijkomende simulaties:
 - elke drukopbouw in de brandruimte resulteert in een rookverspreiding naar de aanliggende compartimenten;
 - de rooklaag in de brandruimte zakt reeds binnen enkele minuten zeer snel. Zelfs na activatie van een automatische blussing blijft deze rooklaag aanwezig. Een blootstelling aan eventuele toxische eigenschappen van de rooklaag kan dus niet vermeden worden. Tevens is de zichtbaarheid in de brandruimte enorm slecht;
- de invloed van een actief brandbeveiligingssysteem op de rookverspreiding:
 - het aanbrengen van een opening in de brandruimte:
Door het aanbrengen van een opening in de brandruimte wordt de drukopbouw enorm gereduceerd, maar deze gereduceerde drukopbouw is geen garantie op volledige verhindering van rookverspreiding naar aanliggende compartimenten. In combinatie met een rookwerende deur zal rookverspreiding naar aanliggende compartimenten wel verwaarloosbaar zijn. Er dient opgemerkt te worden dat het toepassen van deze opening in de brandruimte niet kan aangewend worden om de ruimte te ontroken. Hiervoor dient immers een ontrokingssysteem toegepast te worden.
 - het toepassen van een automatische blussing in de brandruimte:
Door het toepassen van een automatische blussing wordt de brand onder controle gehouden, doch blijft de brandruimte gevuld met rook. Er is slechts een geringe rookverspreiding mogelijk naar de aanliggende compartimenten, aangezien na de activatie van de automatische blussing een onderdruk in de brandruimte kan gegenereerd worden. De activatie van de automatische blussing is echter wel afhankelijk van de temperatuur van de rooklaag. Dit wil zeggen dat bv. bij een traag ontwikkelende brand (met een lage HRR) de rookverspreiding naar andere compartimenten niet verwaarloosbaar is zolang de automatische blussing niet geactiveerd is. In combinatie met een rookwerende deur zal de rookverspreiding naar aanliggende compartimenten wel verwaarloosbaar zijn.

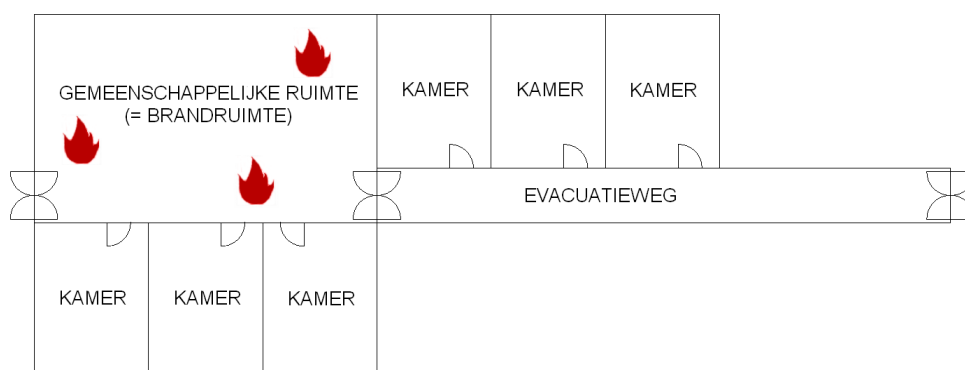
het toepassen van een rookwerende deur aan de compartimentsgrenzen:

De rookwerendheid van een deur wordt onderzocht tijdens een proef uitgevoerd volgens de EN 1634-3, waarbij de overdruk maximaal 50 Pa bedraagt (zie ook § 4.9.2). Tijdens Proef 2 werd echter vastgesteld dat de drukverschillen in de brandruimte groter kunnen zijn, namelijk ca. 120 Pa. Derhalve kan niet gegarandeerd worden dat er geen rookverspreiding is naar de aanliggende compartimenten. Enkel indien een maatregel genomen wordt om de drukopbouw te verminderen, i.e. toepassen van een automatische blussing of het aanbrengen van een opening in de brandruimte, zal de rookverspreiding naar de aanliggende compartimenten verwaarloosbaar zijn.

6.5.2 Basisconfiguratie

De basisconfiguratie bestaat uit een gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte) die gecompartmenteerd is van de evacuatiewegen. Er kunnen zowel kamers aanwezig zijn die uitgeven op de gemeenschappelijke ruimte als kamers die uitgeven op de evacuatieweg.

Een schematische weergave van deze basisconfiguratie wordt weergegeven in de onderstaande figuur:



Figuur 76: Schematische weergave van de basisconfiguratie voor de brandscenario's

Tijdens de brandscenario's worden de twee mogelijke configuraties van de kamers bekeken, nl. kamers die uitgeven op de gecompartmenteerde evacuatiewegen en kamers die uitgeven op de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte). Tevens worden de twee evacuatiestrategieën, i.e. evacuatie uit de kamer (via de evacuatiewegen) en 'defend in place' (de bewoner blijft in de kamer), behandeld.

6.5.3 Evacuatie uit een kamer die uitgaat op een gecompartmenteerde evacuatiweg

6.5.3.1 Evacuatie uit de kamer (via de evacuatiwegen)

6.5.3.1.1 Basisconfiguratie

Zoals vastgesteld tijdens Proef 2 wordt rookverspreiding in de evacuatiwegen niet verhinderd, indien een bij brand zelfsluitende brandwerende deur toegepast wordt ter plaatse van de deelcompartimentsgrenzen. Alhoewel de deur zich in gesloten toestand bevindt, zal de drukopbouw in de brandruimte ervoor zorgen dat de evacuatiwegen zich reeds snel met rook vullen.

Conclusie: Zowel het personeel als de bewoners worden blootgesteld aan mogelijks grote hoeveelheden (toxische) rook. Op basis van de resultaten van Proef 2 (praktijktest) kan er aangenomen worden dat een veilige evacuatie niet meer gerealiseerd kan worden ca. 5 à 7 minuten na aanvang van de brand en dit in het geval van een normale brand, i.e. medium αt^2 -curve (= ASET). Aangezien er echter aangenomen wordt dat een evacuatie ten vroegste kan aanvatten 5 minuten na de aanvang van de brand, kan besloten worden dat een veilige evacuatie niet gerealiseerd kan worden.

6.5.3.1.2 Verhinderen van de drukopbouw in de brandruimte

Het aanbrengen van een opening in een brandruimte of het toepassen van een automatische blussing zal zorgen voor een vermindering van de drukopbouw in de brandruimte. Een volledige vermindering van rookverspreiding naar de evacuatiweg is niet mogelijk. De rookverspreiding in de evacuatiwegen zal wel geringer zijn in vergelijking met de hierboven beschreven basisconfiguratie (zie § 6.5.3.1.1).

Conclusie: Zowel het personeel als de bewoners worden blootgesteld aan mogelijks grote hoeveelheden (toxische) rook. Er kan aangenomen worden dat een veilige evacuatie niet meer kan gerealiseerd worden ca. 10 minuten na aanvang van de brand en dit in het geval van een normale brand, i.e. medium αt^2 -curve (= ASET). Aangezien er echter aangenomen wordt dat een evacuatie ten vroegste kan aanvatten 5 minuten na de start van de brand, zal het aantal veilig geëvacueerde personen gering zijn en is dit aantal zeer sterk afhankelijk van het aantal personeelsleden dat kan helpen bij de evacuatie.

6.5.3.1.3 Verhinderen van de drukopbouw in de brandruimte in combinatie met een rookwerende deur ter plaatse van de grens van de brandruimte

Indien de drukopbouw in de brandruimte verhinderd wordt door het aanbrengen van een opening in een brandruimte of het toepassen van een automatische blussing en er een rookwerende deur toegepast wordt ter plaatse van de verbinding van de gemeenschappelijke ruimte en de evacuatiweg, zal de rookverspreiding in de evacuatiwegen verwaarloosbaar klein zijn.

Conclusie: Het personeel heeft voldoende tijd om alle bewoners op een veilige manier te evacueren naar een veilige locatie aangezien ze in de evacuatiwegen blootgesteld worden aan een verwaarloosbare hoeveelheid rook.

6.5.3.1.4 Conclusie

Rekening houdend met de aannames vermeld in § 6.5.1 kan geconcludeerd worden dat wanneer een kamer uitgeeft op een evacuatiweg die gecompartmenteerd is van de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte), een veilige evacuatie via de evacuatiwegen kan gerealiseerd worden indien aan alle onderstaande voorwaarden voldaan is:

- aanwezigheid van goed opgeleid personeel;
- aanwezigheid van een automatische detectie in de gemeenschappelijke ruimte;
- aanwezigheid van een automatische blussing en/of een opening in de gemeenschappelijke ruimte;
- aanwezigheid van bij brand zelfsluitende rookwerende deuren ter plaatse van de verbinding van de gemeenschappelijke ruimte en de evacuatiwegen.

Zeer belangrijke opmerkingen:

- Bovenstaande conclusie is enkel geldig voor de aannames vermeld in § 6.5.1.
- Een goede werking van alle actieve brandbeveiligingsmaatregelen, i.e. automatische detectie, automatische blussing en het sluiten van de deuren, is cruciaal teneinde een veilige evacuatie te kunnen garanderen. Om die reden is onderhoud en periodieke controle op deze brandbeveiligingsmaatregelen noodzakelijk om de goede werking ervan te kunnen blijven garanderen.

6.5.3.2 'Defend in place' (de bewoner blijft in de kamer)

6.5.3.2.1 Basisconfiguratie

Zoals vastgesteld tijdens Proef 2 wordt rookverspreiding in de evacuatiwegen niet verhinderd, indien een bij brand zelfsluitende brandwerende deur toegepast wordt ter plaatse van de compartimentsgrenzen. Alhoewel de deur zich in gesloten toestand bevindt, zal de drukopbouw in de brandruimte er voor zorgen dat de evacuatiwegen zich reeds snel met rook vullen. Tijdens dezelfde proef werd echter ook vastgesteld dat de rookverspreiding in de kamer verwaarloosbaar is indien de deur van de kamer zich in gesloten toestand bevindt.

Conclusie: De bewoners worden in hun kamer blootgesteld aan een verwaarloosbare hoeveelheid rook en kunnen op een veilige manier de evacuatie afwachten. De evacuatie kan uiteraard pas gebeuren van zodra de evacuatiweg rookvrij gemaakt is door de brandweer.

6.5.3.2.2 Conclusie

Rekening houdend met de aannames vermeld in § 6.5.1 kan geconcludeerd worden dat wanneer een kamer uitgeeft op een evacuatiweg die gecompartmenteerd is van de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte), een veilige evacuatie via de evacuatiwegen kan gerealiseerd worden indien aan alle onderstaande voorwaarden voldaan is:

- aanwezigheid van goed opgeleid personeel;
- aanwezigheid van een automatische detectie in de gemeenschappelijke ruimte;
- aanwezigheid van bij brand zelfsluitende brandwerende deuren ter plaatse van de verbinding van de gemeenschappelijke ruimte en de evacuatiwegen;
- aanwezigheid van deuren uitgerust met een deursluiser met vrijloop in de kamers.

Zeer belangrijke opmerkingen:

- Bovenstaande conclusie is enkel geldig voor de aannames vermeld in § 6.5.1.
- Een goede werking van alle actieve brandbeveiligingsmaatregelen, i.e. automatische detectie en het sluiten van de deuren, is cruciaal teneinde een veilige evacuatie te kunnen garanderen. Om die reden is onderhoud en periodieke controle op deze brandbeveiligingsmaatregelen noodzakelijk om de goede werking ervan te kunnen blijven garanderen.
- Tevens dient opgemerkt te worden dat bij deze evacuatiestrategie verondersteld wordt dat de bewoner in de kamer blijft. Gezien het menselijk gedrag niet te voorspellen is in geval van brand, is het mogelijk dat de bewoner zijn kamer zal proberen te verlaten. In dit geval kan een veilige evacuatie voor de betrokken bewoner niet gerealiseerd worden. Indien voldaan wordt aan de maatregelen beschreven in § 6.5.3.1.4, kan een veilige evacuatie wel bekomen worden. Het openen van de deur van hun eigen kamer heeft echter geen gevolgen voor de veiligheid van de andere bewoners die in hun kamer blijven.

6.5.4 Evacuatie uit een kamer die uitgaat op de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte)

6.5.4.1 Evacuatie uit de kamer (via de gemeenschappelijke ruimte)

6.5.4.1.1 Basisconfiguratie

Zoals vastgesteld tijdens de praktijktesten en de bijkomende CFD-simulaties wordt de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte) zeer snel gevuld met rook.

Conclusie: Zowel het personeel als de bewoners worden blootgesteld aan grote hoeveelheden (toxische) rook. Op basis van de resultaten bekomen tijdens de praktijktesten en de bijkomende CFD-simulaties kan aangenomen worden dat een veilige evacuatie niet meer gerealiseerd kan worden enkele minuten na aanvang van de brand (= ASET). Aangezien er eveneens aangenomen wordt dat een evacuatie ten vroegste kan aanvatten 5 minuten na de aanvang van de brand, kan besloten worden dat een veilige evacuatie niet gerealiseerd kan worden.

6.5.4.1.2 Verhinderen van de brandontwikkeling

De toepassing van een automatische blussing zal er voor zorgen dat de brand onder controle gehouden wordt, doch kan niet verhinderen dat de gemeenschappelijke ruimte zich met rook zal vullen. Zelfs na activatie van de automatische blussing, blijft de rook aanwezig in de gemeenschappelijke ruimte.

Conclusie: Zowel het personeel als de bewoners worden blootgesteld aan grote hoeveelheden (toxische) rook. Op basis van de resultaten bekomen tijdens de praktijktesten en de bijkomende CFD-simulaties kan aangenomen worden dat een veilige evacuatie niet meer gerealiseerd kan worden enkele minuten na aanvang van de brand (= ASET). Aangezien er eveneens aangenomen wordt dat een evacuatie ten vroegste kan aanvatten 5 minuten na de aanvang van de brand, kan besloten worden dat een veilige evacuatie niet gerealiseerd kan worden.

6.5.4.1.3 Conclusie

Rekening houdend met de aannames vermeld in § 6.5.1 kan geconcludeerd worden dat wanneer een kamer uitgeeft op de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte), een veilige evacuatie enkel kan gerealiseerd worden indien een bijkomende volwaardige uitgang in de kamer voorzien wordt.

In het geval van niet-zelfredzame bewoners dient eveneens aan alle onderstaande voorwaarden voldaan te zijn:

- aanwezigheid van goed opgeleid personeel;
- aanwezigheid van een automatische detectie in de gemeenschappelijke ruimte;
- aanwezigheid van een automatische blussing en/of een opening in de gemeenschappelijke ruimte;
- aanwezigheid van rookwerende deuren uitgerust met een deursluiters met vrijloop ter plaatse van de verbinding van de kamer en de gemeenschappelijke ruimte.

Zeer belangrijke opmerkingen:

- Bovenstaande conclusie is enkel geldig voor de aannames vermeld in § 6.5.1.
- Een goede werking van alle actieve brandbeveiligingsmaatregelen, i.e. automatische detectie, automatische blussing en het sluiten van de deuren, is cruciaal teneinde een veilige evacuatie te kunnen garanderen. Om die reden is onderhoud en periodieke controle op deze brandbeveiligingsmaatregelen noodzakelijk om de goede werking ervan te kunnen blijven garanderen.

6.5.4.2 'Defend in place' (de bewoner blijft in de kamer)

6.5.4.2.1 Basisconfiguratie

Zoals vastgesteld tijdens Proef 2 wordt rookverspreiding in de kamers niet verhinderd, indien een brandwerende deur uitgerust met een deursluiters met vrijloop toegepast wordt. Alhoewel de deur zich in gesloten toestand bevindt, zal de drukopbouw in de brandruimte er voor zorgen dat de kamers zich reeds snel met rook vullen.

Conclusie: De bewoners worden in hun kamer blootgesteld aan grote hoeveelheden (toxische) rook. Er kan dus besloten worden dat een veilige evacuatie niet gerealiseerd kan worden.

6.5.4.2.2 Verhinderen van de drukopbouw in de brandruimte

Het aanbrengen van een opening in een brandruimte of het toepassen van een automatische blussing zal zorgen voor een vermindering van de drukopbouw in de brandruimte. Een volledige verhindering van rookverspreiding naar de kamers is echter niet mogelijk. De rookverspreiding in de kamers zal echter geringer zijn in vergelijking met de hierboven beschreven basisconfiguratie (zie § 6.5.4.2.1).

Conclusie: De bewoners worden in hun kamer blootgesteld aan een niet verwaarloosbare hoeveelheid (toxische) rook. Er kan dus besloten worden dat een veilige evacuatie niet gerealiseerd kan worden.

6.5.4.2.3 Verhinderen van de drukopbouw in de brandruimte in combinatie met een rookwerende deur ter plaatse van de grens van de brandruimte

Indien de drukopbouw in de brandruimte verhinderd wordt door het aanbrengen van een opening in een brandruimte of het toepassen van een automatische blussing en er een rookwerende deur toegepast wordt ter plaatse van de verbinding van de gemeenschappelijke ruimte en de kamer, zal de rookverspreiding in de kamers verwaarloosbaar klein zijn.

Conclusie: De bewoners worden in hun kamer blootgesteld aan een verwaarloosbare hoeveelheid rook en kunnen op een veilige manier de evacuatie afwachten. De evacuatie kan uiteraard pas gebeuren van zodra de evacuatieweg rookvrij gemaakt is door de brandweer.

6.5.4.2.4 Conclusie

Rekening houdend met de aannames vermeld in § 6.5.1 kan geconcludeerd worden dat wanneer een kamer uitgeeft op de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte), een veilige evacuatie kan gerealiseerd worden indien aan alle onderstaande voorwaarden voldaan is:

- aanwezigheid van goed opgeleid personeel;
- aanwezigheid van een automatische detectie in de gemeenschappelijke ruimte;
- aanwezigheid van een automatische blussing en/of een opening in de gemeenschappelijke ruimte;
- aanwezigheid van rookwerende deuren uitgerust met een deursluis met vrijloop ter plaatse van de verbinding van de kamer en de gemeenschappelijke ruimte.

Zeer belangrijke opmerkingen:

- Bovenstaande conclusie is enkel geldig voor de aannames vermeld in § 6.5.1.
- Een goede werking van alle actieve brandbeveiligingsmaatregelen, i.e. automatische detectie, automatische blussing en het sluiten van de deuren, is cruciaal teneinde een veilige evacuatie te kunnen garanderen. Om die reden is onderhoud en periodieke controle op deze brandbeveiligingsmaatregelen noodzakelijk om de goede werking ervan te kunnen blijven garanderen.
- Tevens dient opgemerkt te worden dat bij deze evacuatiestrategie verondersteld wordt dat de bewoner in de kamer blijft. Gezien het menselijk gedrag niet te voorspellen is in geval van brand, is het mogelijk dat de bewoner zijn kamer zal proberen te verlaten. In dit geval kan een veilige evacuatie voor de betrokken bewoner niet gerealiseerd worden. Het openen van deur van hun eigen kamer heeft echter geen gevolgen voor de veiligheid van de andere bewoners die in hun kamer blijven.

6.6 Conclusie i.v.m. het gewenste veiligheidsniveau in Vlaanderen

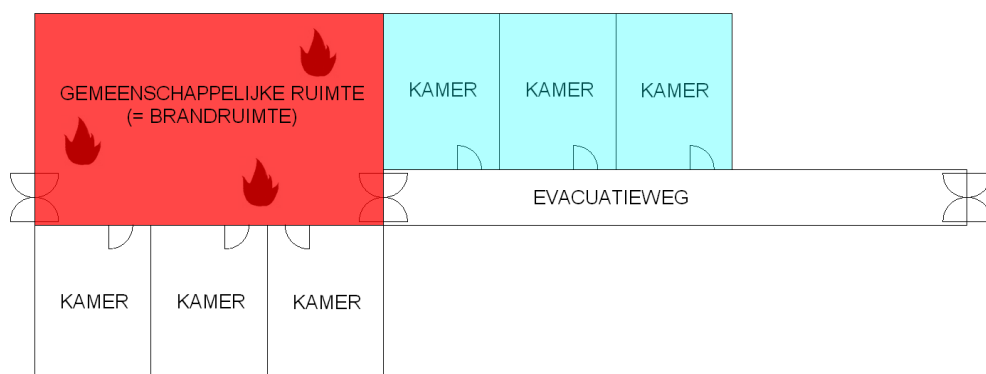
Op basis van de brandscenario's beschreven in § 6.5 kan besloten worden dat in het geval van een brand in de gemeenschappelijke ruimte een veilige evacuatie kan gerealiseerd worden indien onderstaande maatregelen (of een combinatie ervan) toegepast worden (zie ook tabellen in § 6.6.1 en § 6.6.2.):

- Personeel: het personeel is opgeleid om te kunnen assisteren in het geval van evacuatie en is voorbereid op eventuele brandsituaties. Dit is reeds opgenomen in de huidige regelgeving.
- Algemene detectie: de aanwezigheid van een algemeen automatisch detectiesysteem. Dit is reeds opgenomen in de huidige regelgeving.
- Maatregel om de drukopbouw in de brandruimte te verhinderen: een automatisch blussysteem (residentiële sprinkler; RTI: max. 50 (m.s)^{1/2}; activatietemperatuur: max. 68 °C) OF een opening (min. 0,25 m²) wordt in de brandruimte toegepast om de drukopbouw in de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte) te verhinderen. Bovenvermelde waarden zijn gebaseerd op de resultaten van de bijkomende CFD-simulaties.
- Deur gemeenschappelijke ruimte: eisen gesteld aan de deur van de gemeenschappelijke ruimte die uitgeeft op een evacuatiweg.
- Deur kamer: eisen gesteld aan de deur van de kamer die uitgeeft op een evacuatiweg of op een gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte). Indien deze deur bij brand zelfsluitend dient te zijn, is deze uitgerust met een deursluiter met vrijloop.
- Bijkomende uitgang in de kamer: de kamer wordt voorzien van een bijkomende volwaardige uitgang die niet uitgeeft op de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte).

De vereiste maatregelen zijn enerzijds afhankelijk van de ligging van de kamers, nl. de kamers geven uit op gecompartmenteerde evacuatiwegen of op de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte), en anderzijds van de evacuatiestrategie, i.e. evacuatie uit de kamer (via de evacuatiwegen) of 'defend in place' (de bewoner blijft in de kamer).

6.6.1 De kamers geven uit op een gecompartmenteerde evacuatiweg

Een schematische weergave van de configuratie waarbij de kamers uitgeven op een gecompartmenteerde evacuatiweg, wordt weergegeven in de onderstaande figuur. Hierbij zijn de betreffende kamers opgenomen in de blauwe zone en de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte) in de rode zone.



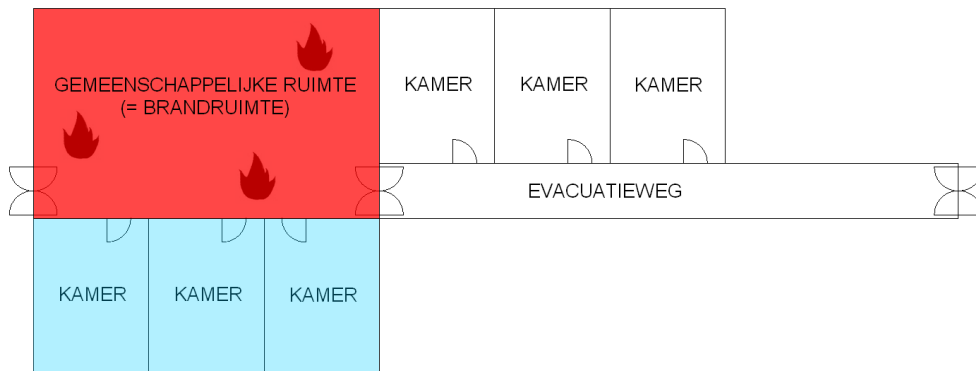
Figuur 77: Schematische weergave van kamers die uitgeven op een gecompartmenteerde evacuatiweg

Een overzicht van de vereiste maatregelen die voor bovenvermelde configuratie een veilige evacuatie kunnen realiseren in het geval van een brand in de gemeenschappelijke ruimte en waarbij de aannames vermeld in § 6.5.1 van toepassing zijn, wordt weergegeven in de onderstaande tabel:

De kamer geeft uit op een gecompartmenteerde evacuatiweg		
Maatregel	Evacuatiestrategie	
	Evacuatie uit kamer	'Defend in place'
Personeel	X	X
Algemene detectie	X	X
Maatregel om de drukopbouw in de brandruimte te verhinderen	X	
Deur gemeenschappelijke ruimte bij brand zelfsluitend brandwerend rookwerend	X	X
	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾
	X	
Deur kamer bij brand zelfsluitend brandwerend rookwerend		X
⁽¹⁾ Niet noodzakelijk indien een automatisch blussysteem in de gemeenschappelijke ruimte toegepast wordt		

6.6.2 De kamers geven uit op de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte)

Een schematische weergave van de configuratie waarbij de kamers uitgeven op de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte), wordt weergegeven in de onderstaande figuur. Hierbij zijn de betreffende kamers opgenomen in de blauwe zone en de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte) in de rode zone.



Figuur 78: Schematische weergave van kamers die uitgeven op de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte)

Een overzicht van de vereiste maatregelen die voor bovenvermelde configuratie een veilige evacuatie kunnen realiseren in het geval van een brand in de gemeenschappelijke ruimte en waarbij de aannames vermeld in § 6.5.1 van toepassing zijn, wordt weergegeven in de onderstaande tabel:

De kamer geeft uit op de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte)		
Maatregel	Evacuatiestrategie	
	Evacuatie uit kamer	'Defend in place'
Personeel	X	X
Algemene detectie	X	X
Maatregel om de drukopbouw in de brandruimte te verhinderen	X ⁽²⁾	X
Deur kamer		
bij brand zelfsluitend	X	X
Brandwerend	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾
Rookwerend	X ⁽²⁾	X
Bijkomende uitgang in de kamer	X	
⁽¹⁾	Niet noodzakelijk indien een automatisch blussysteem in de gemeenschappelijke ruimte toegepast wordt	
⁽²⁾	Niet noodzakelijk indien het zelfredzame personen betreft	

Zeer belangrijke opmerkingen:

- Bovenstaande conclusie is enkel geldig voor de aannames vermeld in § 6.5.1.
- Een goede werking van alle actieve brandbeveiligingsmaatregelen, i.e. automatisch detectie, automatische blussing en het sluiten van de deuren, is cruciaal teneinde een veilige evacuatie te kunnen garanderen. Om die reden is onderhoud en periodieke controle op deze brandbeveiligingsmaatregelen noodzakelijk om de goede werking ervan te kunnen blijven garanderen.
- In het geval van 'defend in place' dient opgemerkt te worden dat bij deze evacuatiestrategie verondersteld wordt dat de bewoner in de kamer blijft. Gezien het menselijk gedrag niet te voorspellen is in geval van brand, is het mogelijk dat de bewoner zijn kamer zal proberen te verlaten. In dit geval kan een veilige evacuatie voor de betrokken bewoner niet altijd gerealiseerd worden. Het openen van deur van hun eigen kamer heeft echter geen gevolgen voor de veiligheid van de andere bewoners die in hun kamer blijven.

7 Conclusies en aanbevelingen (Fase III)

Op basis van de resultaten bekomen tijdens de praktijktesten en de bijkomende CFD-simulaties, en rekening houdend met de geformuleerde definitie van het gewenste veiligheidsniveau, worden de volgende conclusies en aanbevelingen genomen omtrent de brandveiligheid in ouderenvoorzieningen.

7.1 Het gewenste veiligheidsniveau

7.1.1 Rook

In deze studie werd de aanvangsfase van een brand onderzocht en is gebleken dat rook de meest bepalende factor is die een invloed heeft op de evacuerende personen. De blootstelling aan rook betekent voor ouderen bovendien een zeer belangrijk gezondheidsrisico. Omdat niet duidelijk kan bepaald worden in welke mate de invloed van rook (toxiciteit, oogirritatie, panische angst, ...) wel aanvaardbaar is voor ouderen, wil men elke blootstelling aan rook tijdens een evacuatie vermijden.

Conclusie: Voor ouderen kan een veilige evacuatie enkel gerealiseerd worden indien de evacuatieweg nagenoeg rookvrij kan blijven.

7.1.2 Evacuatiestrategie

De maatregelen die nodig zijn om een veilige evacuatie te realiseren (zie § 6.6) zijn o.a. afhankelijk van de gekozen evacuatiestrategie. In de huidige regelgeving wordt uitgegaan van een strategie met evacuatie uit de kamer.

De situatie in een ouderenvoorziening is echter zeer specifiek. De bewoners zijn vaak niet zelfredzaam en zijn voor hun evacuatie aangewezen op de hulp van anderen. Gezien het eventueel beperkte aantal personeelsleden in de daluren blijkt de 'defend in place'-strategie, waarbij de bewoner tijdelijk in de beschermde ruimte van de kamer blijft, in veel gevallen de beste optie te zijn. Dergelijke evacuatiestrategie is echter in strijd met de menselijke drang om zo snel mogelijk te vluchten voor de gevolgen van een brand. Indien dergelijke strategie zou toegepast worden, wordt er aanbevolen om hieromtrent een sensibiliseringscampagne uit te werken en dit duidelijk te communiceren naar de bewoners toe. Het menselijk gedrag in geval van brand is immers een niet te onderschatten factor die bepaalt of een evacuatie al dan niet succesvol kan uitgevoerd worden.

Conclusie: Gezien de specifieke situatie voor bewoners en personeel in een ouderenvoorziening is een evacuatiestrategie uitgaand van 'defend in place' een volwaardig alternatief voor een strategie waarbij wordt uitgegaan van evacuatie uit de kamer.

Aanbeveling: Er wordt aanbevolen om de keuze van de evacuatiestrategie steeds duidelijk te communiceren naar de bewoners, het personeel en iedereen die bij de evacuatie van de ouderen betrokken is.

7.2 Evacuatie doorheen een brandruimte

De praktijktesten hebben aangetoond dat de toepassing van een automatisch blussysteem niet voldoende is om een evacuatiweg (die zich in de brandruimte bevindt) rookvrij te houden. Dit heeft vooral te maken met de geringe gebruikshoogte van de bouwlaag (ca. 2,5 m) en de beperkte oppervlakte van de gemeenschappelijke ruimtes (ca. 100 à 200 m²) die typisch zijn voor ouderenvoorzieningen. Tevens blijft de rook, die ontstaat in de periode voorafgaand aan de activatie van het blussysteem, in de ruimte aanwezig.

Tenslotte werd bij de bijkomende CFD-simulaties vastgesteld dat zelfs de combinatie van een aangepast ventilatiesysteem, waarbij een verdubbeling van het afvoerdebiet t.o.v. het normale (of gangbare) ventilatiedebiet toegepast werd, en een automatisch blussysteem niet voldoende is om deze evacuatiweg rookvrij te houden.

Conclusie: Voor ouderen kan een veilige evacuatie doorheen een brandruimte niet gerealiseerd worden.

7.3 Evacuatie door aanliggende compartimenten

De praktijktesten hebben eveneens aangetoond dat drukopbouw in de brandruimte leidt tot rookverspreiding naar de aanliggende compartimenten. Aangezien het gewenste veiligheidsniveau voor evacuatie enkel kan gerealiseerd worden indien de evacuatiweg nagenoeg rookvrij blijft, zullen maatregelen nodig zijn om deze rookverspreiding tegen te gaan.

Deze maatregelen omvatten zowel bijkomende maatregelen om de opbouw van overdruk in de brandruimte te verhinderen of minstens te beperken, alsook de toepassing van een rookwerende scheiding tussen de brandruimte en de aanliggende compartimenten.

Conclusie: Voor ouderen kan een veilige evacuatie doorheen aanliggende compartimenten enkel gerealiseerd worden indien aanvullende maatregelen genomen worden om de rookverspreiding te verhinderen.

Opmerking:

Tijdens de praktijktesten werd vastgesteld dat brandwerende deuren geen rook tegenhouden in de beginfase van een brand. Bij brandwerende deuren is er immers een strook schuimvormend product in de deurvleugel ingewerkt die pas bij temperaturen van 150 °C à 200°C begint te reageren. Hierbij zet het schuimvormend product uit en sluit het de speling tussen de deurvleugel en de omlijsting volledig af zodat rookverspreiding slechts vanaf dan beperkt wordt. Aangezien de temperaturen in de beginfase van de brand echter lager zijn dan de activatietemperatuur van het schuimvormend product, worden de spelingen dan ook niet afgedicht waardoor rookverspreiding mogelijk blijft.

Deze conclusie is echter niet alleen van toepassing op brandwerende deuren, maar op elk bouwproduct waarvan de brandwerende eigenschappen slechts bekomen worden van zodra een bepaalde temperatuur overschreden wordt (zoals bv. afdichting van kunststoffen buisdoorvoeringen, brandwerende roosters, brandwerende kleppen met smeltlood,...). Er kan dus niet vanuit gegaan worden dat de brandwerende eigenschappen van een bouwproduct tevens de rookwerende eigenschappen omvatten.

7.4 Maatregelen voor een veilige evacuatie

De vereiste maatregelen zijn enerzijds afhankelijk van de ligging van de kamers, nl. de kamers geven uit op gecompartmenteerde evacuatiewegen of op de brandruimte (= gemeenschappelijke ruimte), en anderzijds van de evacuatiestrategie, i.e. evacuatie uit de kamer (via de evacuatiewegen) of 'defend in place' (de bewoner blijft in de kamer).

Een overzicht van de vereiste maatregelen om een veilige evacuatie te kunnen realiseren in geval van een brand in de gemeenschappelijke ruimte en waarbij de aannames vermeld in § 6.5.1 van toepassing zijn, wordt weergegeven in de tabellen in § 6.6.

Aanbeveling: Er wordt aanbevolen om deze maatregelen - in samenspraak met de sector die gespecialiseerd is in de betreffende brandveiligheidsmaatregelen - om te zetten naar concrete eisen die kunnen opgenomen worden in de regelgeving. Enkel door het opstellen van een duidelijke en controleerbare regelgeving kan immers het gewenste veiligheidsniveau gegarandeerd worden. Eisen i.v.m. onderhoud en periodieke controle op deze brandbeveiligingsmaatregelen zijn eveneens noodzakelijk om de goede werking ervan te kunnen blijven garanderen.

7.5 Uitbreiding conclusies naar de kamer als brandruimte

In deze studie werd verondersteld dat de brand in de gemeenschappelijke ruimte ontstond. Op basis hiervan werden maatregelen opgesteld die nodig zijn om een veilige evacuatie mogelijk te maken.

Als de brand in de kamer ontstaat, kunnen de vereiste maatregelen voor de gemeenschappelijke ruimte toegepast worden op de kamer die in dit geval als brandruimte fungeert.

Aanbeveling: Er wordt aanbevolen om hieromtrent bijkomend onderzoek te verrichten aangezien dan de brandveiligheid van de volledige ouderenvoorziening behandeld wordt, waarbij meerdere locaties waar een brand ontstaat, beschouwd worden. De kennis verworven tijdens de praktijktesten kan hiervoor reeds heel wat nuttige informatie opleveren.

7.6 Uitbreiding conclusies naar functioneel aanverwante voorzieningen

In deze studie werd een typische configuratie van een ouderenvoorziening onderzocht. Hierbij kunnen de kamers van de bewoners uitgeven op een gemeenschappelijke ruimte of op een evacuatieweg. De maatregelen die nodig zijn om een veilige evacuatie te kunnen realiseren, kunnen echter ook toegepast worden op andere voorzieningen met soortgelijke, enigszins afwijkende configuraties. Tevens is het mogelijk dat de vereiste maatregelen kunnen verschillen in functie van onderstaande criteria:

- type bewoners: zelfredzaam of niet-zelfredzaam;
- aantal personeelsleden ter beschikking voor een eventuele evacuatie;
- dag- of nachtbezetting;
- mentale en fysieke conditie van de bewoners;
- hoeveelheid brandlast in de deelcompartimenten;
- inplanting en indeling van de deelcompartimenten.

Aanbeveling: Er wordt aanbevolen om hieromtrent bijkomend onderzoek te verrichten om dan een overzicht te maken van de vereiste maatregelen in functie van bovenstaande criteria en verschillende configuraties, waarbij rekening gehouden wordt met de conclusies van deze studie.

7.7 Ontstaan van een brand verhinderen en een snelle branduitbreiding tegengaan

In deze studie wordt verondersteld dat een brand is ontstaan in de gemeenschappelijke ruimte. Onderstaande maatregelen om het ontstaan van een brand te verhinderen of een snelle brandontwikkeling tegen te gaan, zijn bijkomende middelen om de risico's te beperken:

- Indien brandblusapparaten in de gemeenschappelijke ruimte (= brandruimte) aanwezig zijn, kan het personeel eventueel een poging doen om een beginnende brand aan te pakken. Hiervoor dient het personeel wel voldoende opgeleid te zijn om gevat te kunnen reageren op dergelijke brandsituaties.
- Brandgevaarlijke activiteiten in de gemeenschappelijk ruimte dienen vermeden te worden of dienen steeds onder toezicht van het personeel gedaan te worden.
- Niet enkel de wand- en plafondbekleding dient over een goede reactie bij brand klassering te beschikken. Dit is ook van toepassing op het meubilair en zelfs de gordijnen, aangezien ook deze kunnen resulteren in een snelle brandontwikkeling.

Aanbeveling: Er wordt aanbevolen om de bijkomende middelen om de risico's op brand in de gemeenschappelijke ruimtes te beperken verder uit te werken als onderdeel van de maatregelen om het gewenst veiligheidsniveau te realiseren.

8 Bronnen

- [1] *Koninklijk besluit van 12 juli 2012 tot wijziging van het koninklijk besluit van 7 juli 1994 tot vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing waaraan de nieuwe gebouwen moeten voldoen.*
- [2] *Besluit van de Vlaamse Regering tot vaststelling van de specifieke brandveiligheidsnormen waaraan ouderenvoorzieningen en centra voor herstelverblijf moeten voldoen, 9 december 2011.*
- [3] *Fire Safety Risk Assessment - Residential care premises.*
- [4] *Brandschutzanforderungen an der Bau und Betrieb von Altenpflegenheimen mit Gruppenwohnbereichen, 14 Mai 2004.*
- [5] *Toelichting BVR 09/12/2011 Brandveiligheid Ouderenvoorzieningen, versie september 2015.*
- [6] *Besluit van de Waalse Regering tot uitvoering van het decreet van 30 april 2009 betreffende de opvang en huisvesting van bejaarde personen (vertaling), 15 oktober 2009.*
- [7] *Besluit 2008/1561 van het College van de Franse Gemeenschapscommissie houdende de toepassing van het decreet van 22 maart 2007 betreffende het te voeren beleid inzake de huisvesting en het onthaal van bejaarden (tweede lezing) (vertaling), 2 april 2009.*
- [8] *Besluit van de regering tot vaststelling van de specifieke veiligheidsnormen voor de woon-, begeleidings- en verzorgingsstructuren voor bejaarden en psychiatrische verzorgingstehuizen (vertaling), 26 juni 2008.*
- [9] *Building and Buildings England and Wales - The Building Regulations 2010, 6th September 2010.*
- [10] *Building and Buildings - The Building (Scotland) Regulations 2004, 22nd September 2004.*
- [11] *The Building Regulations (Northern Ireland) 2012, 15th May 2012.*
- [12] *Regulatory Reform, England and Wales - The Regulatory Reform (Fire Safety) Order 2005, 7th June 2005.*
- [13] *Approved Document B - Fire safety: Volume 1 - Dwellinghouses, December 2010.*
- [14] *Approved Document B - Fire Safety: Volume 2 - Buildings other than dwellinghouses, January 2013.*
- [15] *Scottish Building Standards Technical Handbooks for Domestic Buildings, 2013.*
- [16] *Scottish Building Standards Technical Handbooks for Non-Domestic Buildings, 2013.*
- [17] *Technical Booklet E (Fire Safety), October 2012.*
- [18] *Fire Safety: A guide for care homes in Wales, September 2003.*
- [19] *WHTM 05-02 (Welsh Health Technical Memorandum) Firecode - Fire safety in the design of healthcare premises, 2014.*
- [20] *Practical Fire Safety Guidance for Care Homes, Revised February 2014.*
- [21] *Northern Ireland Firecode - Health Technical Memorandum 84 - Fire risk assessment in*

residential care premises, November 2010.

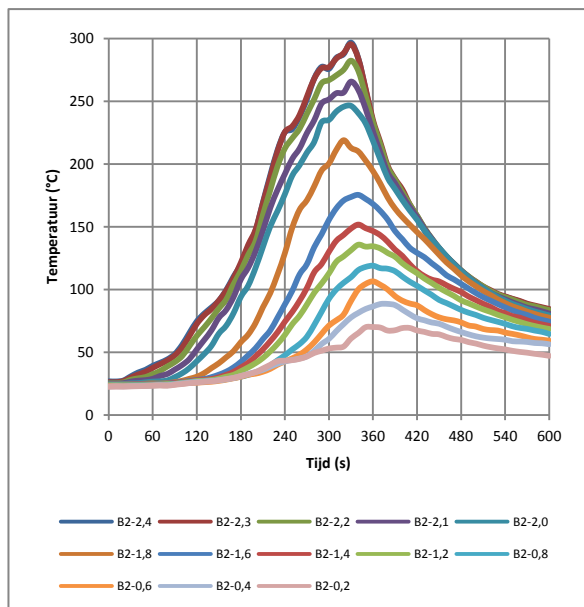
- [22] *Northern Ireland 'Firecode' Health Technical Memorandum 85 - Fire precautions in existing healthcare premises*, November 2010.
- [23] *Building and Buildings, Wales - The Domestic Fire Safety (Wales) Measure 2011 (Commencement No. 1) Order 2013*, 22 October 2013.
- [24] *PD 7974-X : The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings*.
- [25] *BS 9999:2008 - Code of practice for fire safety in design, management and use of buildings*.
- [26] *Musterbauordnung - MBO*, Fassung November 2002 zuletzt geändert durch beschluss der bauministerkonferenz vom 21/09/2012.
- [27] *Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen (Landesbauordnung - BauO NRW)*, 1 März 2000.
- [28] *Hamburgische Bauordnung (HBauO)*, 14 Dezember 2005.
- [29] *Richtlinie über bauaufsichtliche Anforderungen an den Bau und Betrieb von Einrichtungen mit Pflege- und Betreuungsleistungen*, 17.03.2011.
- [30] *Erläuterungen zur Richtlinie über bauaufsichtliche Anforderungen an den Bau und Betrieb von Einrichtungen mit Pflege- und Betreuungsleistungen vom 17.03.2011*.
- [31] *Bauprüfdienst (BPD) "Besondere Wohnformen für behinderte und ältere Menschen Bauaufsichtliche Anforderungen" (BPD Besondere Wohnforlen)*, 2/2008.
- [32] *AGBF, Rettungswege in Alten- Und Pflegeheimen mit Gruppenwohnbereich*, April 2009.
- [33] *Règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les Etablissements Recevant du Public (ERP)*, Arrêté du 25 juin 1980.
- [34] *Chapitre XIV: Structures d'accueil pour personnes âgées et personnes handicapées (type J)*, Arrêté du 19 novembre 2001.
- [35] *Arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages*.
- [36] *Arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement*.
- [37] *Instruction Technique IT 246 - Relative au désenfumage des Etablissements Recevant du Public*, Arrêté du 22 mars 2004.
- [38] *Besluit van 29 augustus 2011 houdende vaststelling van voorschriften met betrekking tot het bouwen, gebruiken en slopen van bouwwerken (Bouwbesluit 2012)*.
- [39] *Praktijkboek Bouwbesluit 2012*.
- [40] *Praktijkboek Bouwbesluit 2012*, 2011.
- [41] *Wijziging editie 2011 Praktijkboek Bouwbesluit 2012*, 10-02-2012.
- [42] *Brandveiligheidsvisie Gezondheidszorg (Publieksconcept)*.
- [43] *Bestuursmethodiek : Brandveiligheid voor Jeugdzorg & Zorginstellingen*, mei 2010.
- [44] *De onderzoeksraad voor veiligheid - Brand in Rivierduinen: verontstelde veiligheid*, april 2012.
- [45] *Efectis, Fire Safety Engineering - Handboek voor de bouw*, 2013.

- [46] *Swedish Building Regulation BBR 19 - BFS 2011:26.*
- [47] Beverket, *Handbok om Brandbelastning*, juli 2008.
- [48] *Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd - BFS 2013:12 - BBRAD3*, 18 juni 2013.
- [49] *NIST TN 1658 - Impact of Sprinklers on the Fire Hazard in Dormitories: Sleeping Room Fire Experiments*, January 2010.
- [50] *ODPM Final Research Report: BD2546 - Sprinkler Effectiveness in Care Homes*, 11 December 2006.
- [51] *Experimental research for Scottish Building Standards Agency following the fire at the Rosepark Care Home, Glasgow*, 6 October 2004.
- [52] *MSB:s statistik och analyserverktyg IDA* (<http://ida.msb.se>).
- [53] *Maisons de retraite et établissements d'hébergements pour personnes âgées dépendantes*, 2011.
- [54] *Instituut Fysieke Veiligheid - Fatale woningbranden 2008 t/m 2012: een vergelijking*, 16 juli 2013.
- [55] L. Staffanson, *Selecting design fires*, 2010.
- [56] *ISO/TR 13387-2 : Fire Safety Engineering - Part 2 : Design fire scenarios and design fires*, 1999.
- [57] *PD 7974-1 : Application of fire safety engineering principles to the design of buildings - Part 1 : Initiation and development of fire within the enclosure of origin*, 2003.
- [58] WFRGENT, *Rookverspreiding in publieke gebouwen*, 15/11/2010.
- [59] <http://www.electronics-cooling.com/1996/05/all-you-need-to-know-about-fans/>.
- [60] F. Vandecasteele, B. Merci, S. Verstockt, „Smoke Behavior Analysis with Multi-View Smoke Spread Data,” in *14th International Fire Science & Engineering Conference, Interflam 2016, Vol.1*, July 2016.
- [61] *NISTIR 6941: Review of Residential Sprinkler Systems : Research and Standards*, 2002.
- [62] *PD 7974-6 : The application of Fire Safety Engineering principles to fire safety design of buildings - Part 6 : Human factors : Life Safety strategies - Occupant evacuation, behaviour and condition*, 2004.
- [63] *ISO/TR 13387-8 Fire Safety Engineering - Part 8: Life Safety - Occupant behaviour, location and condition*, 1999.
- [64] *ISO 13571 Life-Threatening components of fire - Guidelines for the estimation of time to compromised tenability in fires*, 2012.

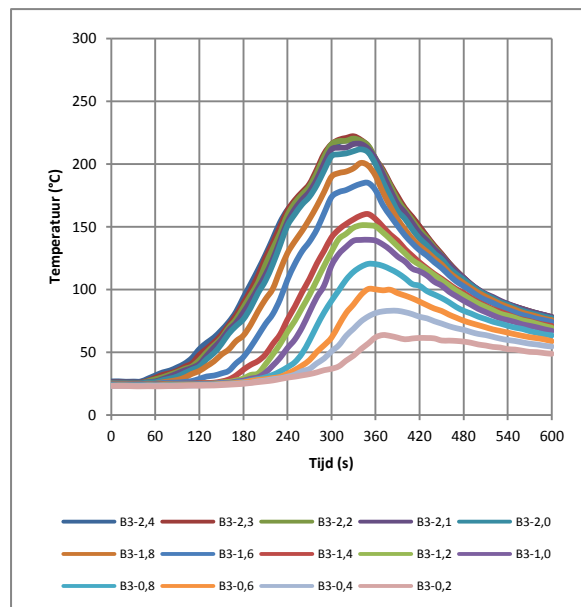
9 Bijlagen (Metingen tijdens de praktijktesten)

9.1 Proef 1: "Nulproef" - Enkel branddetectie

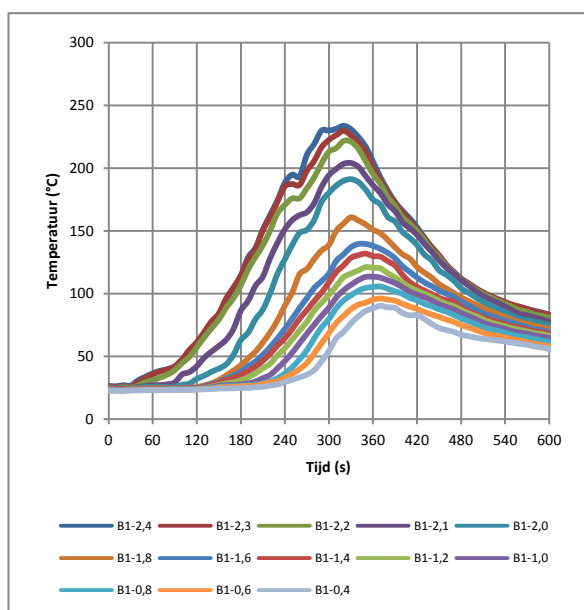
De resultaten van de thermokoppelbomen zijn hieronder weergegeven:



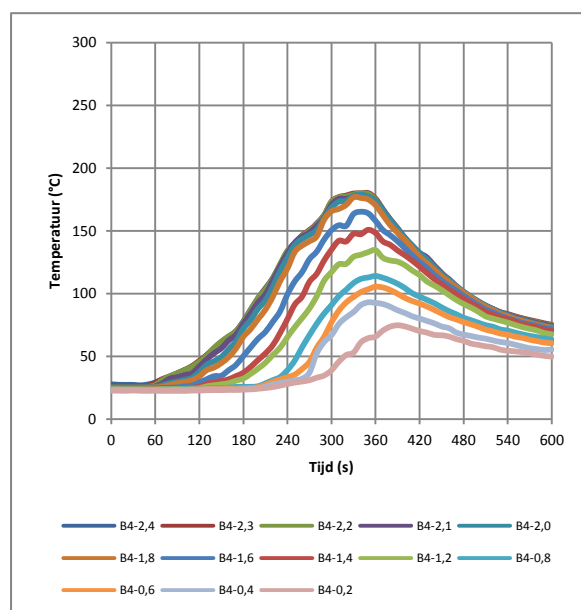
B2 in de gemeenschappelijke ruimte



B3 in de gemeenschappelijke ruimte

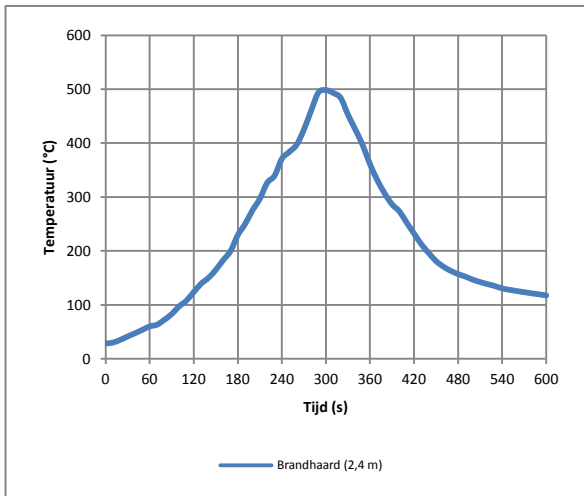


B1 in Gang1

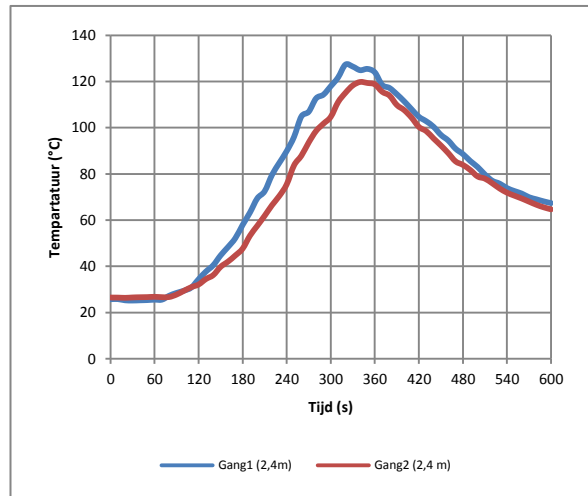


B4 in Gang2

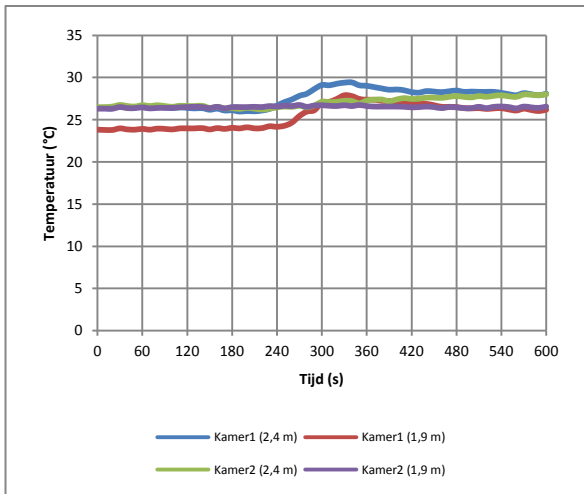
De resultaten van de overige temperatuursmetingen zijn hieronder weergegeven:



Temperatuur t.p.v. de brandhaard

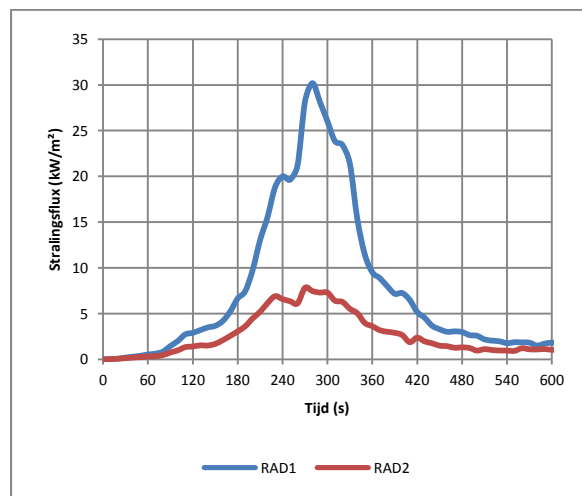


Temperatuur aan de uiteinden van de gangen



Temperatuur in de kamers

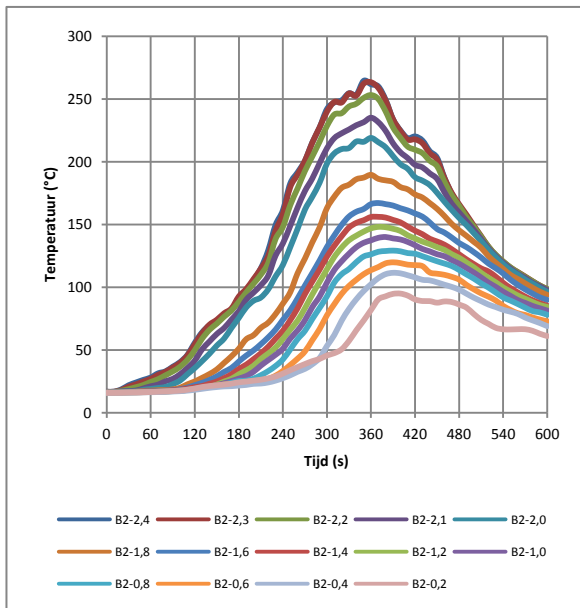
De resultaten van de stralingsflux zijn hieronder weergegeven:



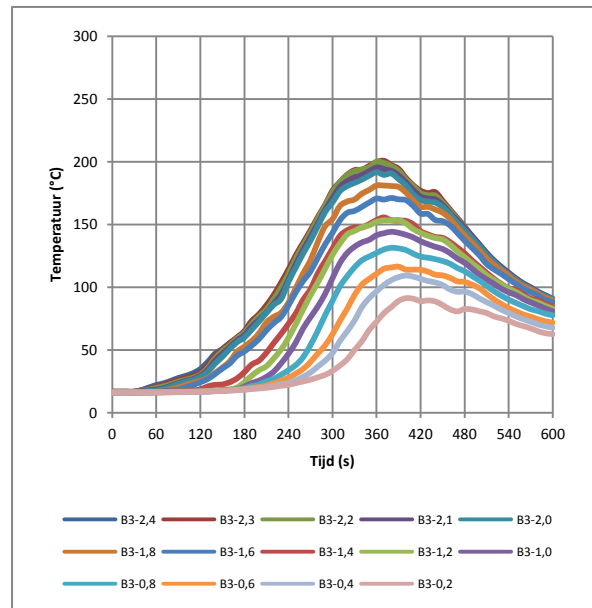
RAD1 achter de brandhaard, RAD2 naast de brandhaard (op een afstand van ca. 0,9 m ervan)

9.2 Proef 2: Toepassing van brandwerende deuren in de evacuatiweg

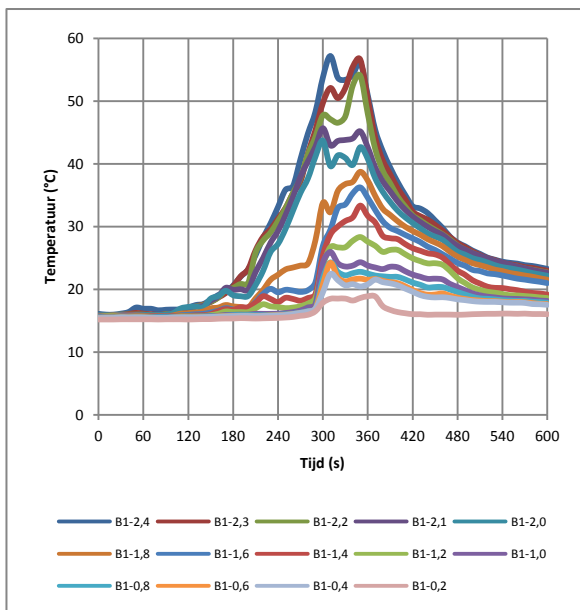
De resultaten van de thermokoppelbomen zijn hieronder weergegeven:



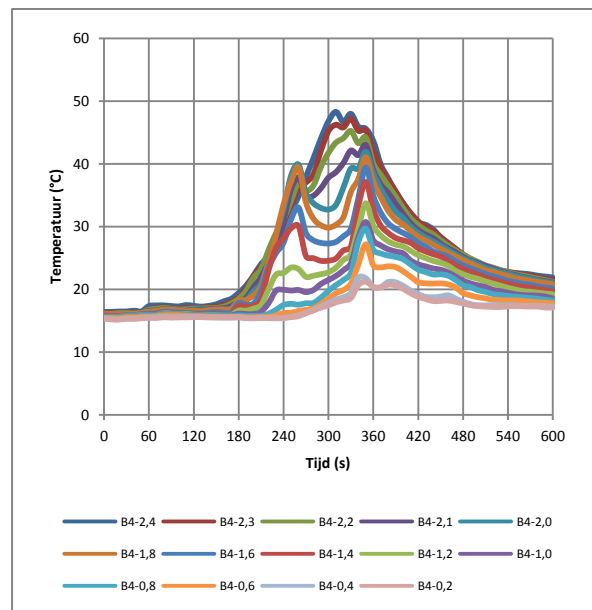
B2 in de gemeenschappelijke ruimte



B3 in de gemeenschappelijke ruimte

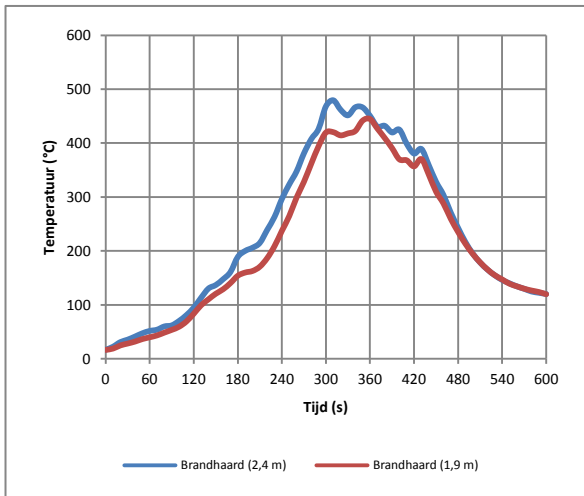


B1 in Gang1

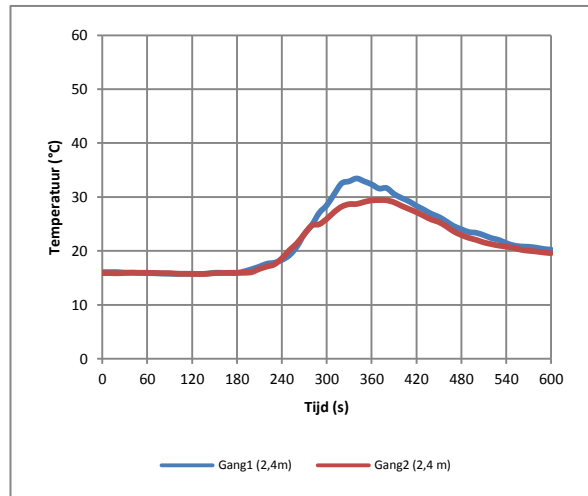


B4 in Gang2

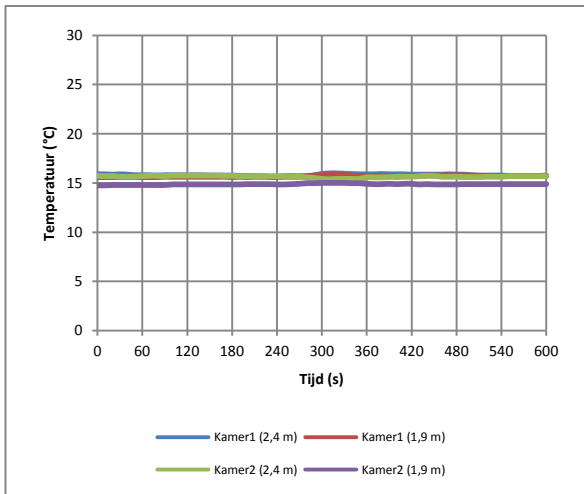
De resultaten van de overige temperatuursmetingen zijn hieronder weergegeven:



Temperatuur t.p.v. de brandhaard

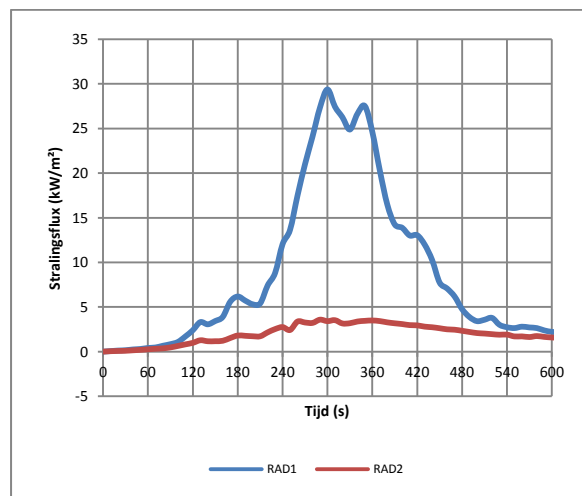


Temperatuur aan de uiteinden van de gangen



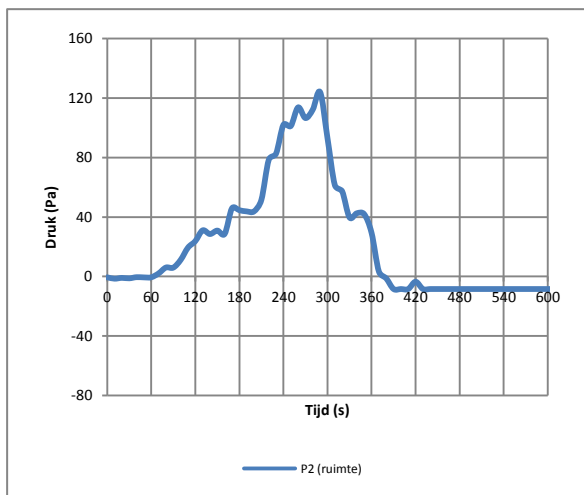
Temperatuur in de kamers

De resultaten van de stralingsflux zijn hieronder weergegeven

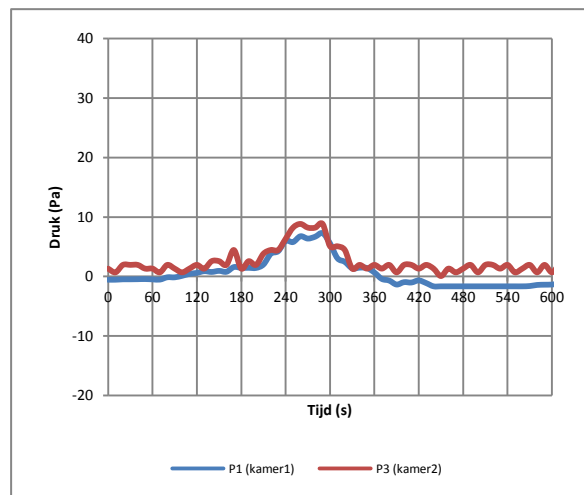


RAD1 achter de brandhaard, RAD2 naast de brandhaard (op een afstand van ca. 0,9 m ervan)

De resultaten van de drukmetingen zijn hieronder weergegeven (Opmerking: De maximale ondergrens van de drukmetingen bedraagt -8,5 Pa. Dit wil dus zeggen dat een waarde lager dan -8,5 Pa niet weergegeven wordt in de onderstaande grafieken. Dit wil echter niet zeggen dat de onderdruk tijdens de proef maximaal 8,5 Pa bedraagt):

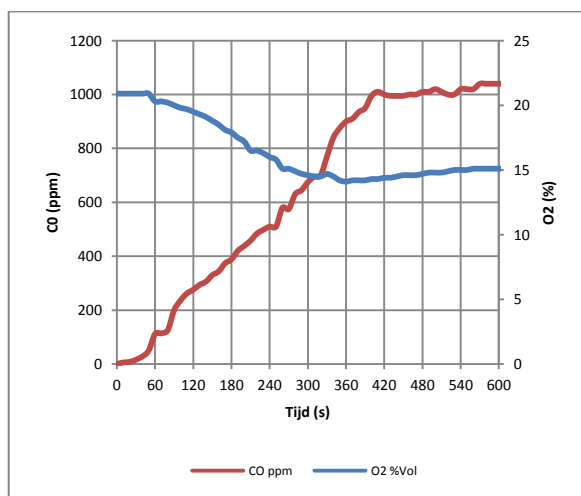


Druk in de gemeenschappelijke ruimte



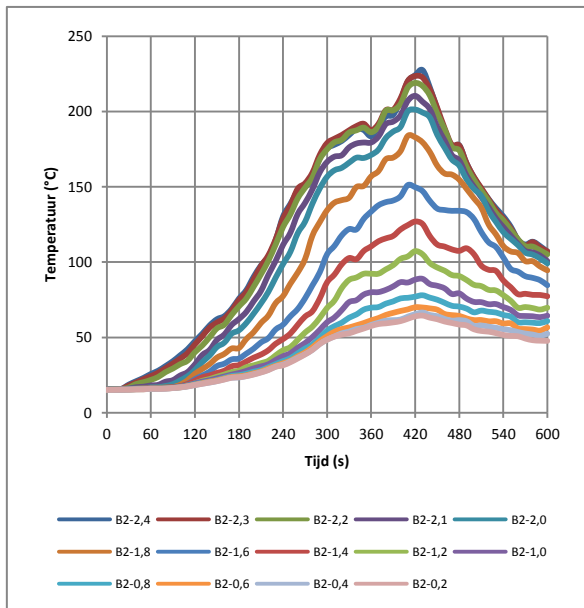
Druk in de kamers

De resultaten van de O₂- en CO-metingen in de gemeenschappelijke ruimte zijn hieronder weergegeven:

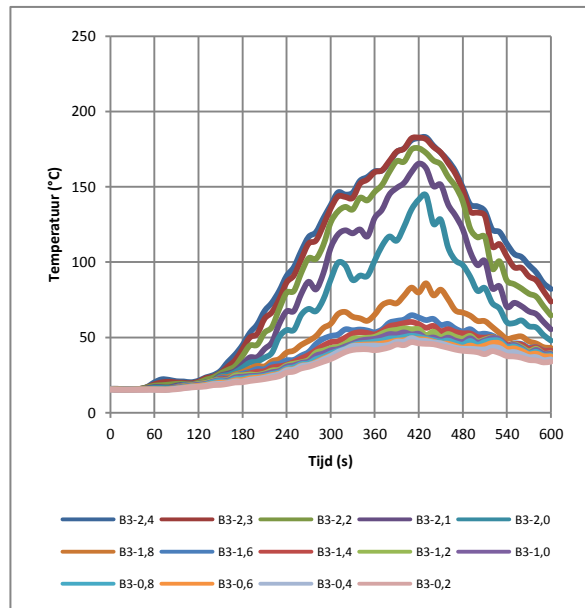


9.3 Proef 3: Toepassing van een ontrokkingsysteem

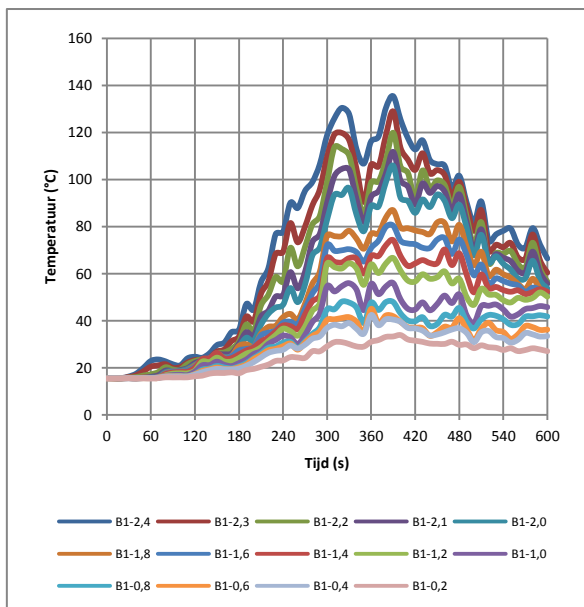
De resultaten van de thermokoppelbomen zijn hieronder weergegeven:



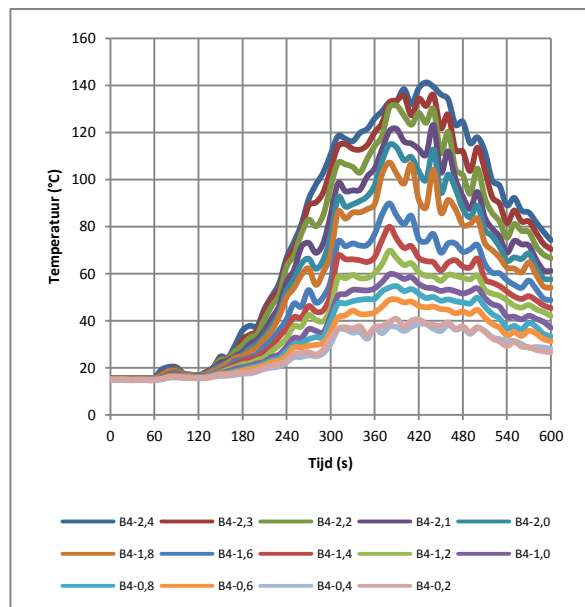
B2 in de gemeenschappelijke ruimte



B3 in de gemeenschappelijke ruimte

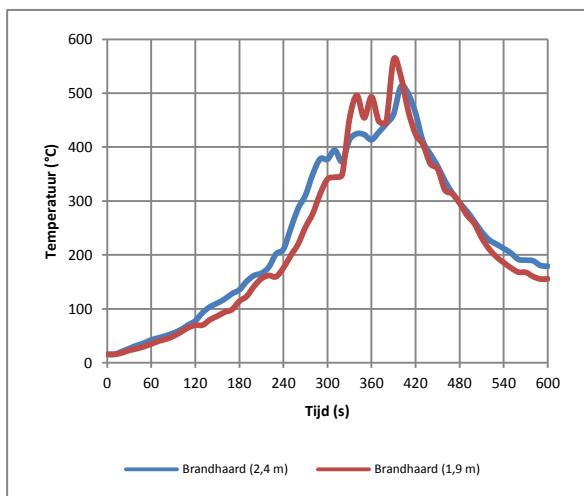


B1 in Gang1

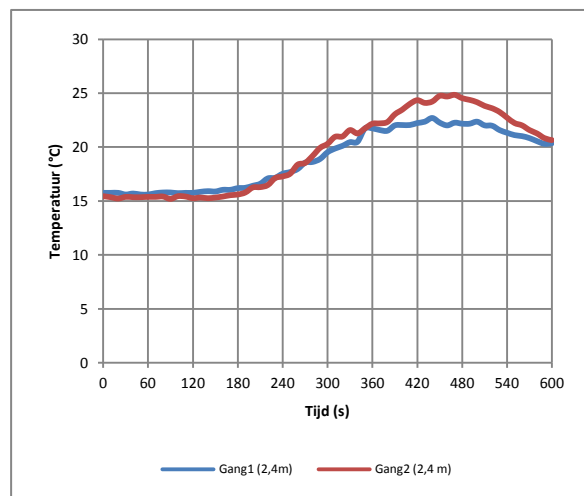


B4 in Gang2

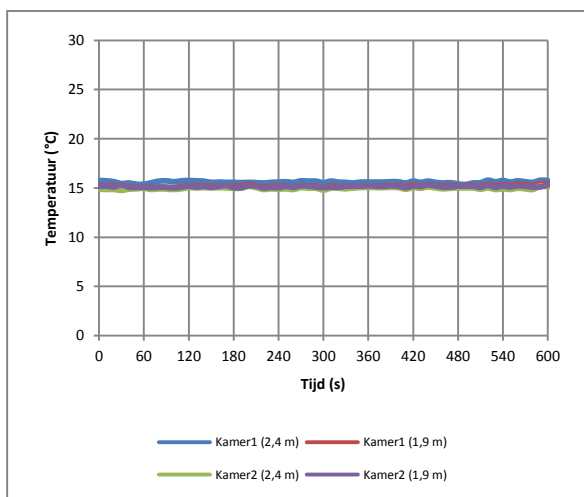
De resultaten van de overige temperatuursmetingen zijn hieronder weergegeven:



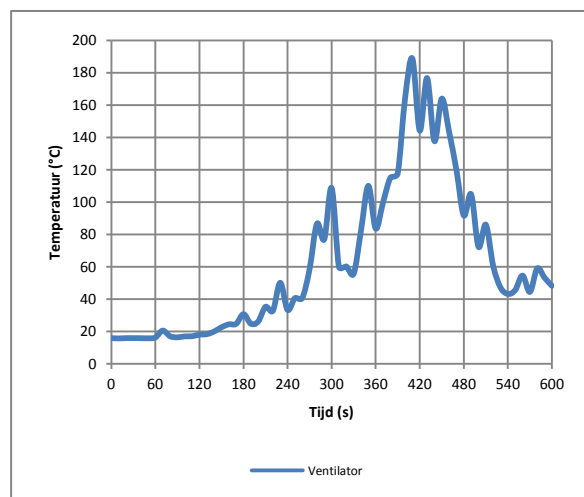
Temperatuur t.p.v. de brandhaard



Temperatuur aan de uiteinden van de gangen

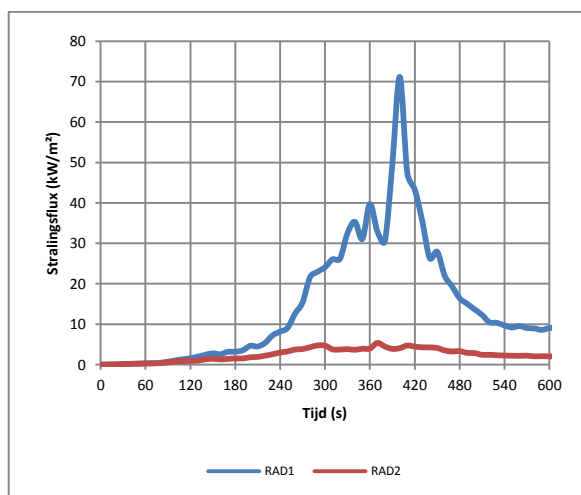


Temperatuur in de kamers



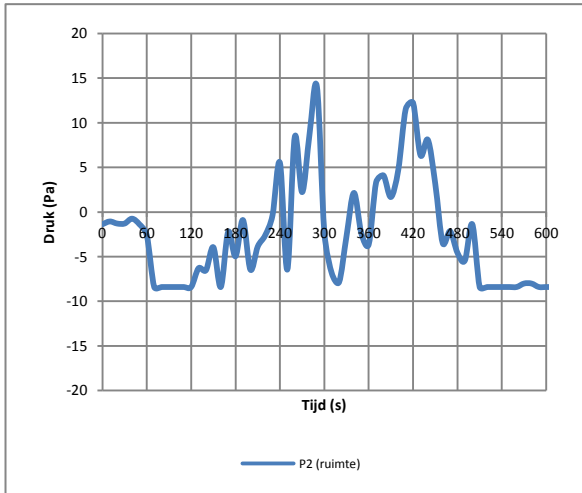
Temperatuur in de ventilator

De resultaten van de stralingsflux zijn hieronder weergegeven:

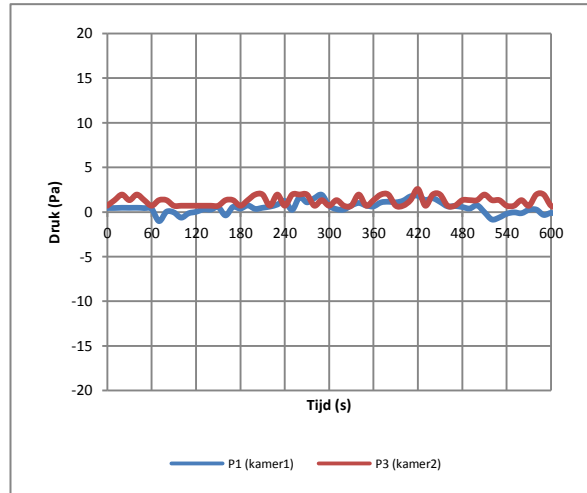


RAD1 achter de brandhaard, RAD2 naast de brandhaard (op een afstand van ca. 0,9 m ervan)

De resultaten van de drukmetingen zijn hieronder weergegeven (Opmerking: De maximale ondergrens van de drukmetingen bedraagt -8,5 Pa. Dit wil dus zeggen dat een waarde lager dan -8,5 Pa niet weergegeven wordt in de onderstaande grafieken. Dit wil echter niet zeggen dat de onderdruk tijdens de proef maximaal 8,5 Pa bedraagt):

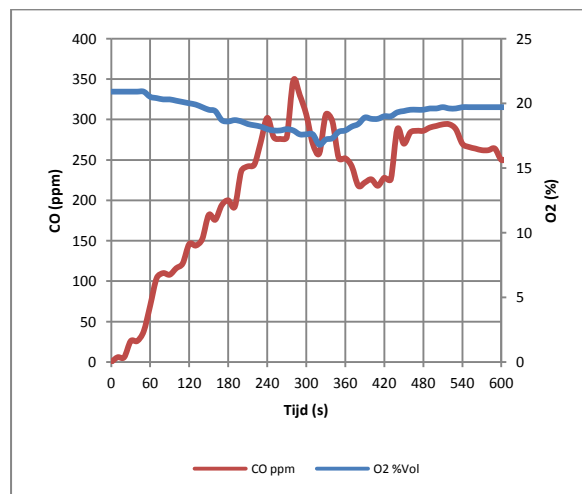


Druk in de gemeenschappelijke ruimte



Druk in de kamers

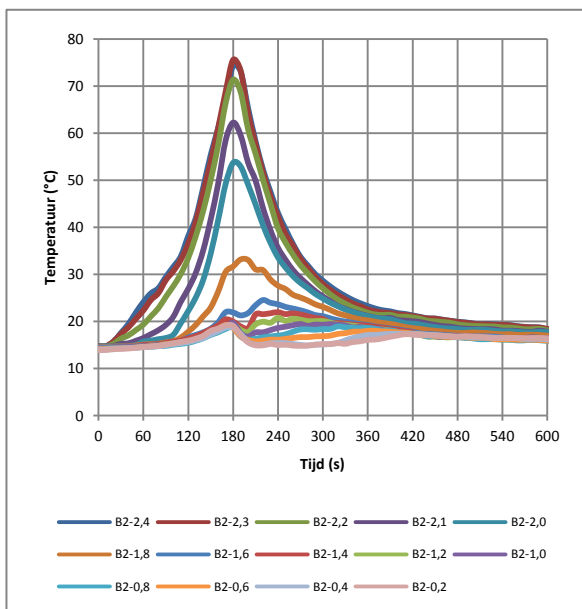
De resultaten van de O₂- en CO-metingen in de gemeenschappelijke ruimte zijn hieronder weergegeven:



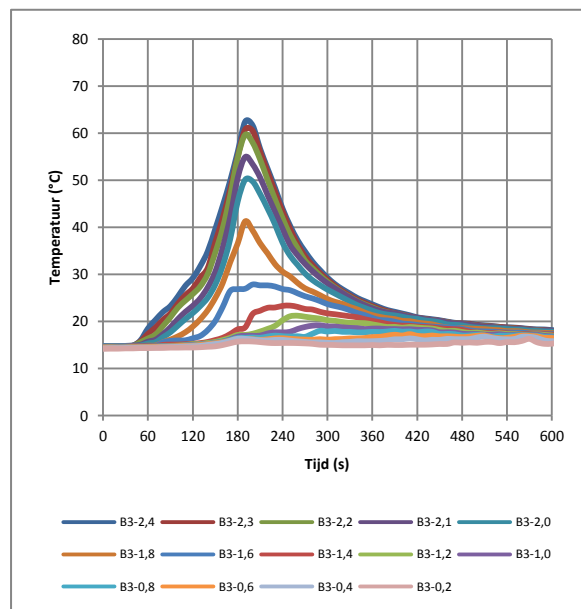
9.4 Proef 4: Toepassing van een automatische blussing

In deze paragraaf worden de resultaten van de proef van 18 november 2015, i.e. Proef 4bis, weergegeven.

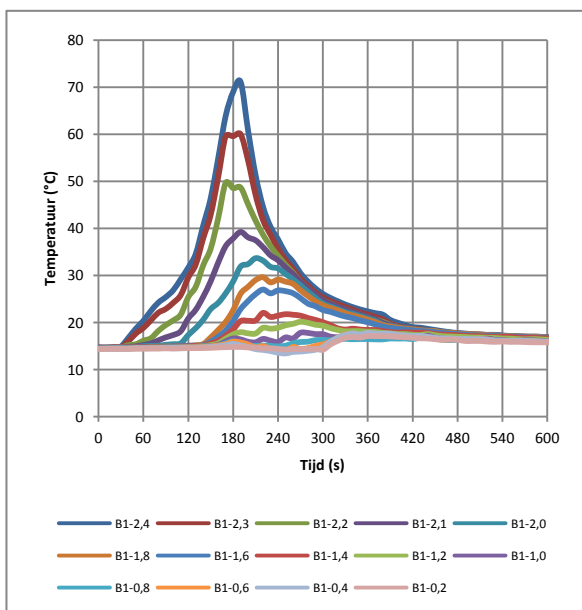
De resultaten van de thermokoppelbomen zijn hieronder weergegeven:



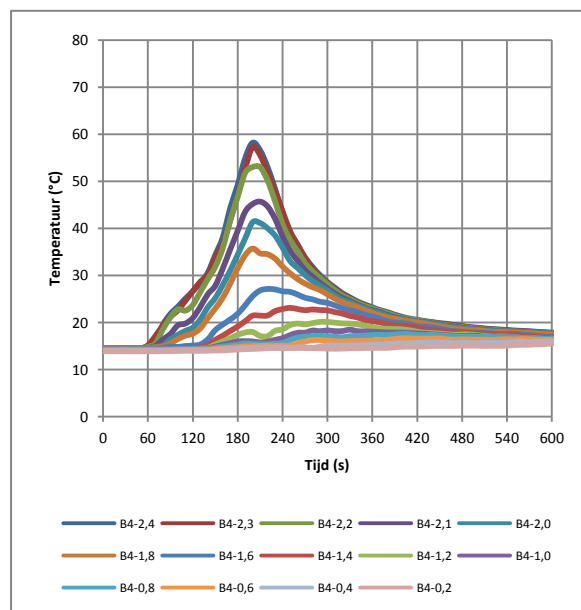
B2 in de gemeenschappelijke ruimte



B3 in de gemeenschappelijke ruimte

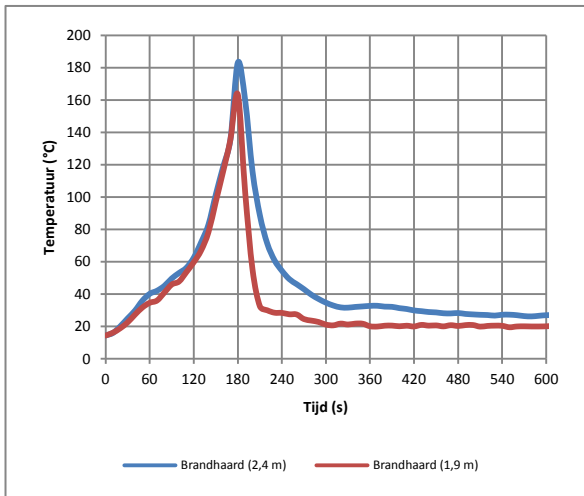


B1 in Gang1

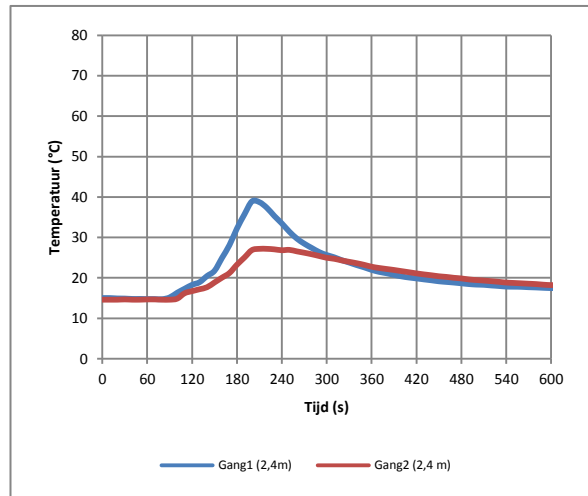


B4 in Gang2

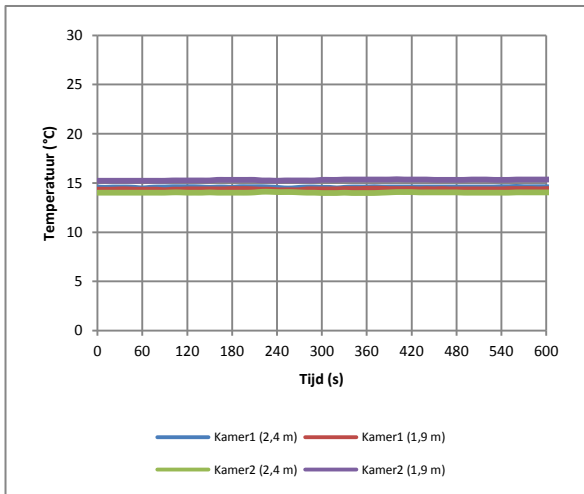
De resultaten van de overige temperatuursmetingen zijn hieronder weergegeven:



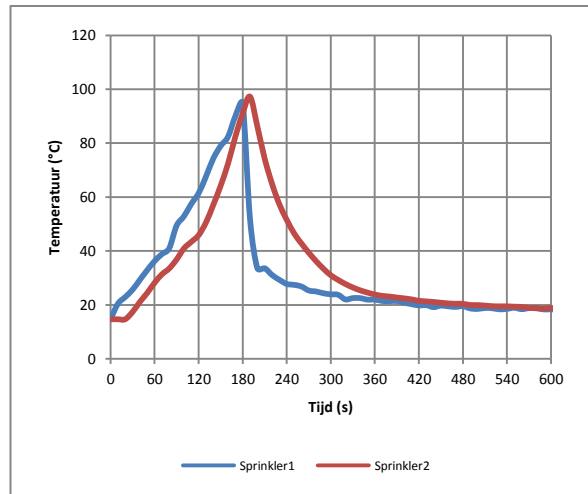
Temperatuur t.p.v. de brandhaard



Temperatuur aan de uiteinden van de gangen

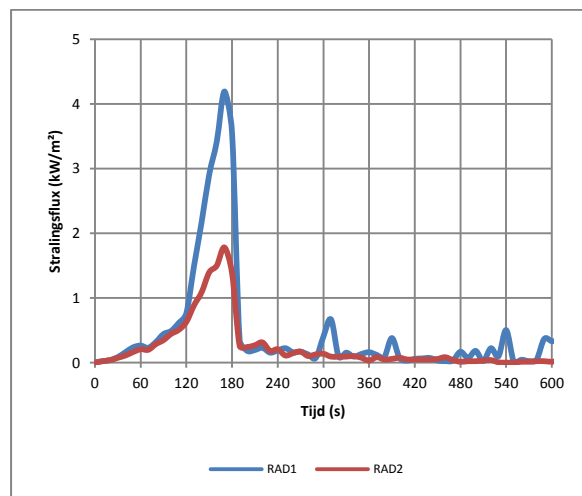


Temperatuur in de kamers



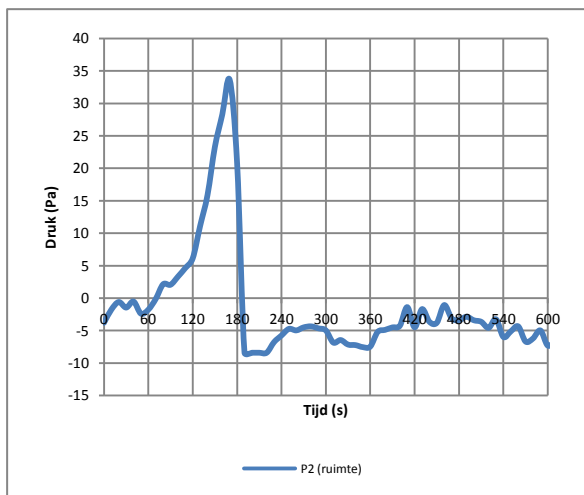
Temperatuur t.p.v. de sprinklers

De resultaten van de stralingsflux zijn hieronder weergegeven:

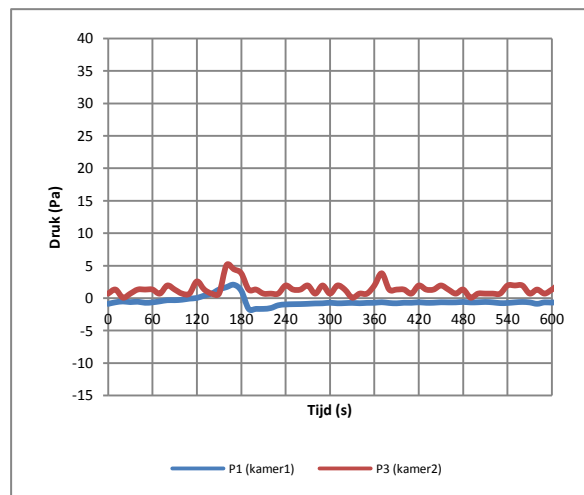


RAD1 achter de brandhaard, RAD2 naast de brandhaard (op een afstand van ca. 0,9 m ervan)

De resultaten van de drukmetingen zijn hieronder weergegeven (Opmerking: De maximale ondergrens van de drukmetingen bedraagt -8,5 Pa. Dit wil dus zeggen dat een waarde lager dan -8,5 Pa niet weergegeven wordt in de onderstaande grafieken. Dit wil echter niet zeggen dat de onderdruk tijdens de proef maximaal 8,5 Pa bedraagt):

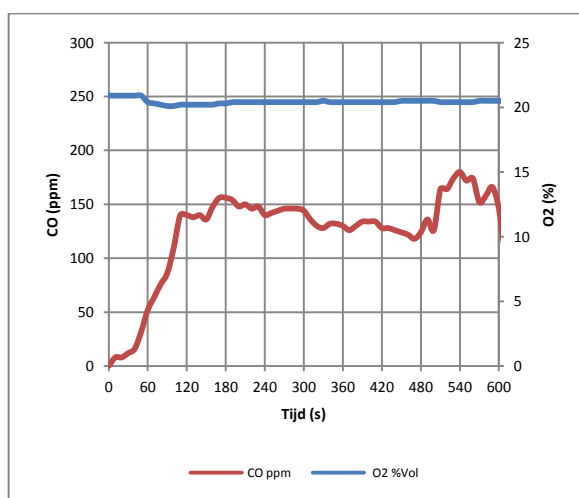


Druk in de gemeenschappelijke ruimte



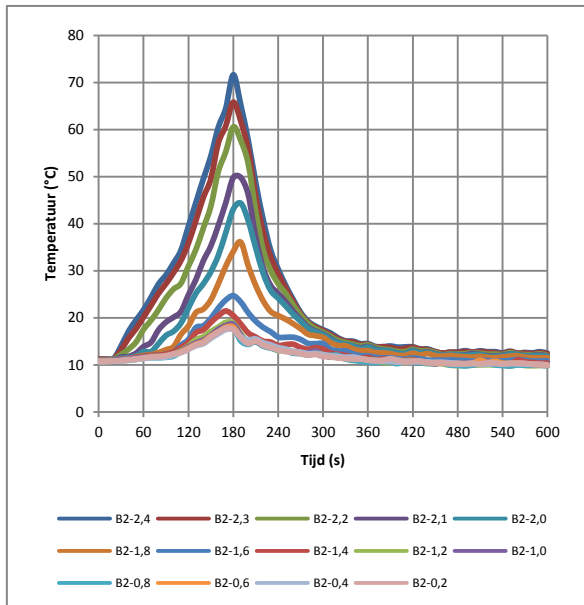
Druk in de kamers

De resultaten van de O₂- en CO-metingen in de gemeenschappelijke ruimte zijn hieronder weergegeven:

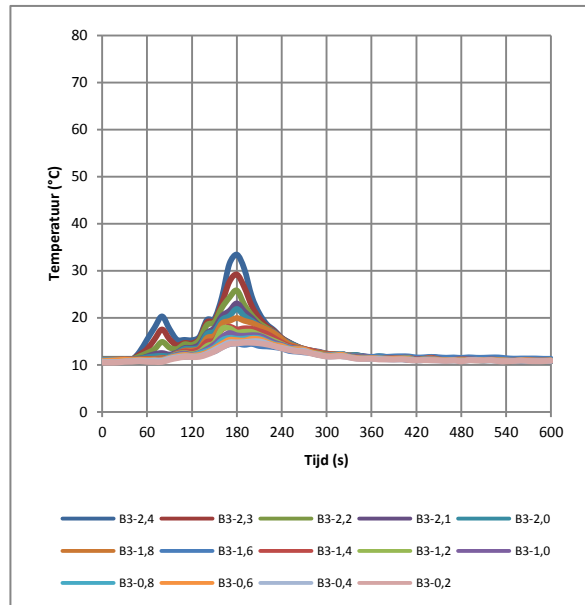


9.5 Proef 5: Toepassing van een combinatie van een ontrokkingsysteem en een automatische blussing

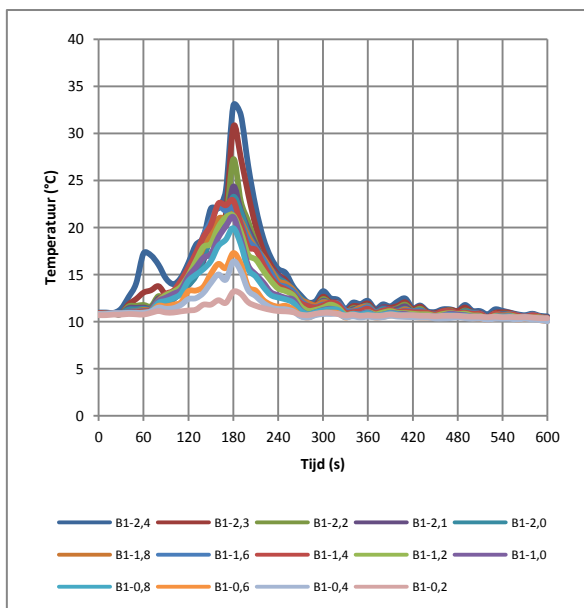
De resultaten van de thermokoppelbomen zijn hieronder weergegeven:



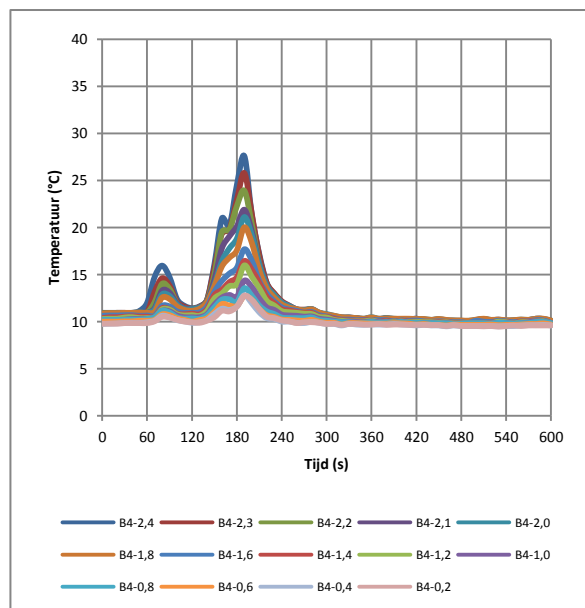
B2 in de gemeenschappelijke ruimte



B3 in de gemeenschappelijke ruimte

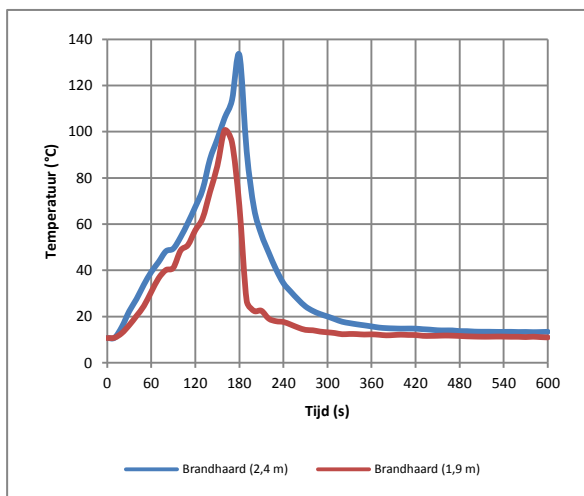


B1 in Gang 1

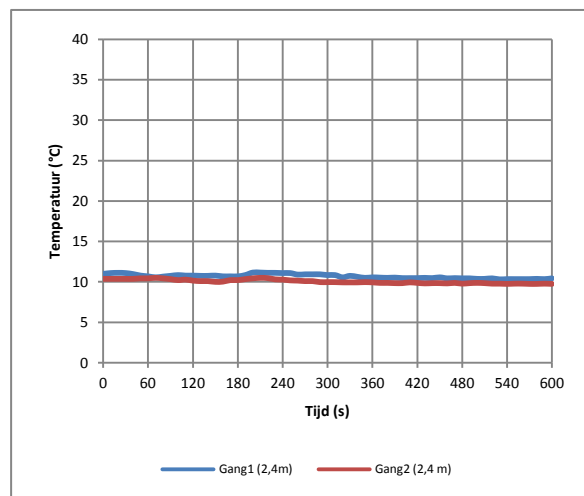


B4 in Gang 2

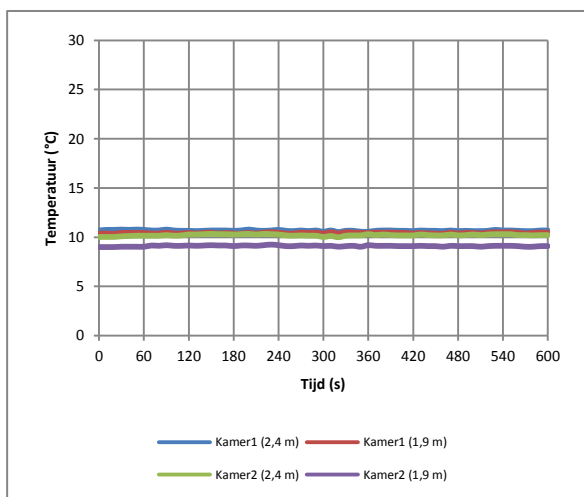
De resultaten van de overige temperatuursmetingen zijn hieronder weergegeven:



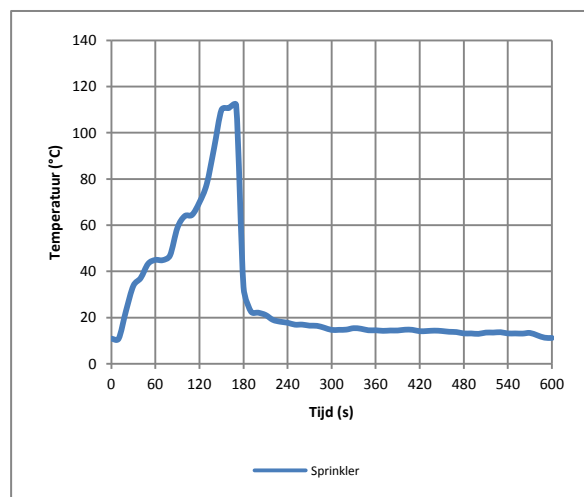
Temperatuur t.p.v. de brandhaard



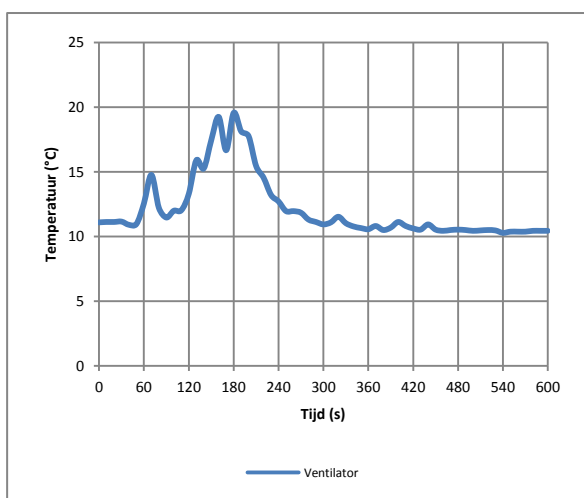
Temperatuur aan de uiteinden van de gangen



Temperatuur in de kamers

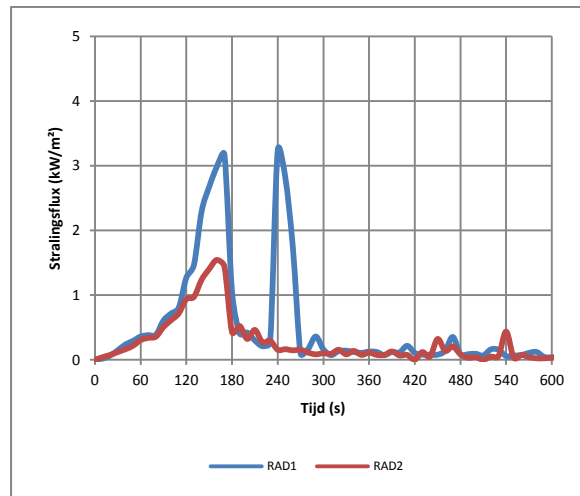


Temperatuur t.p.v. de sprinkler



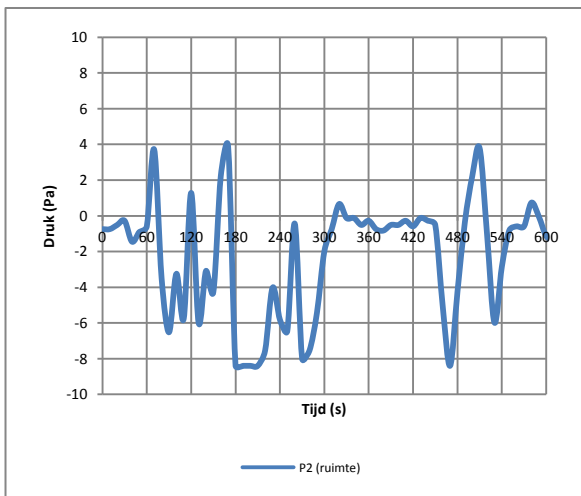
Temperatuur in de ventilator

De resultaten van de stralingsflux zijn hieronder weergegeven:

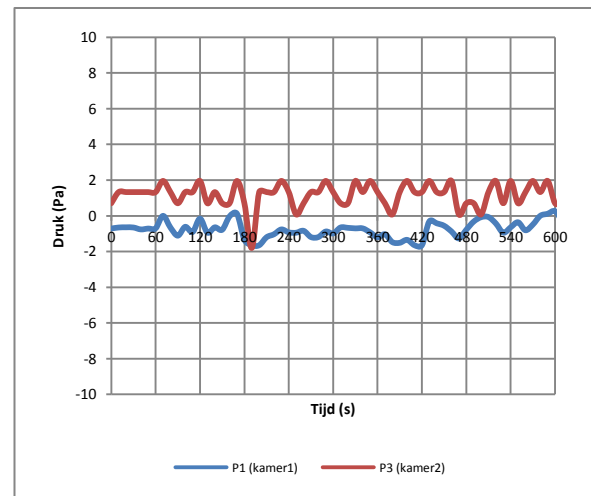


RAD1 achter de brandhaard, RAD2 naast de brandhaard (op een afstand van ca. 0,9 m ervan)

De resultaten van de drukmetingen zijn hieronder weergegeven (Opmerking: De maximale ondergrens van de drukmetingen bedraagt -8,5 Pa. Dit wil dus zeggen dat een waarde lager dan -8,5 Pa niet weergegeven wordt in de onderstaande grafieken. Dit wil echter niet zeggen dat de onderdruk tijdens de proef maximaal 8,5 Pa bedraagt):



Druk in de gemeenschappelijke ruimte



Druk in de kamers

De resultaten van de O₂- en CO-metingen in de gemeenschappelijke ruimte zijn hieronder weergegeven:

