

Reconstructie van de brand in bar 't Hemeltje in Volendam

TNO

Ir. P.H.E. van de Leur
Ir. M. Öhlin
Ing. P.B. Reijman



Inleiding

In de nieuwjaarsnacht van 2000-2001, omstreeks 00:30 uur heeft een korte, hevige brand gewoed in bar 't Hemeltje in Volendam. De bar is de bovenste van een complex van drie bars; en bevindt zich boven de Wirwar (dijkniveau) en de Blokhut met uitgang op straatniveau. Op de zolderverdieping boven 't Hemeltje bevindt zich een toiletgroep, te bereiken vanuit 't Hemeltje, en opslagruimte die niet voor bezoekers toegankelijk was.

De brand is naar verluidt ontstaan doordat siervuurwerk, zgn. sterretjes, in contact werden gebracht met de kerstversiering die tegen het plafond van de bar was opgehangen, zie foto's [1.1 – 1.4], genomen in 't Hemeltje in de dagen vóór de brand. De kerstversiering, die bestond uit sparentakken, kerstverlichting, kunststof lamettas en papieren klokken, had ten tijde van de brand ongeveer een maand gehangen. Getuigen spreken van een brand die zich zeer kort na ontsteking uitbreidde tot over het gehele plafond van de bar. Brandende versiering viel op de dicht op elkaar gepakte mensen, en tussen hen door op de grond. Verklaringen spreken van veel rookontwikkeling en van een korte duur van de vlamverschijnselen. De getuigenverklaringen zijn echter niet voldoende eensluidend om een sluitend beeld te vormen van wat zich tijdens de brand en direct aansluitend heeft afgespeeld.

De Inspectie Brandweezorg en Rampenbestrijding (IBR) heeft TNO Centrum voor Brandveiligheid (TNO-CvB) opdracht verleend voor het uitvoeren van een tweetal reconstructieproeven, met als primair doel de fysische omstandigheden tijdens de brand in kaart te brengen en zo het beeld te toetsen en aan te vullen dat uit de getuigenverklaringen naar voren komt.

De opdracht aan TNO beperkt zich tot het reconstrueren van de periode waarin de vlamverschijnselen aan de orde zijn, d.w.z. de periode ná de brand, wanneer ontvluchting en redding plaatsvinden, blijft buiten beschouwing.

De opdracht omvat het uitvoeren van twee in principe identieke proeven; de herhaling geeft een indruk van de reproduceerbaarheid of juist de variatie, en draagt daardoor bij aan de betrouwbaarheid van de uitspraken gebaseerd op de proefresultaten.

foto's 1.1 – 1.4



Foto 1.1: Bar 't Hemeltje

98



Foto 1.2: Bar 't Hemeltje



Foto 1.3: Bar 't Hemeltje

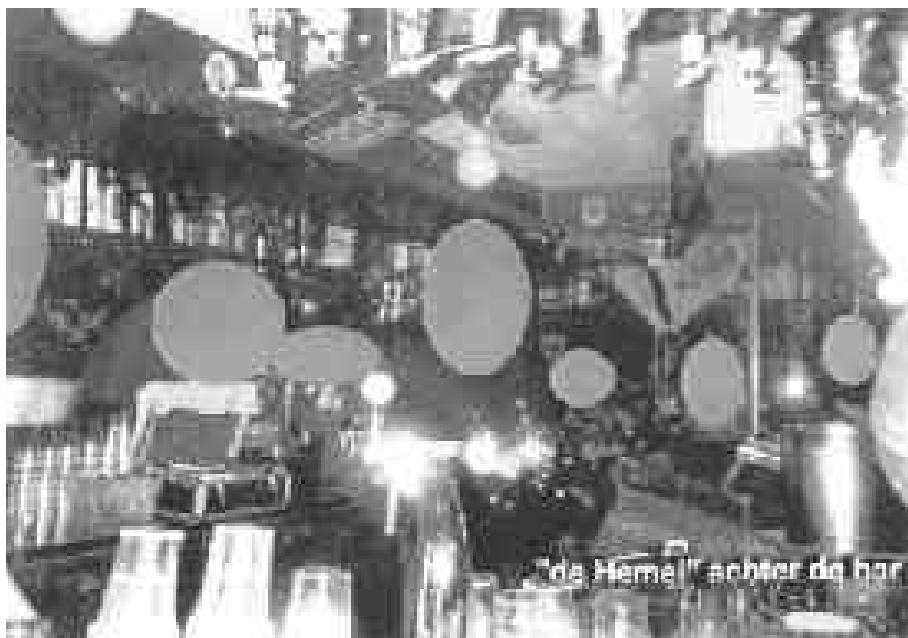


Foto 1.4: Bar 't Hemeltje

Opzet van het onderzoek

De hoofddoelstelling van het onderzoek is het experimenteel bepalen van de wijze en snelheid van de branduitbreiding onder condities die zo dicht mogelijk die in 't Hemeltje op 1 januari benaderen.

De gekozen onderzoeksopzet om aan deze hoofddoelstelling te voldoen gaat uit van het op zo groot mogelijke schaal nabouwen van de bar 't Hemeltje in de beproevingshal van TNO-CvB, inclusief de inrichting voor zover die significante invloed kan hebben op de brandontwikkeling;

Aan de hoofddoelstelling is één nevendoelestelling toegevoegd. In het onderzoek van de IBR voorafgaand aan de studie van TNO is de vraag opgeworpen wat de invloed is geweest van het ventilatiesysteem op de brandontwikkeling in 't Hemeltje. Op deze vraag dient de TNO-studie antwoord te geven. De onderzoeksopzet bevat hiertoe een tweetal kleinschalige proeven, met en zonder ventilatie.

Een separate deelstudie is gewijd aan het vochtgehalte van de sparrentakken. Uit eerdere ervaringen bij TNO is bekend dat het brandgedrag van sparrentakken zeer sterk afhangt van hun vochtgehalte. Voor een getrouwe reconstructie is het daarom van belang dat de takken in de proeven even vochtig zijn als op 1 januari in 't Hemeltje. De tijd beschikbaar voor de uitvoering van de TNO studie was te kort om voor elk van de twee proeven de versiering een vergelijkbaar droogproces van circa een maand te laten doorlopen. Daarom is apart onderzoek opgenomen om vast te stellen of en hoe met geforceerd drogen bij verhoogde temperatuur hetzelfde vochtgehalte kon worden bereikt.

Gegevensvergaring

In verband met mogelijke risico's van het verstoren van de rechtsgang in het gerechtelijk vooronderzoek dat tegelijk met het TNO-onderzoek plaatsvond, konden aanvullende gegevens die TNO nodig achtte voor het optimaal inrichten van de reconstructieproeven alleen worden verkregen na langs formele weg te zijn aangevraagd. Hiertoe liepen dergelijke verzoeken via het Landelijk Centrum Informatievoorziening Volendambrand, het LCI-V.

Opstelling schaalproeven

3.1 Constructie van de ruimte, afmetingen

De beproevingshal van TNO-CvB heeft een vloeroppervlakte van ca. 11 x 9 m² bij een hoogte van 12 m. De afmetingen van bar 't Hemeltje bedragen ca. 10 x 14 m². Het schaalmodel heeft afmetingen van 7 x 9 m² hetgeen overeenkomt met schaalfactoren van ca. 0.7 in beide richtingen. Het plafond van 't Hemeltje was opgebouwd uit dun gepleisterde calciumsilicaat platen (Promatect-H) tegen houten regelwerk. Het schaalmodel is uit praktische overwegingen in zijn geheel opgebouwd uit 12 mm calciumsilicaat platen op houten stijl- en regelwerk.

De hoogte van het plafond in 't Hemeltje varieerde. De gemeten variatie is overgenomen in het schaalmodel omdat de ontsteking had plaatsgevonden op een plaats waar het plafond het laagst was, en vervolgens naar de iets hogere plaatsen uitbreidde. De hoogteverschillen kunnen zeker invloed hebben gehad op de snelheid van uitbreiding. Een plattegrond van het schaalmodel is opgenomen in dit rapport als bijlage B.

De klapdeur tussen de bar en het trapportaal dat leidde naar de Wir War is in het schaalmodel gekopieerd. Over het open of gesloten zijn van de deur ten tijde van het ontstaan van de brand zijn geen verklaringen afgelegd. Met de IBR is overeengekomen de redenering te volgen dat, in verband met de drukte in de drie bars en in het trappenhuis, de deur tenminste gedeeltelijk open zal hebben gestaan. Daarom is vastgelegd dat tijdens de proeven één van beide deurbladen gesloten blijft, terwijl de ander in de open stand wordt vastgezet.

3.2 Ventilatiesysteem

In het onderzoek van IBR en OM is vastgesteld dat het ventilatiesysteem van de bar tijdens de duur van de brand in werking is gebleven. De luchttoevoer van de bar vond plaats vlak onder de kerstversiering. De mogelijkheid bestaat dat de ventilatie de brandontwikkeling heeft versterkt. Daarom is het ventilatiesysteem tot in enig detail in het schaalmodel nagebouwd. Het ventilatiesysteem in 't Hemeltje was opgebouwd uit rechthoekige houten kanalen, zie bijlage B voor de layout. De kanalen zijn in het schaalmodel overgenomen, waarbij hun breedte en hoogte gelijk zijn gekozen aan die in Volendam; de lengte van de kanalen is met de eerder vermelde factor 0,7 teruggeschaald. Vier ventilatieroosters afkomstig uit 't Hemeltje zijn geplaatst op de overeenkomstige plaatsen aan de onderzijde van de kanalen. Van de overige roosters, in de verticale vlakken van de kanalen, kon de leverancier van de roosters in 't Hemeltje binnen de beschikbare termijn alleen iets grotere exemplaren leveren. Daarom is een kleiner aantal exemplaren gemonteerd; aantal en plaats zijn zo gekozen dat de luchtsnelheid

direct vóór de roosters overeenkwam met de metingen verricht na de brand; tegelijkertijd moest het totale toegevoerde debiet overeenkomen met de na de brand gemeten waarde, gecorrigeerd voor het kleinere volume van het schaalmodel.

De afzuiging van lucht vond in 't Hemeltje plaats via het trapgat naar de toiletten. Boven de toiletten bevonden zich roosters, aangesloten op een afzuigventilator. In het schaalmodel is de ventilator rechtstreeks aangesloten op een rooster in het plafond. Ook van de afzuiging is het debiet met dezelfde factor verlaagd t.o.v. de situatie in 't Hemeltje als vastgelegd in ref. 2.

Op deze wijze zijn de luchtstromingen in 't Hemeltje vóór en tijdens de brand zo goed mogelijk gereproduceerd.

3.3 Vochtgehalte van de sparrentakken

Bij een kweker zijn de onderste takken van 120 sparren (*abies nobilis* ofwel *abies procera*, conform determinering uitgevoerd in opdracht van het Nederlands Forensisch Instituut [3]) aangeschaft.

Het deelonderzoek naar de mogelijkheden van geforceerde droging had als belangrijkste resultaten dat:

- de takken in 't Hemeltje op 1 januari volledig droog zijn geweest, d.w.z. in evenwicht met de omgeving;
- het brandgedrag van volledig droge takken significant afwijkt van takken die pas ca. 60 % van de oorspronkelijke hoeveelheid water door verdamping zijn verloren; daarom moeten de takken voor de volle schaal proeven volledig gedroogd zijn;
- dat geforceerde droging van vers gesneden takken gedurende 24 uur bij 40 °C en 10% r.v. voldoende is om de takken volledig te drogen.

De rapportage van het deelonderzoek is opgenomen als bijlage C. Conform de resultaten zijn de takken gedurende meer ca. 80 uur geforceerd gedroogd bij 40 °C en 10% r.v. in een droogkamer van TNO-CvB, hetgeen ruim meer is dan de minimaal benodigde duur.

3.4 Hoeveelheid sparrentakken

De gegevens m.b.t. de hoeveelheid takken die in 't Hemeltje tegen het plafond waren gestoken zijn in de loop van de studie aangevuld. De eerste schaalproef is uitgevoerd met een "takkendichtheid" die achteraf door betrokkenen als te laag is beoordeeld; de daaropvolgende twee schaalproeven zijn uitgevoerd met een dichtheid die, naar het oordeel van de recherche en van de eigenaar en de beheerder van 't Hemeltje, overeenkwam met de situatie ter plekke.

De dichtheid van de laag takken is vastgelegd door het uitvoeren van objectieve metingen van de massa takken die op een beperkt oppervlak plafond werd opgestoken. 7950 gram takken is opgestoken op 6,3 m² plafondoppervlak; 315 gram naalden bleef na het opsteken op de vloer achter, dus aan het plafond bleven 7640 gram achter. Dit betekent:

- de dichtheid van de takken bedraagt ca. 1.2 kg per m² ;
- Van de totale massa van de opgestoken takken is ca. 4 % aan naalden tijdens het opsteken afgevallen.

3.5 Bevestiging van de sparrentakken

De sparrentakken in 't Hemeltje werden tegen het plafond geklemd door een "web" van nylon koord. De koorden waren vastgemaakt aan metalen schroefogen, waarvan een groot aantal op een afstand van rond 50 mm van het plafond (afstand oog-plafond) was vastgeschroefd aan ventilatiekokers, plafondlatten of de plafondplaten zelf. Medewerkers van TNO hebben de plaats van alle schroefogen in 't Hemeltje ter plaatse opgenomen. De schroefogen in het schaalmodel zijn zoveel mogelijk op overeenkomstige plaatsen bevestigd, zie bijlage D.

In Volendam waren de draden verknoopt aan elkaar en aan de schroefogen. Op basis van gegevens uit foto's uit het politiedossier en verklaringen van de betrokken rechercheurs is een regelmatig patroon aangelegd van draden. Iedere draad werd aan een eerste oog vastgeknoopt, vervolgens door twee schroefogen getrokken zonder verknopen, en aan het vierde oog vastgeknoopt en afgeknipt.

Tijdens de inspectie door TNO-medewerkers is vastgesteld dat in 't Hemeltje draden van verschillende typen en diameters zijn gebruikt. In het schaalmodel is draad van 3 mm diameter toegepast, overeenkomend met het in Volendam in de grootste hoeveelheid aangetroffen draad. In proef 1b is in het vak grenzend aan de klapdeur ook een klein aantal 2 mm draden gebruikt.

Na het opspannen van het web zijn de gedroogde sparrentakken boven de draden gestoken. Vervolgens werden de verlichtingsdraden vanaf de onderzijde bevestigd. Daarbij is getracht ieder lampje apart, met een lus gevormd door het daarvoor aanwezige kunststof ringetje, aan een tak vast te maken. Dat lukte maar zeer ten dele omdat alleen de dikkere takken na de droging voldoende sterkte hadden; dunnere takjes waren te broos en braken af. Zo is in proef 1b ieder derde of vierde lampje vastgezet. Voor proef 2 is op dit aspect extra aandacht besteed. Met kunststof tie-wraps zijn alle lampjes aan takken bevestigd.

Als laatste zijn in proeven 1a en 1b lametta's opgehangen aan de nylon draden. In proef 2 is dat weggelaten.

3.6 Extra versiering

Het deelonderzoek naar droging van de sparrentakken heeft de bijdrage van de lametta's aan de warmteontwikkeling en aan de rookontwikkeling bepaald, door één van de kleinschalige proeven éénmaal te herhalen onder toevoeging van een relatief grote hoeveelheid lametta's aan de 2,5 kg sparrentakken. Op beide aspecten rook en warmte blijkt de bijdrage van de lametta's niet boven de meetonauwkeurigheid uit te komen.

De papieren klokken zijn zonder nadere studie uit de schaalproeven weggelaten, vanwege hun geringe massa bij "normale" brand- en rookeigenschappen.

De kerstverlichting is in eerste instantie met een analoge argumentatie weggelaten uit de schaalproeven. Na de eerste proef (proef 1a) is echter vastgesteld dat de verlichting in 't Hemeltje een andere rol kan hebben gespeeld, nl. het bovenin vasthouden van sparrentakken als de nylon draden zijn bezweken. Voor de overige twee proeven is daarom eenzelfde aantal verlichtingsdraden aangebracht als in 't Hemeltje, nl. 21 draden, waar evenveel draden hingen. In de verzameling verlichtingsdraden die de Technische Recherche in de Wir War bar heeft veiliggesteld kwamen draden voor van 11 m lang, met 50 lampjes, maar ook draden van 18 m

lang met 100 lampjes. Voor de reconstructie zijn 21 draden gebruikt met een lengte van 8 m en 35 lampjes elk.

3.7 Ontsteking van de brand

Als ontstekingsbron is, conform de gegevens van het LCI-V, een drietal tegen elkaar vastgehouden sterretjes gebruikt; in de drie proeven werden de sterretjes tegelijkertijd aangestoken, waarna de betreffende TNO-medewerker, vergezeld van een lid van de TNO bedrijfsbrandweerploeg, de sterretjes tegen de onderzijde van de laag takken in het lage gedeelte van het schaalmodel hield. Direct daarna verlieten beiden het schaalmodel via een speciaal daartoe in de zijwand aangebracht luik. Tussen ontsteken en het dichtgaan van het luik zit een kleine 10 seconden.

3.8 Waarnemingsmogelijkheden

Waarnemingen vonden tijdens de proeven langs drie wegen:

- Visuele observatie. Ten behoeve van een goed zicht op wat zich in het schaalmodel afspeelt is in de zijwanden een drietal ramen opgenomen, voorzien van brandwerende beglazing die bij brand transparant blijft. Achter deze ramen konden waarnemingen veilig plaatsvinden. Tijdwaarneming vond plaats met een stopwatch en met het geautomatiseerde meetsysteem. Het verloop van de branduitbreiding is visueel opgenomen aan de hand van het bereiken van enkele markeringspunten door het vlamfront. Twee videocamera's van TNO stonden vast opgesteld: één voor het raam naast de klapdeur, één achter een speciaal vlak boven de grond gemonteerde ruit in de kopgevel, zie bijlage A voor de exacte posities. In proef 2 was naast de camera's van TNO ook een videoploeg in opdracht van de commissie cafébrand nieuwjaarsnacht actief met twee camera's.
- Indicatoren. De volgende objecten zijn daartoe opgesteld:
 - kunststof bierglazen, geplaatst op een houten tafel met het blad op 1.00 m; het NFI heeft het materiaal van de glazen bepaald als een copolymeer, nl. styreen acrylonitril (afgekort : SAN)
 - "grotpapier", op diverse plaatsen tegen de zijwanden bevestigd, zie bijlage E voor posities;
 - Een P6 poederblusser was op de grond recht op geplaatst binnen het bargedeelte, waarboven geen versiering was aangebracht. De temperatuur van het oppervlak van de blusser werd gemeten met een thermokoppel dat op halve hoogte op het buitenoppervlak was geplakt.
- Metingen. Een beperkt aantal meetinstrumenten opgesteld in het schaalmodel geeft objectieve gegevens over het verloop van de omstandigheden tijdens de proef. Instrumenten zijn opgesteld voor meting van de volgende grootheden:
 - luchttemperatuur; op vier locaties in het schaalmodel, en op verschillende hoogten, meten dunne thermokoppels de luchttemperatuur;
 - warmtestralingsflux; op 150 mm afstand van iedere thermokoppelboom meet een watergekoelde warmtestroommeter de totale van bovenaf invallende warmtestroom (totaal : straling plus convectie). Twee opnemers meten op hoofdhoogte, 1.7 m, twee andere op 0.65 m hoogte. Het hoogteverschil is aangebracht om verschillen in warmtestroom waar te nemen, die zijn te verwachten als de brand zich als een relatief

smalle strook van de ontstekingsbron af voortplant. In dat geval is op hoog niveau een korte sterke puls te verwachten, terwijl dan vlak boven de grond een aanzienlijk lagere piekwaarde te verwachten is.

- concentraties van zuurstof (O₂), kooldioxide (CO₂) en koolmonoxide (CO). Deze gassen zijn op 1.6 m hoogte midden in het schaalmodel continu bemonsterd en door analysers geleid;
- zichtlengte; met relatief eenvoudige instrumenten is op twee hoogten de optische verzwakking van een lichtstraal gemeten;
- meting van het statische drukverschil tussen de ruimte en de beproevingshal vond plaats met een capacitieve opnemer op een pijpje, flush met de binnenwand geplaatst halverwege de gevel met de klapdeur.

De exacte posities van de verschillende meetinstrumenten is aangegeven in de plattegrond in bijlage F

Waarnemingen en analyse

Het plan was om twee identieke grote schaalproeven uit te voeren, met omstandigheden die zo goed als mogelijk gelijk zijn aan elkaar en aan de situatie in 't Hemeltje op 1 januari, voor zover bekend uit de gegevens bekend bij het LCI-V. Naar aanleiding van het resultaat van de eerste proef (proef 1a) is besloten deze over te doen na het aanbrengen van wijzigingen (proef 1b). Omdat ook na proef 1b nog mogelijkheden werden gesignaleerd voor het vergroten van de overeenkomst tussen de proefopstelling en de werkelijkheid in 't Hemeltje is de derde proef (proef 2) met een iets gewijzigde opstelling uitgevoerd.

De resultaten van de uitgevoerde schaalproeven worden hieronder besproken. De bespreking refereert aan meetresultaten, die in grafiekvorm zijn opgenomen in bijlage I.

4.1 Proef 1a

Omstandigheden

De eerste proef vond plaats op 15 mei, in het bijzijn van vertegenwoordigers van de IBR, het NFI, TR en tactische recherche; allen op uitnodiging van het IBR als opdrachtgever.

Waarnemingen

De sparentakken ontsteken vrijwel direct na het bijbrengen van de sterretjes. Binnen een tiental seconden is van de onderzijde brand zichtbaar over een oppervlak van minder dan 1 m². Tegelijkertijd smelten de eerste nylon draden door, waarmee de takken brandend op de grond vallen. Dat gebeurt al zo vroeg, dat de naastliggende takken nog niet de tijd hebben gekregen om te ontsteken. Niet meer dan 1 à 2 m² takken zijn verbrand als de brand vanzelf dooft.

Analyse

In de besprekingen na afloop van de waarnemingen kwam het beeld naar voren dat in 't Hemeltje diverse factoren mogelijk hadden gezorgd voor een betere bevestiging van de takken:

- de takkendichtheid in de proef werd als te laag ingeschat. Bij een hogere takkendichtheid zou meer verband kunnen bestaan tussen de takken onderling enerzijds, en tussen takken en draden anderzijds;
- de nylon draden waren in 't Hemeltje kennelijk strakker gespannen, en vaker verknoopt dan in het schaalmodel;
- de kerstverlichting in 't Hemeltje leidde waarschijnlijk tot het langer blijven hangen van de

takken: takken die dreigen te vallen als de nylon draden doorsmelten blijven hangen op de koperkern van de verlichtingskabel, althans als die voldoende zeker aan de takken is bevestigd.

De proefopstelling is naar aanleiding van deze analyse voor de latere twee proeven op alle drie de aspecten aangepast: hogere takkendichtheid, strakkere en op meer plaatsen verknoopte nylondraden, en aanbrengen van de kerstverlichting.

4.2 Proef 1b

Omstandigheden

De tweede proef vond plaats op 21 mei. Behalve de aanwezigen van een week eerder was er nu ook vertegenwoordiging van de Commissie cafébrand nieuwjaarsnacht en van de beleidsdirectie Brandweer en Rampenbestrijding van het Ministerie van BZK. Ook de eigenaar van 't Hemeltje, zijn dochter en twee medewerkers woonden met toestemming van de IBR de proef bij. Ten opzichte van proef 1a zijn de veranderingen aangebracht als besproken bij de analyse van proef 1a.

Waarnemingen

De sparrentakken ontsteken weer vrijwel direct na het bijbrengen van de sterretjes. Na een vijftiental seconden beginnen takken brandend te vallen. Gedurende de volgende vijftien seconden vallen binnen het vak (gevormd door de ventilatiekanalen) waarin de brand is aangestoken takken brandend naar beneden, gedeeltelijk bij elkaar gehouden door kerstverlichting. De vlammen van de gevallen takken reiken met elkaar tot het plafond. Na ca. 30 seconden lijkt het alsof de vlammen naar beneden worden geduwd, komen zij onder de "vakafscheiding" door. Vanaf dat moment worden de vlammen doorzichtiger, en groeien zij in een paar seconden door; over het gehele plafond komen takken brandend naar beneden, en 37 seconden na ontsteking nemen de vlammen de volledige ruimte in; circa 30 seconden later doven de zichtbare vlammen, en blijven alleen op de vloer bij de uitgang nog enkele takken branden. Na afloop van de brand zijn door de gehele ruimte over de vloer takken te vinden die slechts zeer beperkt lijken te zijn verbrand. Alleen dicht bij de uitgang liggen geen takken. Dit duidt erop dat de brand is gesmoord, en dat alleen bij de klapdeuren de juiste omstandigheden aanwezig waren om de takken "schoon op te laten branden".

Metingen en indicatoren

De opnemers zijn iedere 10 seconden bemonsterd en opgeslagen.

Alle temperatuuropnemers in de ruimte geven, op het moment waarop de vlammen de ruimte volledig innemen temperaturen aan boven de 380 °C. De hoogste gemeten temperatuur in de ruimte is op datzelfde moment 972 °C. Op de videofilm is te zien hoe de vlammen naar de voorkant van het schaalmodel uitbreiden, naar de openstaande deur, en veel minder in de dwarsrichting; dat verklaart de iets achterblijvende temperaturen van boom 3.

De straling geeft zeer kortstondig hoge waarden te zien: 109 kW/m² op de plaats van de ontsteking, 10 seconden later terug naar 26 kW/m².

De gasanalyse-apparatuur voor de meting van O₂ en CO₂ is al na zeer korte tijd buiten zijn bereik gekomen (16%, resp. 6%). Daardoor is slechts beperkt informatie beschikbaar over de minimum O₂ concentratie en overeenkomstige stijging van CO₂.

De temperatuuropmeter op de brandblusser laat een stijging zien van 17 naar 45 °C in 10

seconden tijd, en daarna tot 72 °C in nog eens 20 s.

De kunststof bierglazen op de tafel in het midden van de bar werden als gesmolten hoopjes kunststof aangetroffen. Ter vergelijking, in Volendam waren de glazen slechts licht beschadigd, in sommige zaten zelfs nog licht aangeschroeide bankbiljetten. Het grotpapier tegen de wanden was goeddeels weggebrand.

Analyse

De tijdsduur van 37 seconden tussen aansteken en volledige brand is extreem kort. Vermoed wordt dat het vallen van de brandende takken onder de gegeven omstandigheden heeft geleid tot grote hoeveelheden pyrolysegassen die, zodra ze buiten het "vak" met zuurstof in contact kwamen, zo massaal verbrandden dat de expanderende gassen met kracht de ruimte innamen. De indicatoren lijken te wijzen op een nog zwaardere brand dan in 't Hemeltje heeft plaatsgevonden. Ook de temperaturen en stralingsfluxen zijn gedurende korte tijd door de hele ruimte zeer hoog, met waarden waarbij brandbare objecten in de onmiddellijke nabijheid binnen enkele seconden spontaan ontsteken.

Gelet op de normale variatie tussen branden en hun gevolgen, hoeft het geen verbazing te wekken dat de resulterende omstandigheden in de ruimte afwijken van die in Volendam. De proef bevestigt in ieder geval het beeld dat uit getuigenverklaringen naar voren is gekomen, nl. dat zich in Volendam een extreem snelle brandvoortplanting kan hebben voorgedaan.

Als proeven 1a en 1b met elkaar worden vergeleken, dan blijkt dat kleine, onbetekenend lijkende details enorme gevolgen kunnen hebben voor de brandvoortplanting (wel of geen kerstverlichting in de laag takken). De "normale" regel die stelt dat versiering deugdelijk moet zijn aangebracht, een regel die beoogt de veiligheid te verhogen door te voorkomen dat brandende delen op mensen vallen, blijkt hier averechts uit te werken: juist omdat in proef 1a alleen nylon draden de takken moesten tegenhouden bleef de brand beperkt tot één à twee vierkante meter.

4.3 Proef 2

Omstandigheden

De derde proef vond plaats op 29 mei. Enkelen van de aanwezigen van een week eerder konden er nu niet bij zijn.

Ten opzichte van proef 1b is één significante verandering aangebracht: waar in proef 1b één op drie of vier lampjes aan takken waren vastgezet, was voor proef 2 extra moeite gedaan om ieder lampje vast te zetten. Waar dat niet kon met de lusjes in de verlichtingsdraad zijn kunststof tie-wraps toegepast.

De gesignaleerde beperkingen aan de te meten concentraties CO₂ en CO zijn in de apparatuur opgeheven.

Waarnemingen

De sparrentakken ontsteken weer vrijwel direct na het bijbrengen van de sterretjes. Nu blijven de vuurverschijnselen echter ca. 40 seconden lang beperkt tot de laag takken: in tegenstelling tot in proeven 1a en 1b vallen geen brandende takken uit de laag. Na 40 seconden vallen binnen een vijftal seconden brandende takken naar beneden ter plaatse van het punt van ontsteking, binnen het "vak" begrensd door de ventilatiekanalen. Vervolgens breidt de brand

zich in nog eens vijf seconden uit over de gehele ruimte. De tijd verlopen tussen ontsteking en volledig in brand staan is daarmee 50 s.

Het beeld van de ruimte, als aangetroffen na afloop van de brand is zeer vergelijkbaar met die van proef 1b.

Metingen en indicatoren

De opnemers zijn iedere 5 s bemonsterd en opgeslagen.

Alle temperatuuropnemers in de ruimte geven op het moment waarop de vlammen de ruimte volledig innemen weer temperaturen aan boven de 400 °C, met als hoogste waarde 907 °C. De straling geeft zeer kortstondig nog hogere waarden te zien dan in proef 1b: 104 kW/m² op de plaats van de ontsteking, 117 kW/m² bij boom 2; de pieken lijken iets breder dan in proef 1b. De gasanalyse leert dat de O₂ concentratie onder de 2 % is gekomen, hetgeen betekent dat alle beschikbare zuurstof is verbruikt. De meting van CO₂ is helaas ook in deze proef "vastgelopen", nu echter tegen een grens van 10%. Gelet op de 2% O₂ en de 4% CO moet de CO₂ concentratie tot zeker zo'n 18% zijn opgelopen.

Nieuwe kunststof bierglazen op de tafel in het midden van de bar werden als gesmolten hoopjes kunststof aangetroffen. Het grotpapier tegen de wanden was goeddeels weggebrand. De temperatuuropnamer op de brandblusser laat een veel geleidelijker stijging zien van 17 naar een maximum van 96 °C.

Analyse

De tijdsduur van 50 seconden tussen aansteken en volledige brand is nog steeds extreem kort, en bevestigt dat proef 1b binnen de natuurlijke variatie geen extreem voorstelt. De waarnemingen lijken iets dichter te komen bij het beeld dat uit getuigenverklaringen was opgekomen, nl. brandverschijnselen die gedurende zekere tijd alleen bovenin de takken zichtbaar waren. Pas na 40 seconden is de gehele laag in het betreffende vak zo heet en zo zuurstofarm dat weer een zeer snelle uitbreiding naar de rest van de ruimte in gang wordt gezet.

Dit verschil met proef 1b strookt geheel met de verbeterde bevestiging van de kerstverlichting aan de takken; het laat nog eens de extreme gevoeligheid zien van het eindresultaat voor kleine veranderingen in aangelegde condities.

Discussie

De discussie in dit hoofdstuk beperkt zich tot de fysische en brandtechnische aspecten van de branden; bij TNO-CvB bestaat geen expertise over fysiologische aspecten. Experts op medische en gedragswetenschappelijke gebieden dienen de discussie te voeren over de gevolgen van de waargenomen en gemeten omstandigheden tijdens de brand voor daaraan blootgestelde mensen.

Een belangrijke vraag is natuurlijk of de branden 1b en 2 getrouwe afspiegelingen zijn van de brand in bar 't Hemeltje. Zekerheid is daarover niet te geven, omdat de verklaringen over de gebeurtenissen in de bar niet eensluidend zijn. Directe en objectieve aanwijzingen geven de indicatoren die in het schaalmodel waren aangebracht: kunststof bierglazen, grotpapier, tafelblad. In 't Hemeltje zijn die voorwerpen licht beschadigd, in beide proeven is de aantasting ernstiger (volledig versmolten bierglazen, weggebrand grot-papier). Dit wijst er op dat de beide proefbranden heftiger zijn geweest dan de brand in 't Hemeltje.

Ook de fysische metingen leveren gegevens die relevant zijn voor de beantwoording van de vraag naar de getrouwheid van de reconstructie. Niet rechtstreeks, omdat in 't Hemeltje uiteraard geen metingen zijn verricht. Wel echter indirect, uit de respons van blootgestelde materialen en mensen. Fysiologen kunnen wellicht een uitspraak doen over de vraag of de letsels van doden en gewonden verklaard kunnen worden op basis van de waargenomen temperatuur, straling en gasconcentraties.

Voor wat betreft de respons van materialen kan gebruik worden gemaakt van het gegeven uit de metingen van proef 2, dat de straling gedurende 15 tot 30 seconden boven de 30 kW/m² (afhankelijk van de opnemer) is gebleven. Uit eerder onderzoek is bekend dat bijvoorbeeld karton met een dikte van 2 mm en vurenhout bij een invallende straling van 30 kW/m² na 20 seconden ontsteken. Op basis hiervan zou men verwachten dat in de proef vergelijkbare materialen ook daadwerkelijk ontsteken, zoals het houten tafelblad waarop de glazen zijn geplaatst. Hier doet zich echter een complicatie voor: omdat tegelijkertijd met de hoog oplopende warmtestraling de zuurstofconcentratie tot vrijwel nul terugloopt, kunnen materialen vrijwel niet meer ontsteken! De beste illustratie daarvoor vormen overigens de sparrentakken zelf. Deze zijn kennelijk uiterst brandbaar; toch zijn na de beide grote proeven veel takken onvolledig verbrand teruggevonden terwijl vaststaat dat zij in de vlammen hebben gehangen; dat is alleen verklaarbaar uit een te sterk verlaagd zuurstofgehalte. Eenzelfde redenering verhindert het trekken van conclusies uit het al dan niet ontstoken zijn van voorwerpen in de proeven en in de werkelijkheid van 't Hemeltje.

Uitgaande van de – zeker niet bewezen – veronderstelling dat de proeven zwaarder zijn uitgevallen dan de werkelijke brand in 't Hemeltje, kunnen als mogelijke oorzaken van een dergelijke afwijking de volgende elementen worden aangevoerd:

- invloed van de aanwezigheid van een 300-tal bezoekers op met name wat er gebeurt met gevallen brandende takken; deze invloed is moeilijk in te schatten;
- eventuele afwijkingen tussen de ontwerpkeuzen (veelal gebaseerd op het beeld van 't Hemeltje dat uit de politierapporten naar voren komt) en de werkelijkheid.

Conclusies

De schaalproeven uitgevoerd bij TNO Centrum voor Brandveiligheid bevestigen in grote lijnen het beeld dat uit de getuigenverklaringen naar voren is gekomen, nl. dat van een zeer intense, korte brand. In de twee proeven 1b en 2 bleek respectievelijk 37 seconden en 50 seconden te zitten tussen het moment van ontsteking en het moment waarop de beproevingsruimte geheel met vlammen gevuld is; in de iets grotere afmetingen van de werkelijke bar zullen daarvoor ten hoogste enkele seconden meer voor nodig zijn.

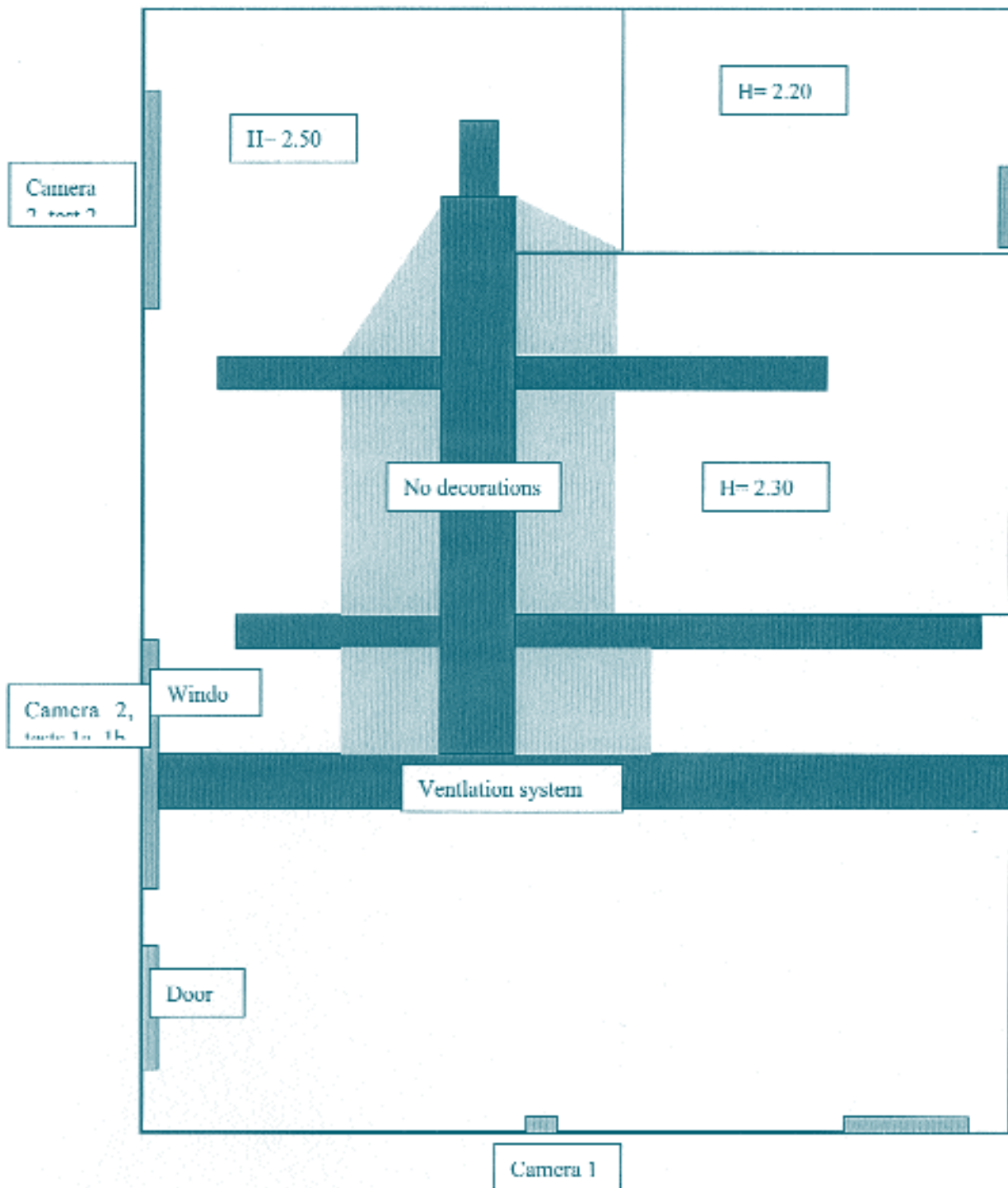
Twee van de drie uitgevoerde proeven zijn waarschijnlijk zelfs nog ernstiger uitgevallen dan de brand in bar 't Hemeltje in Volendam, maar dat is niet met zekerheid vast te stellen. De proeven geven zo in ieder geval een goede indicatie van wat in Volendam had kunnen gebeuren: zowel veel minder ernstige gevolgen (als toevalligerwijs geen kerstverlichting was opgehangen op de wijze als daar het geval was) als wellicht nog ernstiger gevolgen.

Referenties

- 1 Politie Zaanstreek-Waterland / Centrale Dienst / Technische Ondersteuning; Proces-Verbaal van Bevindingen, LCI-V document 0363, p. 14
- 2 H.J. v.d. Tholen, Opname luchtbehandelingsinstallatie en diverse metingen, Deerns rapport 30024/01, januari 2001, LCI-V document 0368.
- 3 A.B.E. Theeuwen en J.H.L.M. Lelieveld, Voorlopige resultaten experimenten n.a.v. de brand in Volendam, NFI rapport 2001.01.03.028, april 2001, LCI-V document 0616

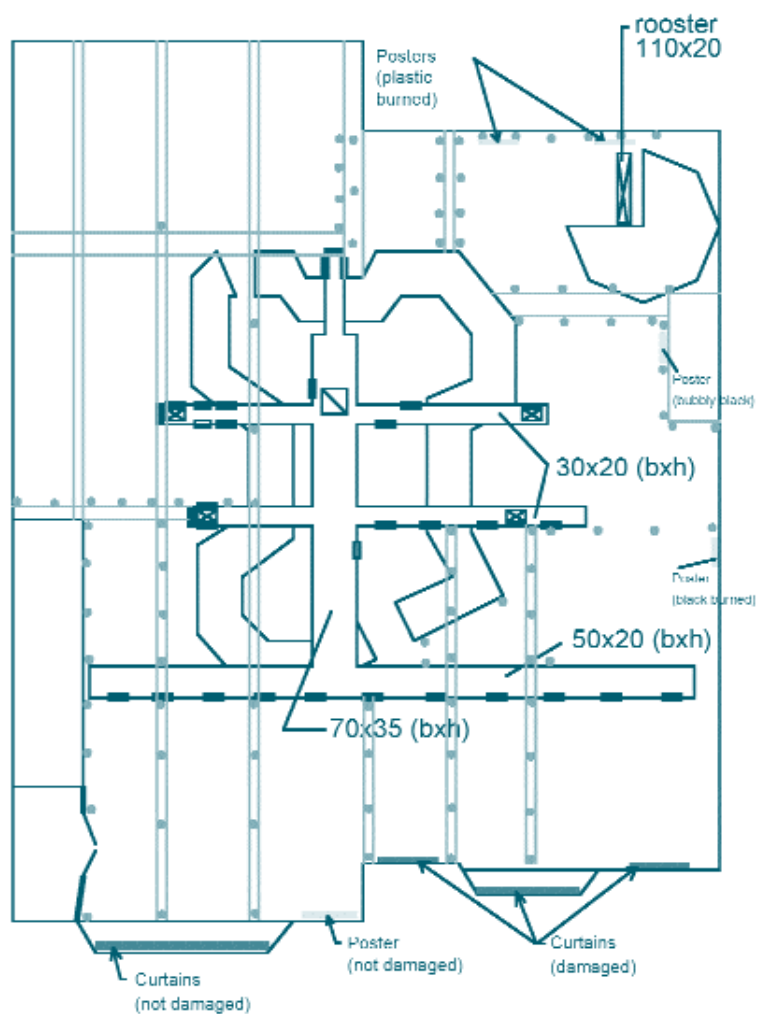
Bijlagen

Bouwconstructie van het schaalmodel



Plattegrond van 't Hemeltje

116



- | | |
|---|---|
|  rooster 8 x 18 cm (28 st) |  Balken en lijsten |
|  rooster rond 10 cm (3 st) |  Schroefogen |
|  rooster 20 x 20 cm (4 st) |  Posters |
| |  Gordijnen |

Q_{in} = 5600 m³/h
 Q_{uit} = 3300 m³/h

Deelonderzoek naar de droging van sparrentakken

Het brandgedrag van kersttakken en de invloed van het vochtgehalte

Inleiding

In principe moet de reconstructie worden uitgevoerd met takken die even droog zijn als de takken in 't Hemeltje' op 1 januari. Dat vochtgehalte was niet bekend; gegeven was dat de takken een maand in een (centraal) verwarmde ruimte hebben gehangen. Daarom is een deelonderzoek uitgevoerd om na te gaan:

- wat het vochtgehalte van de takken ten tijde van de brand is geweest?
- hoe sterk hangt het brandgedrag af van het vochtgehalte?
- hoe snel het gewenste vochtgehalte bereikt is in een droogkamer (40 °C, 10% relatieve vochtigheid)?

Achtereenvolgens worden de volgende onderwerpen beschreven:

- beschrijving van het droogproces;
- beschrijving van de beproeving van het brandgedrag;
- relatie tussen vochtgehalte en brandgedrag.

117

Beschrijving van het droogproces

In Volendam hebben de kersttakken bijna een maand gehangen. De buitentemperaturen waren in de laatste twee weken rond het vriespunt, binnen was de temperatuur 20 °C. Uitgaande van opwarming van koude lucht met 100% r.v. tot 20 °C, zonder uitwisseling, condensatie of verdamping, zal de relatieve vochtigheid dus ongeveer 30% geweest zijn.

De informatie over het droogproces werd essentieel gevonden voor het verdere verloop van de proeven. We hebben daarom de volgende pragmatische benadering gekozen:

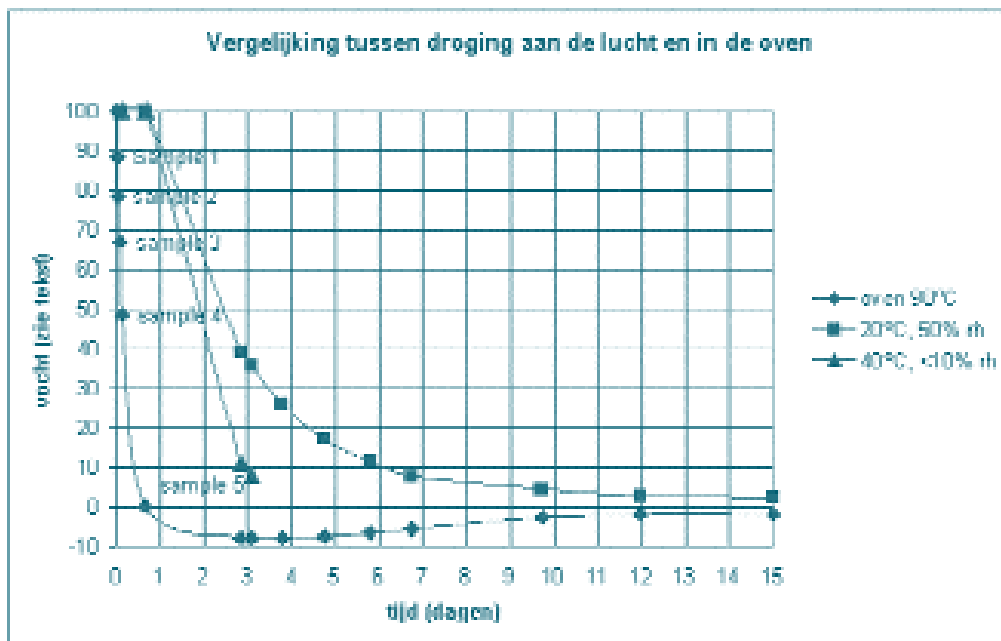
- een droging in de oven bij 98 °C levert snel een 'drooggewicht' op. Deze waarde kan dan als referentie gebruikt worden voor de tussenwaarden. Het bleek dat na 16 uur drogen het gewicht constant bleef; aangenomen is dat het eindpunt van de droging dan bereikt is;
- in de conditioneeruimte van het laboratorium van het Centrum voor Brandveiligheid, bij 20 °C en 50% r.h. is de 'normale' droging gevolgd. In de loop van 2 weken bleek het gewicht niet belangrijk meer te wijzigen. We kunnen dus aannemen dat ook in 't Hemeltje de eindwaarde bereikt was;
- om de takken snel op het gewenste vochniveau te brengen zijn ze gedroogd bij 40 °C. In een periode van ca. 3 dagen bleek het gewicht met slecht 10% af te nemen bij droging in de oven; het vochtgehalte was dus laag genoeg voor onze doeleinden;
- verschillende droogcondities leiden tot verschillende eindwaarden; een ovengedroogd monster neemt bij omgevingscondities weer iets in gewicht toe. Groot bleken deze verschillen niet te zijn.

- voor de verdere vergelijkingen hebben we voor de vochtgehaltenes de volgende schaling gekozen; zoals de takken binnenkwamen, is het vochtgehalte '100' genoemd, het eindpunt na droging bij 20 °C is '0' genoemd. Op deze manier zijn alle monsters ten opzichte van elkaar gerangschikt.

We realiseren ons dat we op deze manier niet een absoluut vochtgehalte bepaald hebben. We hebben wel goede gegevens over de droging en de toestand van het materiaal zoals dat in Volendam gebruikt is.

De volgende monsters zijn gebruikt voor de bepaling van het brandgedrag:

Sample nr	droogtijd	vochtgehalte
1	30 min.	88
2	1 uur	78
3	2 uur	67
4	3 uur	48
5	16 uur	0



Figuur 1, vergelijking tussen droging in de oven (98 °C) en aan de lucht (20 °C, 50% r.v. en 40 °C, <10% r.v.)

Bepaling van het brandgedrag

Een gestandaardiseerde methode was op korte termijn niet beschikbaar. Voor karakterisering van het brandgedrag is gebruik gemaakt van vierkante mandjes van ca. 45x45x45 cm, waar ongeveer 2.5 kg takken losgestapeld inpaste. Deze mandjes zijn gedurende verschillende tijdspannes in de oven gedroogd, zodat het brandgedrag bij verschillende vochtgehaltenes bepaald kon worden. Het vochtgehalte is geschat door weging vóór en na de droogperiode. De takken werden ontstoken met behulp van 20 ml aceton op een schaalteje dat onder in het mandje geschoven was. Het brandgedrag werd gevolgd in de opstelling voor de prEN ISO

13823, de SBI-opstelling. Bij de standaard verversing van 0.6 m³/s werden tijdens de test de volgende parameters gemeten; zuurstofconcentratie, kooldioxideconcentratie, koolmonoxideconcentratie, temperatuur, rookdichtheid. Als belangrijke parameters worden hiervan de 'Rate of Heat Release' (RHR) en 'Total Heat Release' (THR) berekend. Uit de praktijk bleek dat deze methode geschikt was om tot een karakterisering van het brandgedrag te komen.

Brandgedrag en vochtgehalte

Visueel bleken al grote verschillen op te treden tussen droge en natte (verse) takken. Na ontsteking brandden de droge takken snel en vrijwel volledig op. De verse takken bleken lastig te ontsteken. Na een eerste vuurtje doofde de takken weer, waarna ze met veel rook bleven doorgloeien, tot, na enige tijd, het vuur weer ontbrandde. Dit herhaalde zich, totdat uiteindelijk alle takken vrijwel volledig verbrand waren. Uit de analyse van de meetgegevens bleek dit verschillende gedrag ook duidelijk. Om de verschillen kwantitatief weer te geven zijn belangrijke parameters zijn de maximale RHR, de tijd waarbij de maximale RHR bereikt werd, en de THR in de eerste 15 minuten. De gevonden waarden zijn weergegeven in de 2 grafieken figuur 2 en 3.

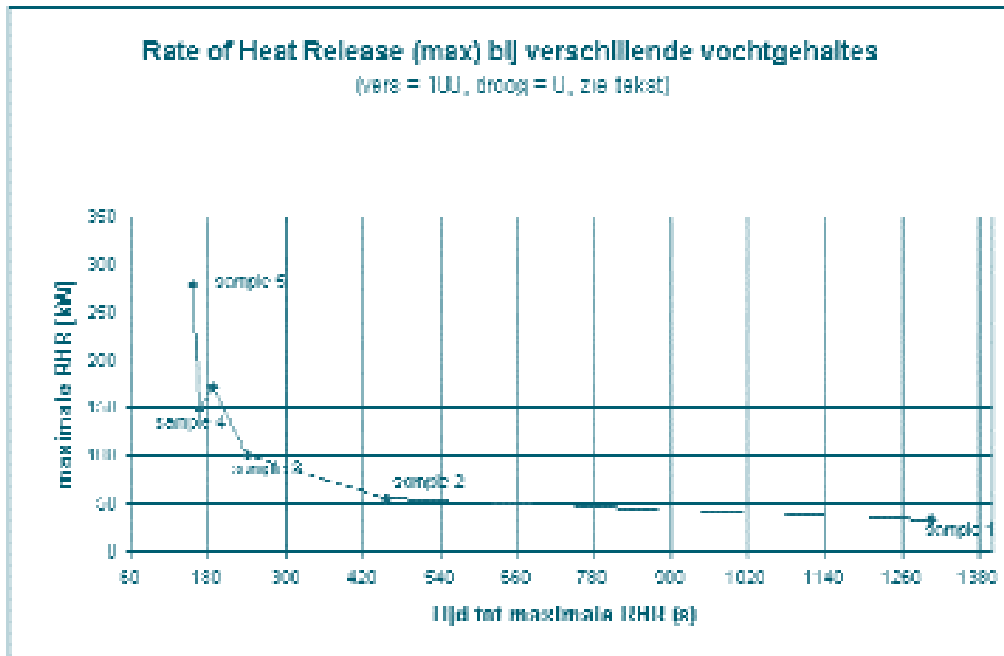
Een omslag in brandgedrag blijkt plaats te vinden na het verlies van ca. 50% van het aanwezige vocht. Daaronder brandt het materiaal in een keer helemaal af, daarboven vertoont het materiaal het beschreven aan/uit gedrag. Bij een verdere afname van het vochtgehalte neemt de piek in de RHR nog wel toe, en ook de THR neemt nog wat toe. Het tijdstip van optreden van de piek verandert niet veel meer (kan ook niet veel korter). Zoals te verwachten brandt het materiaal dus steeds feller en sneller naarmate het vochtgehalte afneemt. Voor toepassing in de simulatie zal het voor het resultaat van belang zijn dat het vochtgehalte zo laag mogelijk is.

Ter vergelijking is de test met maximaal gedroogde takken ook uitgevoerd met toevoeging van 2 pakjes lametta's, zoals die ook gebruikt waren in Volendam. Op de Rate of Heat Release en Total Heat Release had dit geen effect; ook de hoeveelheid rook, of de intensiteit van de rook, was niet beïnvloed in vergelijking met de test zonder lametta's.

Vochtgehalte van de sparrentakken gebruikt in de schaalproeven

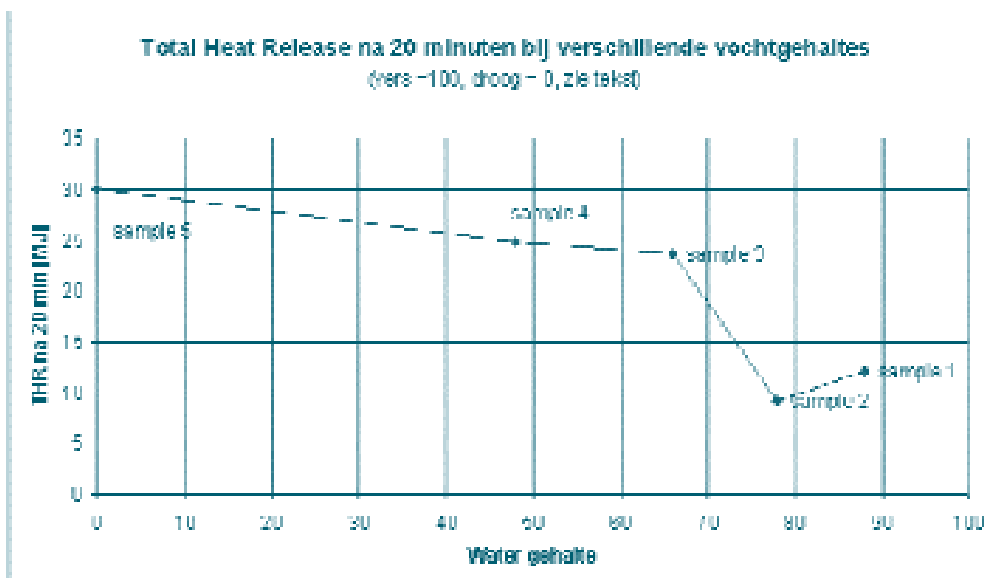
De sparrentakken die in de schaalmodelproeven zijn gebruikt werden voorafgaand gedroogd in de instelbare droogruimte van TNO-CvB, ingesteld op 40 °C en 10 % r.v. Meting van het vochtgehalte vond plaats als de takken vanuit de droogkamer naar het schaalmodel werden vervoerd.

Figuur 2



120

Figuur 3



Test 1a (15.05.01):

De takken gebruikt in deze proef waren op 4 mei 2001 bij TNO aangekomen; de takken bleken, op het moment dat zij uit de conditioneerkamer werden genomen, 41 % van hun initiële massa te hebben verloren. Op de in het hoofdrapport gedefinieerde schaal bevatten de takken op dat moment 9 % vocht.

Test 1b (21.05.01):

De takken gebruikt in deze proef waren op 4 mei 2001 bij TNO aangekomen; na vervanging van de takken die in proef 1a waren verbrand. De takken waren volledig droog (0 %) en waren in evenwicht met de ad hoc beproevingsruimte.

Test 2 (29.05.01):

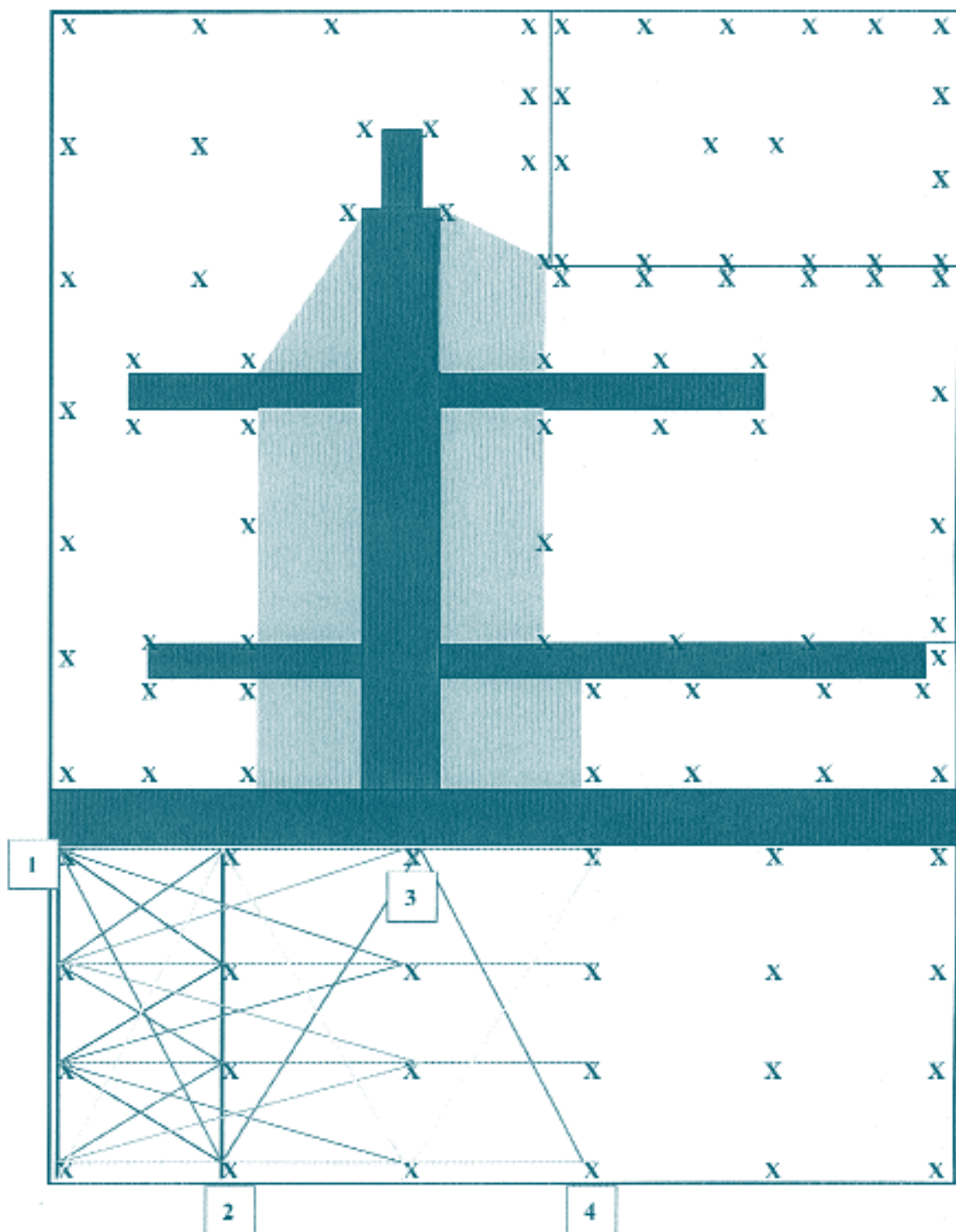
De takken gebruikt in deze proef waren op 16 mei 2001 bij TNO aangekomen. De takken waren in evenwicht met de ad hoc beproevingsruimte; de takken bleken, op het moment dat zij uit de conditioneerkamer werden genomen, 49 % van hun initiële massa te hebben verloren. Op de in het hoofdrapport gedefinieerde schaal bevatten de takken op dat moment 0 % vocht.

Korte uitleg van de gehanteerde schaal:

0 % vochtgehalte is gekoppeld aan het droge referentieniveau bij 20 °C en 50 % r.v.;

100 % verse takken bij binnenkomst gelden als 100%;

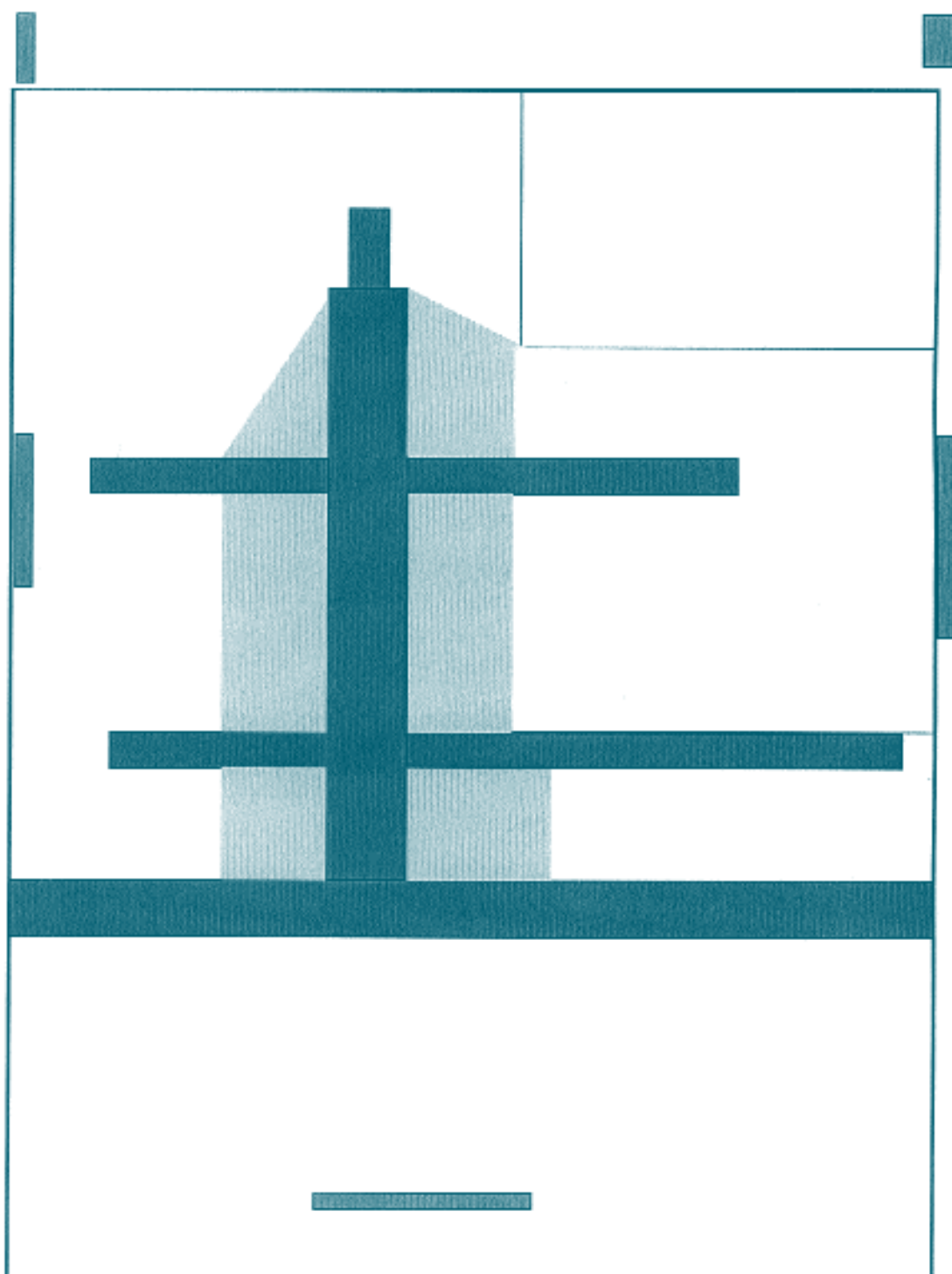
Nylon koorden en bevestigings- schroeven in het schaalmodel



Positie van het "rots-papier" in het schaalmodel

The reconstruction of 't Hemeltje. 1:200.

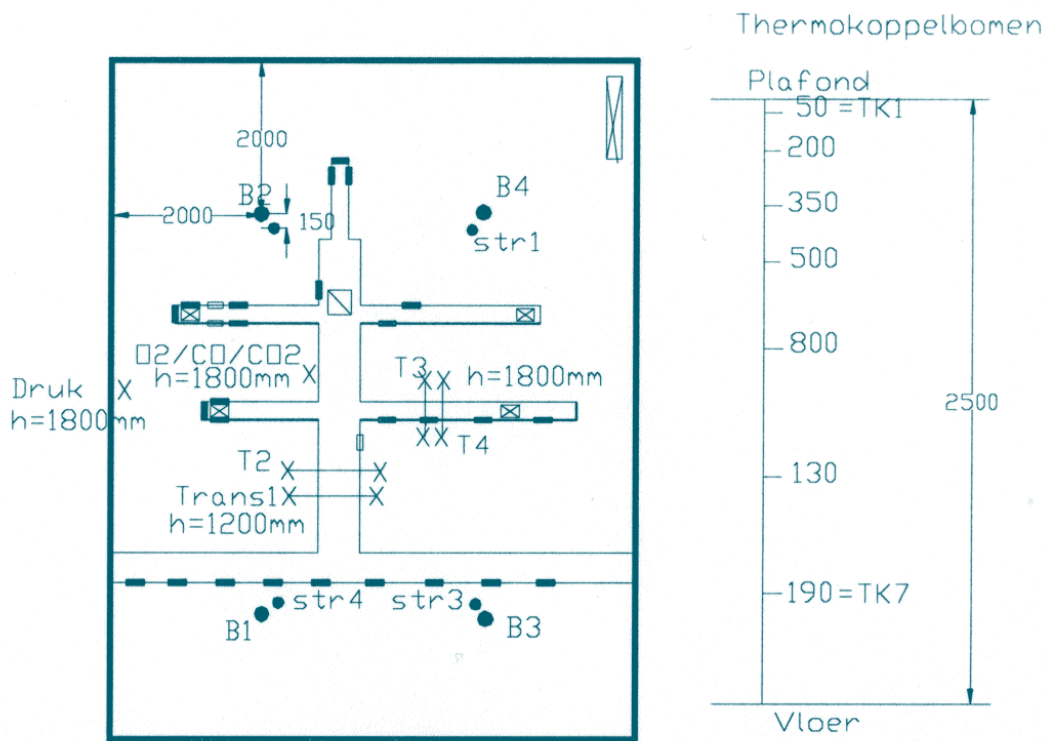
Placement of the cave-paper used as decorations on the wall.



Posities van de meetinstrumenten

Boom 1= TK11 t/m TK17 enz. Str. B1 en B4 op 800 mm vanaf plafond, B2 en B3 op 1850 mm vanaf plafond

124



Ontwerpgegevens van het ventilatiesysteem in het schaalmodel

Bij het ontwerp van het ventilatiesysteem is uitgegaan van het zo goed mogelijk gelijk houden van:

- het ventilatievoud, en
- de luchtsnelheden in de uitstroomroosters

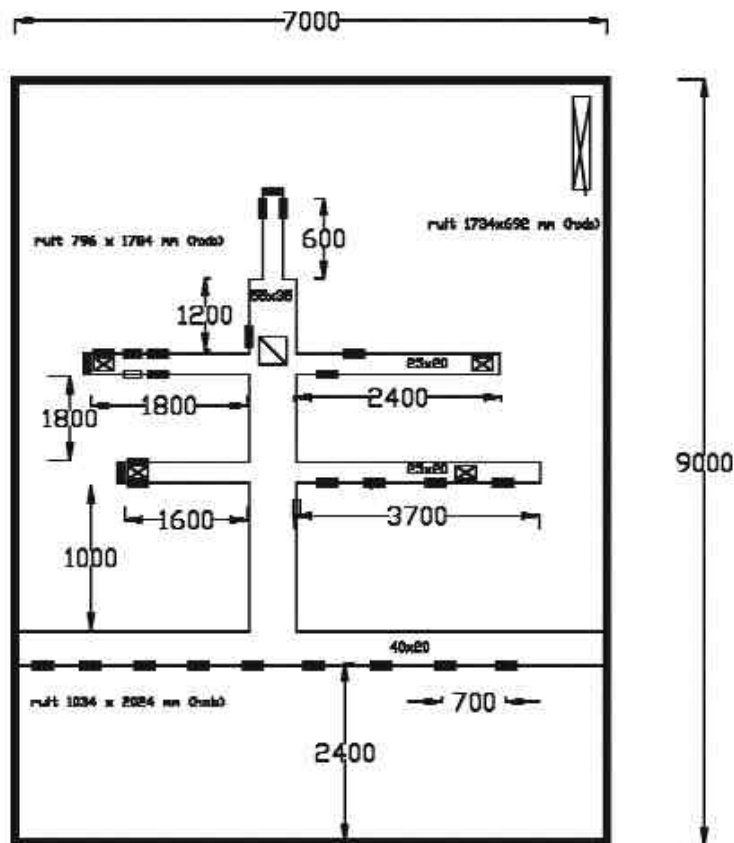
Uitgangspunt is geweest de metingen die bureau Deerns na de brand in 't Hemeltje heeft uitgevoerd. Dat heeft de volgende kenmerkende getallen opgeleverd:

- toevoerdebiet : 5600 m³/h
- afvoerdebiet : 3300 m³/h
- luchtsnelheid voor de vertikaal opgestelde toevoerroosters : 2,5 – 3,0 m/s

Vanwege de kleinere afmetingen is het toevoerdebiet teruggeschaald naar $5600 * (7 * 9) / (10 * 14) = 2500$ m³/h en het afvoerdebiet met dezelfde factor naar 1500 m³/h.

Na instelling van deze debieten in het schaalmodel bleken de luchtsnelheden voor de roosters binnen de range 2,5 – 2,0 m/s te vallen.

125



inwendige hoogte 2.50 mtr.

Deelonderzoek invloed ventilatie op het brandgedrag van sparrentakken

Beoordeling ventilatie op het brandgedrag niet-geïmpregneerde kersttakken (*abies nobilis*)
De gebruikte takken zijn verkregen via het NFI en zijn eerder veiliggesteld uit de WirWar bar. Één vierkante meter takken = ca. 6 takken zijn gelegd op een kruiselings geplaatst dradenpatroon uit staalraad. Dit is in de reconstructieruimte geplaatst direct vóór een wandrooster en naast een plafondrooster. De lichtsnelheid van deze roosters is ingesteld op de door Bureau Deerns vastgestelde uitblaassnelheden. Deze bedroegen :

Wandrooster: 2,5-3,5 m/s

Plafondrooster: 5-6 m/s.

Overige roosteropeningen in het kanalenstelsel zijn afgedicht met blindplaten.

De takken zijn ontstoken middels een A4'tje papier.

126

Tabel 1: Tijdstippen van de diverse brandverschijnselen

Tijdstip [s] vanaf ontsteking waarop het verschijnsel op de waarnemersplaats werd waargenomen

Brandverschijnsel	Zonder ventilatie	Opmerking	Met ventilatie	Opmerking
Ontsteking	0	-	0	-
Eerste vlammen waarneembaar	15	-	18	-
Eerste rook waarneembaar	25	-	23	-
Totaal oppervlak in brand	65	-	58	Het totaal brandt feller
Vallende brandresten	87	Nagenoeg geen brandende resten op vloer	58	Aanzienlijke hoeveelheid brandresten op vloer
Zichtbare afname vuurverschijnselen	98	-	86	-
Einde vlammen	125	-	113	-
Rook	-	Blijft als laag in stand (d=ca. 20 cm)	-	Mengt al snel door de ruimte

Algemene waarnemingen:

Zonder ventilatie:

de rook geeft een min of meer alzijdige verspreiding te zien vanaf de brandhaard. Deze rook blijft gedurende de duur van de brand als rooklaag met een dikte van ca. 20 cm intact. De takken branden vrijwel geheel op: na de proef worden nagenoeg geen brandende resten op de vloer waargenomen. Gedurende de brandduur is op een hoogte van ca. 1 meter het zicht in de ruimte nagenoeg rookvrij.

Met ventilatie:

Rook en vlammen bewegen zich in aanvang in de richting vanaf het wandrooster. De rook blijft in mindere mate gestratificeerd en wordt voor een groot deel opgemengd. Na afloop bevindt zich een aanzienlijke hoeveelheid brandende resten op de vloer. Al tijdens de brandduur is het zicht verminderd op een hoogte van 1 meter.

Conclusie:

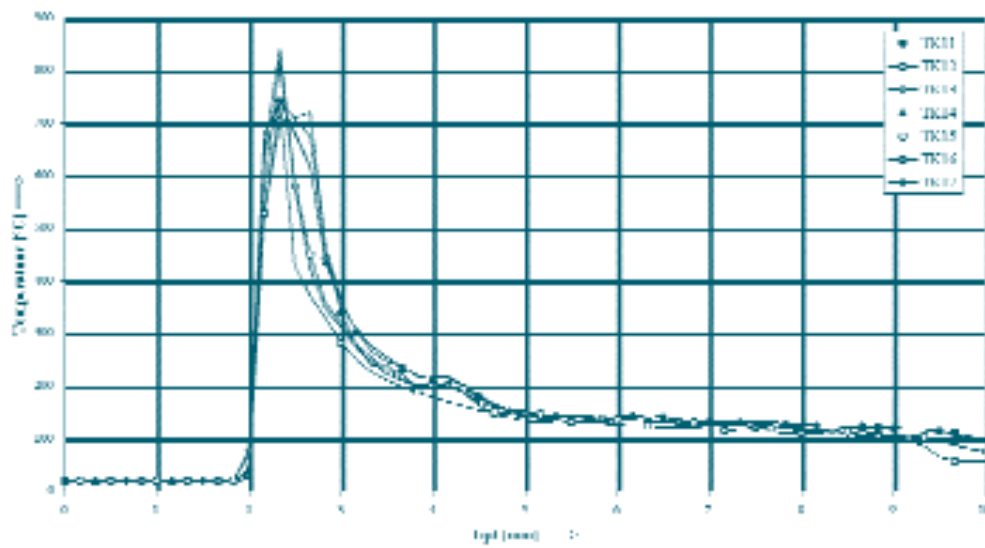
De algemene indruk is dat **met** ventilatie het brandgedrag iets feller is dan **zonder** ventilatie. De genoemde referentietijdstippen laten echter zien dat de verschillen gering zijn. Het brandgedrag van de takken is derhalve met ingeschakelde ventilatie niet wezenlijk anders dan met uitgeschakelde ventilatie.

Meetresultaten



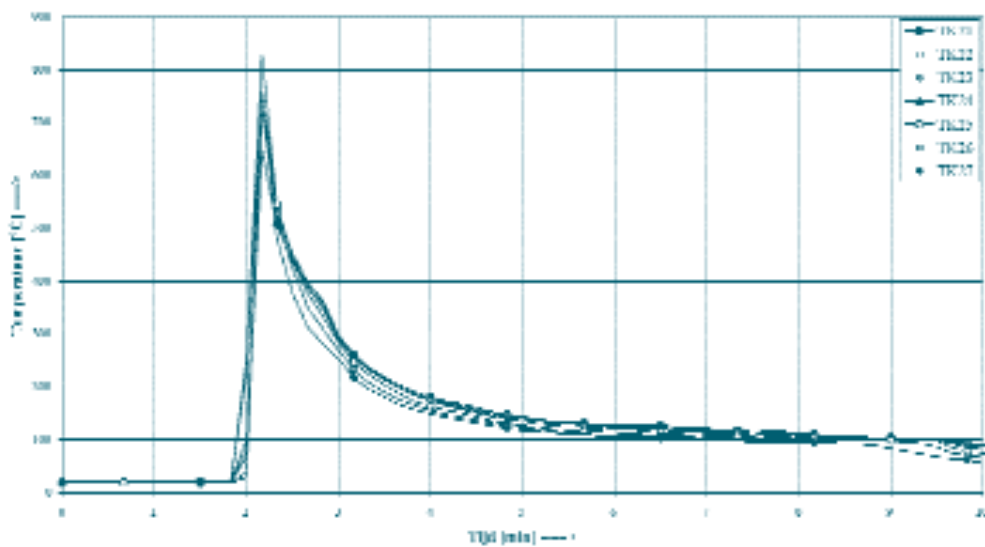
PROEF 1b, 21 mei 2001

Temperaturen positie 1

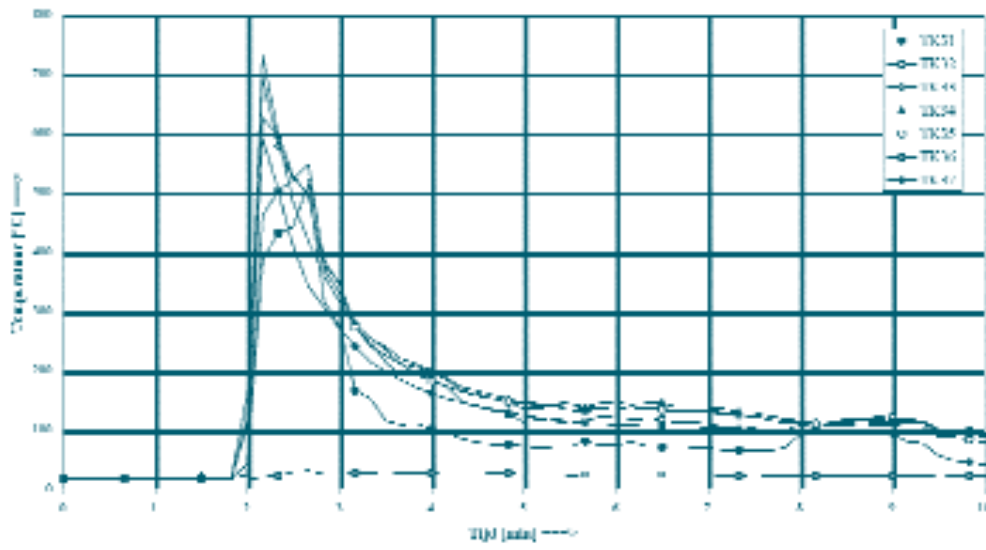


129

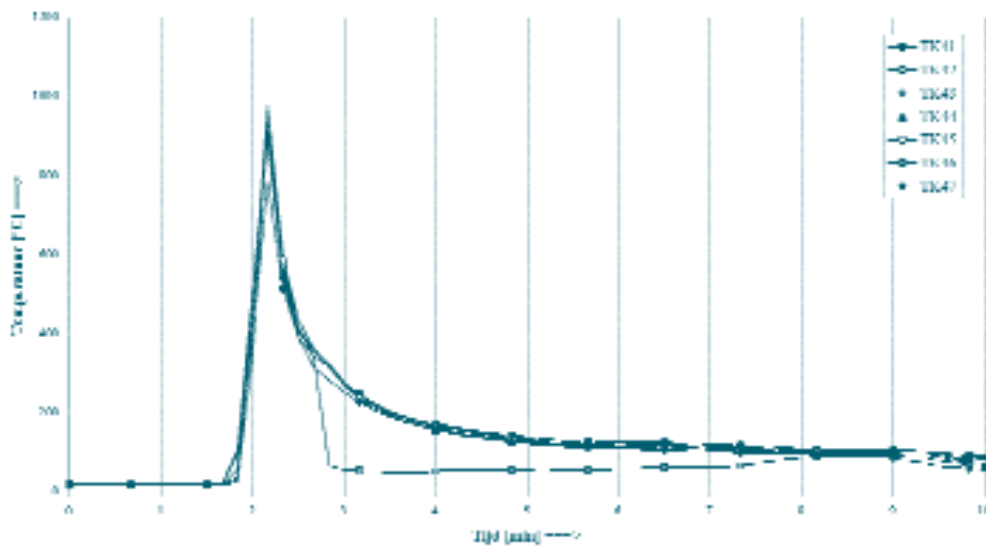
Temperaturen positie 2



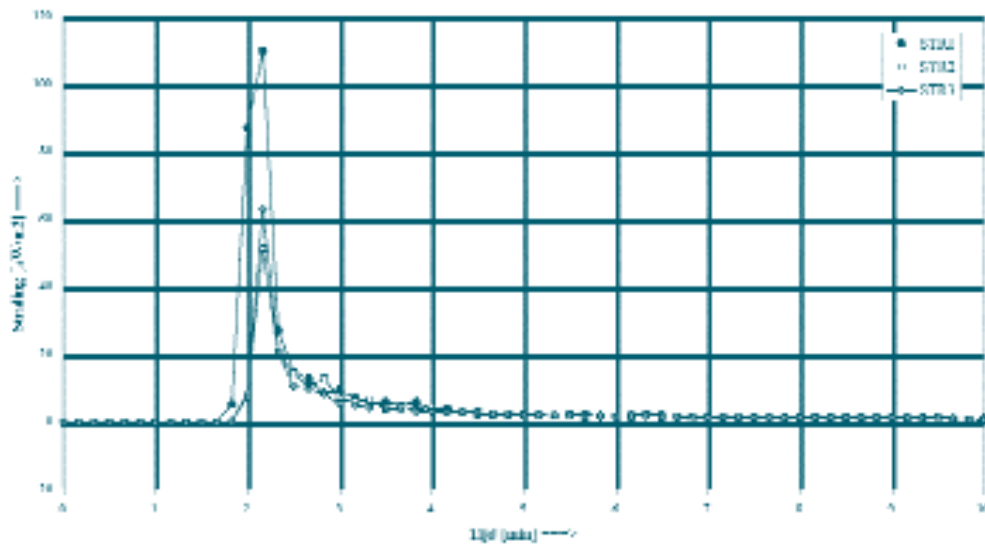
Temperaturen postle 3



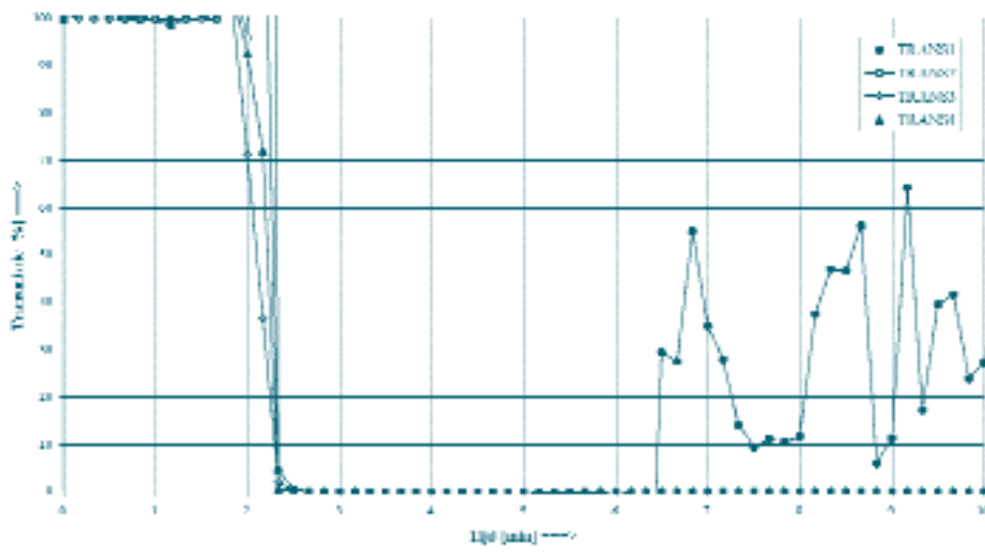
Temperaturen postle 4

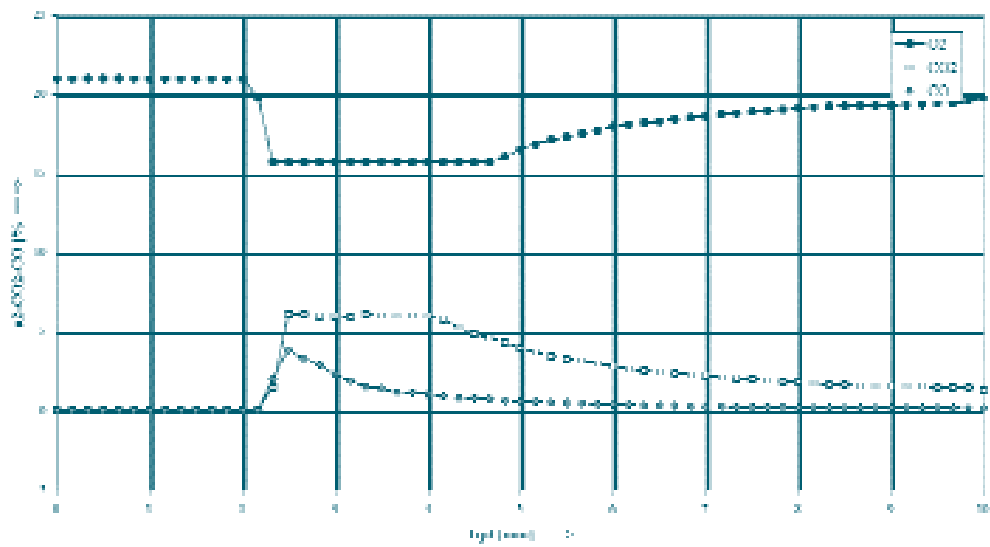


Straling



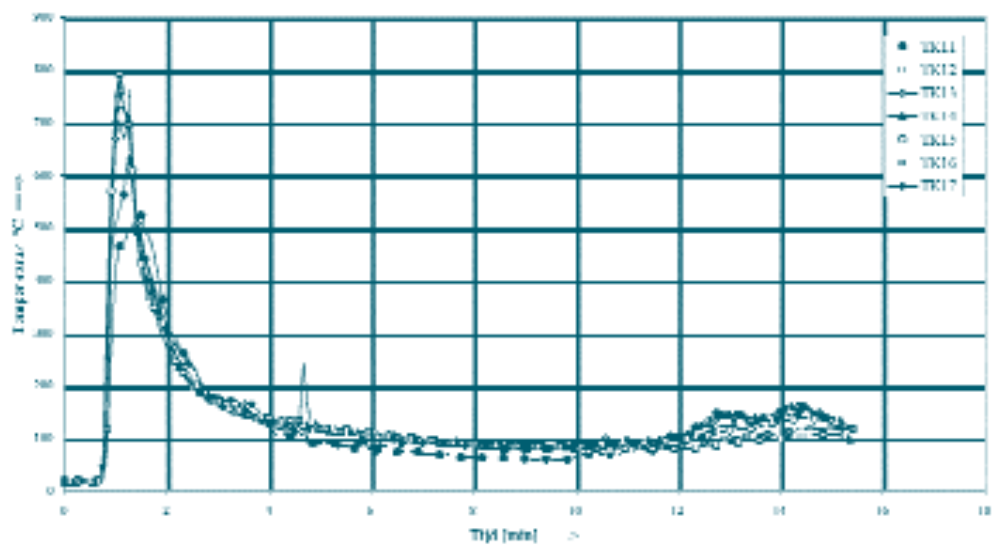
Transmissie 180 cm en 120 cm





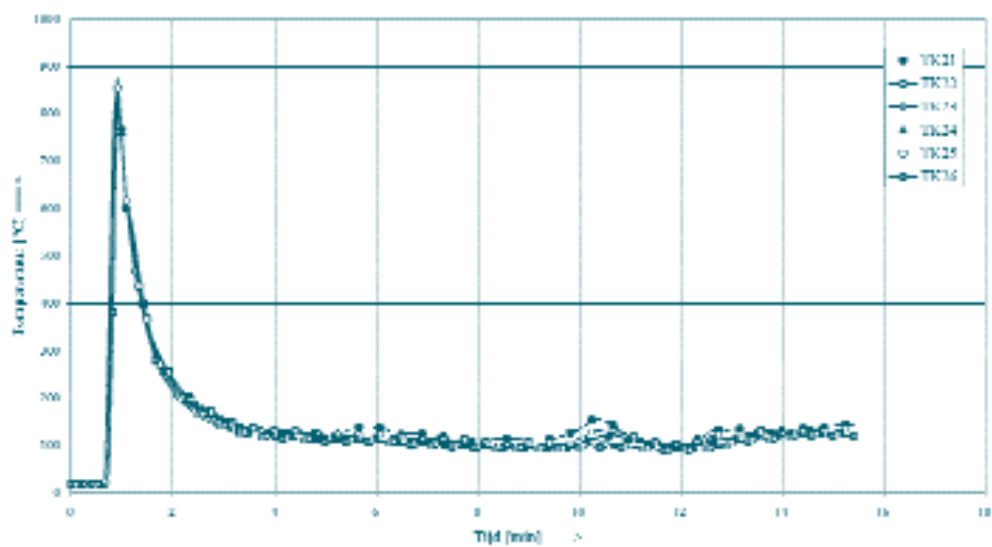
PROEF 2, 29 mei 2001

Temperaturen positie 1

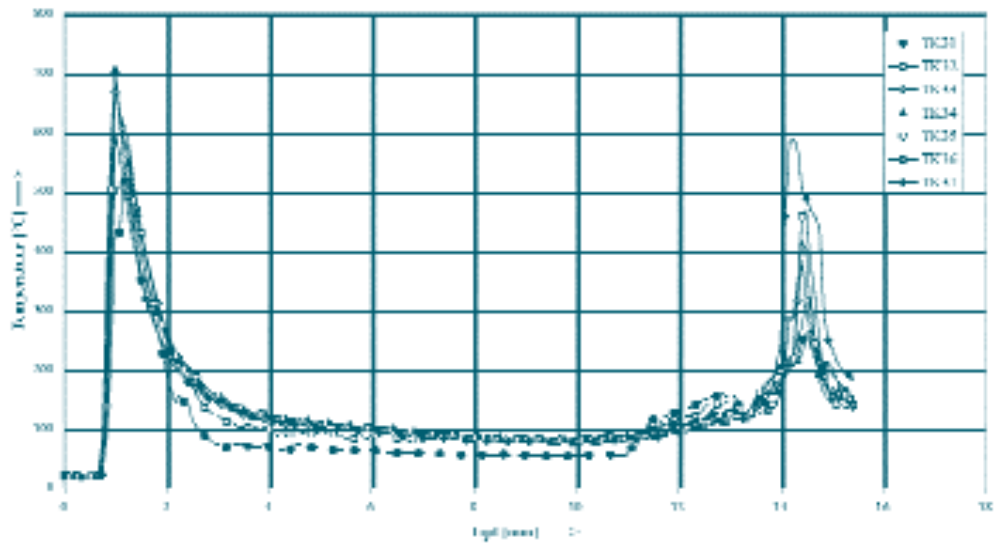


133

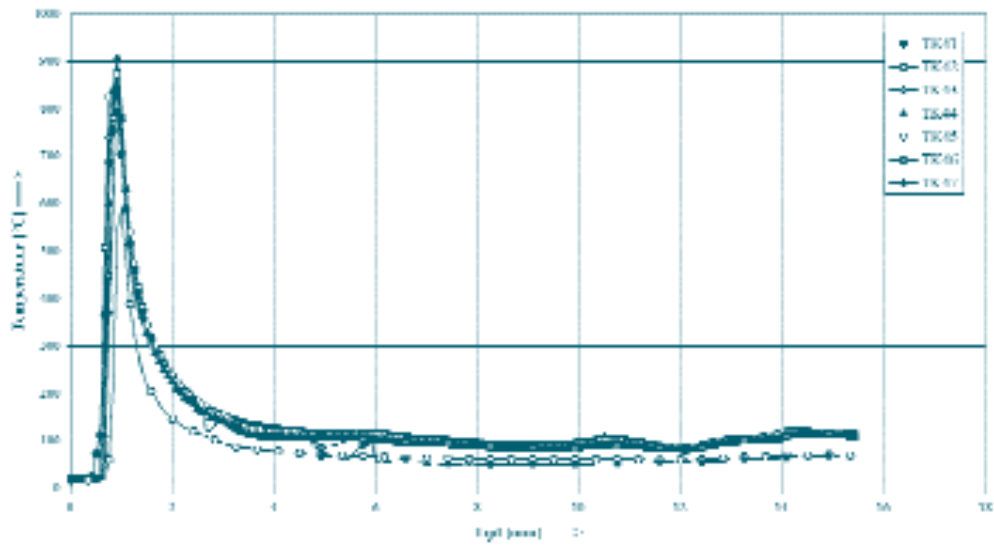
Temperaturen positie 2



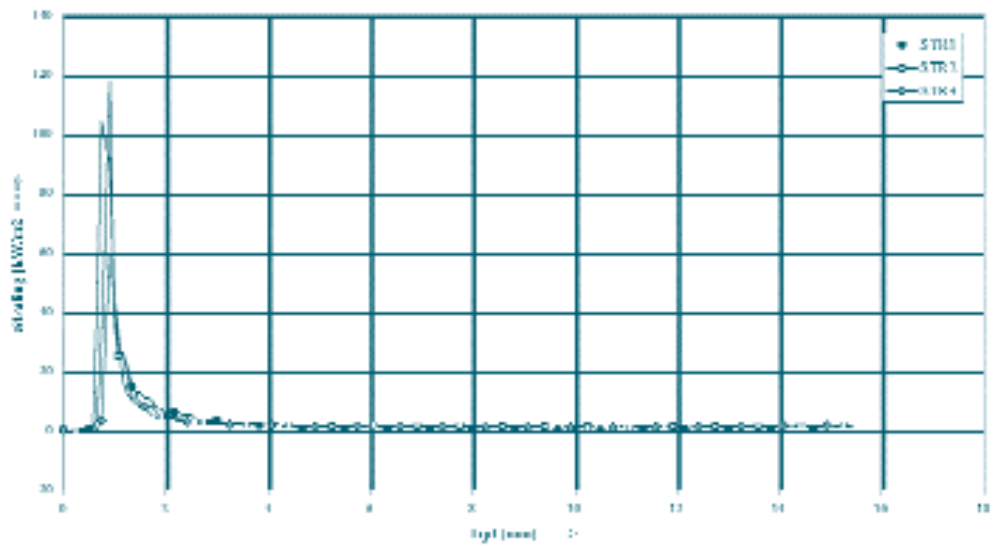
Temperaturen positie 3



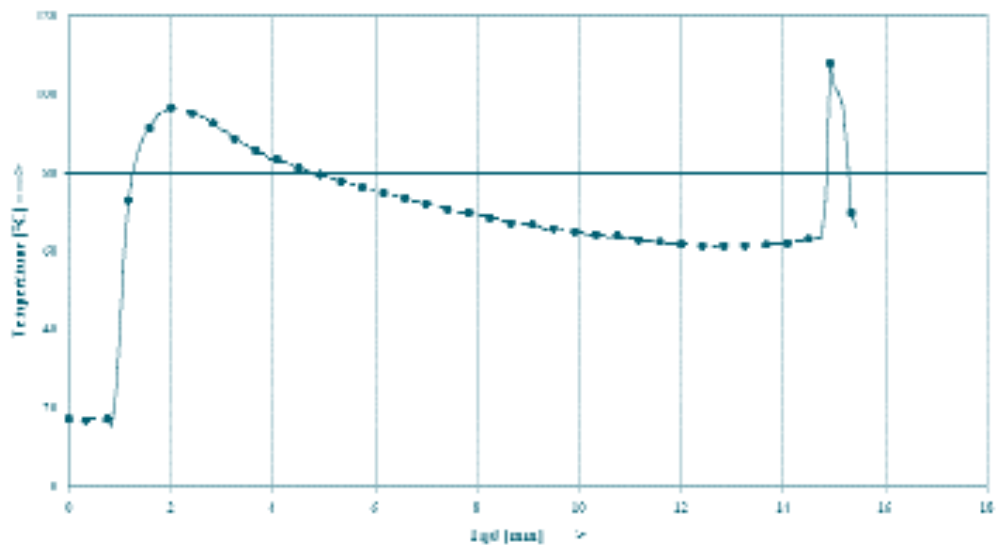
Temperaturen positie 4



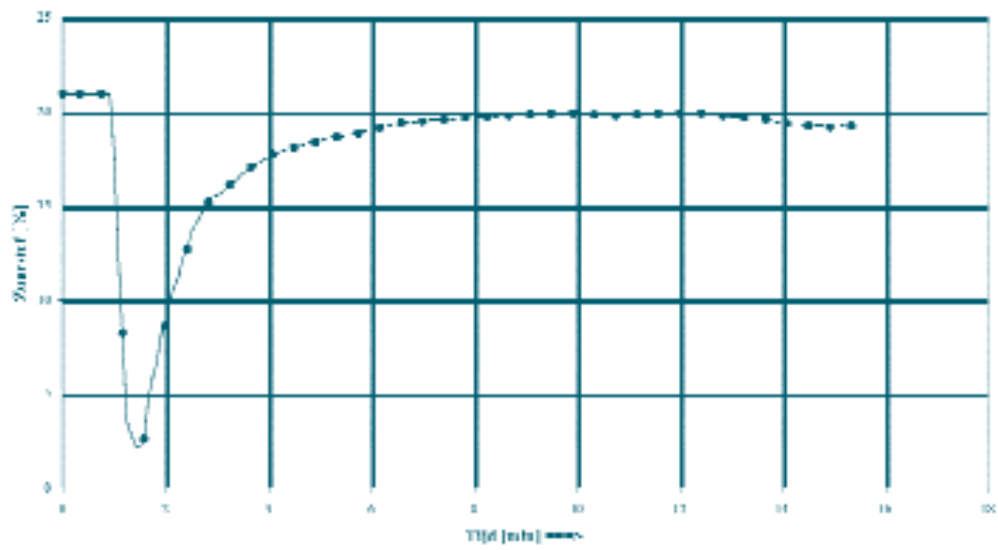
Straling op 4 posities



Temperatuur van de brandblusser



O2 afname



CO2 en CO toename

