

ONGERUBRICEERD

*TNO-rapport*  
Bijlage bij brief 00D2/2392

## **Brandproeven consumentenvuurwerk**

TNO Prins Maurits Laboratorium

Lange Kleiweg 137  
Postbus 45  
2280 AA Rijswijk

Telefoon 015 284 28 42  
Fax 015 284 39 54

Datum  
november 2000

Auteur(s)  
Ing. H.H. Kodde  
Ing. Ph. van Dongen

Opdrachtgever : Federatie Vuurwerkhandel Nederland

Titel : Ongerubriceerd  
Samenvatting : Ongerubriceerd  
Rapporttekst : Ongerubriceerd  
Bijlagen A - C : Ongerubriceerd

Alle rechten voorbehouden.  
Niets uit deze uitgave mag worden  
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt  
door middel van druk, fotokopie, microfilm  
of op welke andere wijze dan ook, zonder  
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd  
uitgebracht, wordt voor de rechten en  
verplichtingen van opdrachtgever en  
opdrachtnemer verwezen naar de  
Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-  
opdrachten aan TNO, dan wel de  
betreffende terzake tussen partijen  
gesloten overeenkomst.  
Het ter inzage geven van het TNO-rapport  
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Aantal pagina's : 24 (incl. bijlagen, excl. documentatiepagina)  
Aantal bijlagen : 3

© 2000 TNO

Het kwaliteitssysteem van TNO-PML is  
gecertificeerd overeenkomstig  
ISO 9001 / AQAP 110.  
Certificaatnummer DNV  
CERT-02271-99-AQ-ROT-RvA.

ONGERUBRICEERD

TNO Prins Maurits Laboratorium is onderdeel  
van de hoofdgroep TNO Defensieonderzoek  
waartoe verder behoren:  
TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium  
TNO Technische Menskunde

Nederlandse Organisatie voor toegepast-  
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

## Samenvatting

Op verzoek van de Federatie Vuurwerkhandel Nederland (FVN) heeft het TNO Prins Maurits Laboratorium leiding gegeven aan de uitvoering van een tweetal brandproeven met consumentenvuurwerk. De opzet en uitvoering van de proefnemingen is tot stand gekomen met de inbreng van RISC Fire & Safety Services BV, het Nederlands Instituut voor Brandweer en Rampenbestrijding, het Nationaal Commando Koninklijke Landmacht, de firma YTONG Nederland BV en de FVN.

Brandproeven zijn uitgevoerd in een ompakruimte met 500 kg onverpakt consumentenvuurwerk en in een bewaarplaats met 5.000 kg verpakt consumentenvuurwerk, waarbij realistische ‘worst case’ brandscenario’s zijn nagebootst. In beide situaties voldeden de ompak- en opslagcondities aan de richtlijnen van het Handboek Milieuvergunningen.

De waargenomen brandeffecten kwamen overeen met hetgeen verwacht werd door de TNO deskundigen. In het geval van de ompakruimte met 500 kg onverpakt consumentenvuurwerk traden vlammen naar buiten met lengtes van circa twee meter en kwam veel rook vrij. Het verpakte consumentenvuurwerk in de bewaarplaats brandde geleidelijk op, waarbij eveneens vlammen naar buiten traden met lengtes van circa twee meter. In beide gevallen werden vuurwerkeffecten buiten de ruimtes waargenomen (b.v. naar buiten schietende vuurpijlen). Een massa-explosie trad bij geen van beide proeven op. De vuurwerkbranden waren beheersbaar in de zin dat de brandweer de branden kon benaderen en blussen.

## Inhoud

Samenvatting .....	2
1 Inleiding .....	4
2 Opzet brandproeven .....	5
2.1 Participanten en taakverdeling .....	5
2.2 Beproevingkader .....	5
2.3 Instrumentatie .....	11
3 Uitvoering en waarnemingen .....	13
3.1 Ompakruimte .....	13
3.2 Bewaarplaats .....	13
4 Conclusies .....	15
4.1 Ompakruimte .....	15
4.2 Bewaarplaats .....	15
4.3 Nabeschouwing .....	15
5 Referenties .....	17
6 Ondertekening .....	18
Bijlagen	
A Samenstelling van het consumentenvuurwerk	
B Gemeten temperaturen in ompakruimte	
C Gemeten temperaturen bij bewaarplaats	

## 1 Inleiding

Op verzoek van de Federatie Vuurwerkhandel Nederland (FVN) heeft het TNO Prins Maurits Laboratorium (TNO-PML) leiding gegeven aan de uitvoer van twee brandproeven met consumentenvuurwerk.

De doelen van de brandproeven met consumentenvuurwerk waren enerzijds het bevestigen dat vuurwerkeffecten tijdens brandsituaties, die ontstaan door menselijk falen en zoals deze kunnen voorkomen bij de detailhandel, beheersbaar zijn in de zin dat:

- een brand, waarbij consumentenvuurwerk betrokken is, blusbaar is;
- er geen (massa)explosie optreedt.

Anderzijds hadden de brandproeven met het consumentenvuurwerk tot doel de publieke opinie ten aanzien van eventuele ongevallen met consumentenvuurwerk te nuanceren. Dit laatste in relatie tot de vuurwerkcramp te Enschede, 13 mei 2000, waar hoofdzakelijk professioneel vuurwerk bij betrokken was.

Het TNO-PML aanvaardde de opdracht van de FVN onder de voorwaarde dat voor een realistisch, 'worst case', proefopzet gekozen zou worden en dat TNO de eindbeslissing over opzet en uitvoering van de proef zou krijgen. De duidelijke afspraak daarbij was dat TNO als onafhankelijk kennisinstituut, onafhankelijk van de uiteindelijke resultaten, de resultaten zou communiceren met de media. Eventuele nieuwe kennis zou toegepast mogen worden bij veiligheidsvraagstukken ten aanzien van de opslag en verkoop van consumentenvuurwerk.

Om de technische aspecten onder realistische omstandigheden te beschouwen werden het Centrum voor Brandveiligheid van TNO Bouw, het NIBRA (Nederlands Instituut Brandweer en Rampenbestrijding), het NATCO (Nationaal Commando Koninklijke Landmacht), RISC Fire & Safety training & services BV en de firma YTONG Nederland BV bij de opzet en de uitvoering betrokken.

Het TNO-PML had de algehele projectleiding en coördineerde de organisatie, de opzet, de uitvoering en de communicatie met de media van de brandproeven.

De brandproeven werden uitgevoerd op het bedrijfsterrein van RISC Fire & Safety training & services BV op de Maasvlakte op 14 oktober 2000.

## 2 Opzet brandproeven

### 2.1 Participanten en taakverdeling

De betrokken instanties: TNO, FVN, NIBRA, RISC, NATCO en YTONG, vormden een team van experts voor het opzetten van realistische worst case scenario's voor de brandproeven met consumentenvuurwerk. De inbreng van de diverse expertises was achtereenvolgens:

- FVN: opdrachtgever, samensteller representatieve partij consumentenvuurwerk (in samenwerking met het TNO-PML), en leverancier van het consumentenvuurwerk;
- TNO-PML: algehele projectleiding, -coördinatie en rapportage;
- TNO Bouw: advisering met betrekking tot brandbelasting;
- NIBRA: advisering met betrekking tot brandbelasting, inzet brandbestrijding, en het maken van video-opnamen;
- NATCO: advisering in brandbelasting en advisering met betrekking tot de brandbestrijding;
- RISC: beschikbaar stellen van bedrijfsterrein op de Maasvlakte, advisering en realisering van de brandbelasting, inzet brandweer;
- YTONG: bouw van constructies conform de richtlijnen van het Handboek Milieuvergunning.

### 2.2 Beproevingkader

Tijdens een eerste brainstormsessie met de projectparticipanten is het beproevingskader vastgesteld waar vanuit de beproevingscondities zijn afgeleid. De doelstelling van deze sessie was het definiëren van een efficiënte proefneming ten aanzien van de gevaarsaspecten van consumentenvuurwerk in de condities zoals het bewaard en verkocht wordt bij de detaillist.

Het resultaat van de sessie was dat een tweetal brandproeven zou worden uitgevoerd:

1. een proef met betrekking tot een brandongeval in een ompakruimte, en;
2. een brandproef met betrekking tot een brandongeval buiten een bewaarplaats, waarbij de brand na verloop van tijd doorslaat naar het opgeslagen consumentenvuurwerk.

In overleg werd besloten om de twee brandproeven zoveel mogelijk aan te laten sluiten aan de basiseisen zoals die in de voorschriften van het Handboek Milieuvergunningen omschreven zijn. Vanuit deze randvoorwaarde zijn een tweetal realistische 'worst case' ongevalsscenario's gedefinieerd.

Ten aanzien van de ompakruimte werd de volgende consensus in proefspecificaties gevonden:

*Ompakruimte*

- vloeroppervlak 2x3 m<sup>2</sup>;
- constructie van Ytong cellenbeton;
- zonder sprinklerinstallatie (simuleert niet-geactiveerde handbediende sprinklerinstallatie);
- geen toegangsdeur (open ruimte).

*Vuurwerk*

- 500 kg bruto onverpakt consumentenvuurwerk, waarvan:
  - 100 kg onverpakt los op een tafel en in een houten stelling, en;
  - 400 kg in opengeslagen dozen.

*Brandbelasting*

- interne brandbelasting die initieel gerealiseerd wordt door artikelen anders dan het vuurwerk (b.v. in brand gestoken prullenbak).

*Brandbestrijding*

- op een tijdens de brandproef te bepalen tijdstip wordt brandweer ingezet.

*Simulatie*

- deze proef simuleert bijvoorbeeld een brandongeval op het moment dat personen bezig zijn met herverpakken van consumentenvuurwerk in een open ompakruimte. Een normale brand ontstaat in de ruimte die overslaat naar het (grotendeels) onverpakte consumentenvuurwerk. De voorgeschreven handbediende sprinklerinstallatie wordt door menselijk falen niet bediend.

Ten aanzien van de bewaarplaats werd de volgende consensus in proefspecificaties gevonden:

*Bewaarplaats*

- vloeroppervlak 3x6 m<sup>2</sup>;
- constructie van Ytong cellenbeton;
- zonder sprinklerinstallatie;
- toegangsdeur gesloten met deurdranger.

*Vuurwerk*

- 5.000 kg bruto consumentenvuurwerk;
- representatieve vuurwerksamenstelling;
- in originele dichtgevouwen UN-dozen verpakt;
- deels gestapelde dozen, deels op houten stellingen.

*Brandbelasting*

- externe brandbelasting;
- rondom bewaarplaats (zie tevens §2.2.1);
- gedurende langere tijd (> 30 minuten).

*Brandbestrijding*

- op een tijdens de brandproef te bepalen tijdstip wordt brandweer ingezet.

### *Simulatie*

- deze brandproef simuleert het ongevalsscenario dat er in een winkelpand met een vuurwerkbewaarplaats een normale brand ontstaat die de kans krijgt zich volledig te ontwikkelen en de gesloten bewaarplaats van buiten af belast.

In de volgende sub-paragrafen wordt nader ingegaan op de afgesproken bovenstaande proefcondities.

#### **2.2.1 Constructies vs. brandbelasting**

Zowel de constructie als de inrichting van de ruimte werd uitgevoerd volgens de richtlijnen van het Handboek Milieuvergunningen. De keuze voor cellenbeton was gebaseerd op het gegeven dat circa 75% van de huidige bewaarplaatsen van cellenbeton gebouwd zijn.

#### *Nabeschouwing constructiekeuze met betrekking tot brandbelasting*

Bij de bespreking van de proefcondities werd overeengekomen dat een brandbelasting rondom de bewaarplaats zou worden aangebracht om een realistisch 'worst case' scenario na te bootsen. Tevens werd afgesproken dat de bewaarplaats gebouwd zou worden van Ytong cellenbeton.

Het is echter een gegeven dat cellenbeton goede warmteisolerende eigenschappen bezit. Dit heeft tot voordeel dat bijvoorbeeld een bewaarplaats van cellenbeton niet of nauwelijks aan de binnenzijde door warmtegeleiding opwarmt wanneer deze van de buitenzijde met een brand wordt belast.

Wanneer een constructie van metselwerk of beton van buiten af wordt belast met een brand kan echter wel enige opwarming van de binnenzijde van de wanden plaatsvinden (afhankelijk van warmtegeleidingscoëfficiënt en wanddikte). De temperatuur aan de binnenzijde van wanden van metselwerk of beton is bij een brandbelasting volgens de standaard brandkromme (NEN 6069 testnorm) na bijvoorbeeld 30 minuten ongeveer opgelopen tot 80-100 °C (orde van grootte schatting TNO Bouw). De warmtestraling hiervan zal na verloop van tijd tot gevolg hebben dat de dozen met consumentenvuurwerk ook langzaam opwarmen. Het wordt door het TNO-PML echter niet verwacht dat (in deze orde van grootte) voorverwarmd consumentenvuurwerk andere effecteigenschappen gaat vertonen dan waargenomen tijdens de classificatietesten die hebben geleid tot indeling in de transportgevenssubklasse 1.4S en 1.4G.

Omdat er geen voorverwarming van het consumentenvuurwerk zou plaatsvinden via de wanden van de bewaarplaats kon volstaan worden met een brandbelasting die zou worden aangebracht aan uitsluitend de deur-kozijn-constructie.

#### **2.2.2 De ompakruimte**

De ompakruimte was gebouwd van platen (0,75 x 2,20 m<sup>2</sup>) cellenbeton met een dikte van 0,15 m. De binnenafmetingen van de ruimte bedroegen 2,70 x 1,95 x

2,20 m<sup>3</sup> (lxbxh) en er was er een open verbinding met de omgeving met de afmetingen van een deuropening (2,20 x 0,80 m<sup>2</sup>). Het volume van de ruimte bedroeg dus 11,6 m<sup>3</sup> en de opening had een oppervlak van 1,76 m<sup>2</sup>.

De ompakruimte werd ingericht met een houten ‘ompaktafel’ waar een stoel met stoffen zitting voor werd geplaatst. Over de stoel werd een kledingstuk gehangen (gesimuleerd met lap stof). Naast de tafel stond een prullenbak gevuld met verpakkingsmateriaal (papier, karton en folie). Tussen de prullenbak en de tafel stond tegen de muur een stelling met houten planken.

De totale hoeveelheid consumentenvuurwerk in de ompakruimte bedroeg 500 kg. Hiervan was 100 kg los uitgestald op de tafel en in de stelling. De overige 400 kg bevond zich in kartonnen dozen (UN gekeurd), waarvan de boven zijde open stond. De dozen waren verspreid over de ompakruimte. Figuur 1 laat de inrichting van de ompakruimte zien.



*Figuur 1: 500 kg Consumentenvuurwerk opgeslagen in ompakruimte (a. linkerwand, b. rechterwand).*

Volgens het Handboek Milieuvergunningen moet een ompakruimte met een vergunning voor 500 kg consumentenvuurwerk zijn voorzien van een handbediende sprinklerinstallatie. Deze sprinklerinstallatie werd niet in de ompakruimte gemonteerd. De reden hiervoor was dat een realistisch ‘worst case’ situatie werd nagebootst. Hierbij werd uitgegaan dat in een paniek situatie het personeel van de detaillist de handbediende sprinklerinstallatie niet activeert.



### 2.2.3 De bewaarplaats

Ook de bewaarplaats was gebouwd van platen cellenbeton van 0,15 m. dikte. De binnenafmetingen van de ruimte bedroegen 5,70 x 3,00 x 2,20 m<sup>3</sup> (lxbxh). Het volume bedroeg hierdoor 37,6 m<sup>3</sup>. Het deuropervlak bedroeg 1,71 m<sup>2</sup> (2,06 x 0,83 m<sup>2</sup>).

De toegepaste deur-kozijn-constructie was 30 minuten brandwerend volgens NEN 6069 [8]. De deur was uitgerust met dranger en tijdens de proef gesloten (niet op slot). Al het consumentenvuurwerk was verpakt in UN gekeurde kartonnen dozen. De linker- en achterzijde van de bewaarplaats was voorzien van een stelling met houten planken waarin een deel van het consumentenvuurwerk werd geplaatst. Het overige consumentenvuurwerk stond aan de rechterzijde doos op doos gestapeld. Het middenpad was vrij gehouden. In totaal werd 5.000 kg consumentenvuurwerk in de bewaarplaats opgeslagen. Figuur 2 laat zien hoe het consumentenvuurwerk in de bewaarplaats was gestapeld.



Figuur 2: 5.000 kg Consumentenvuurwerk in bewaarplaats.

De brandproef simuleerde een externe brand die gedurende 30 minuten de deur zou belasten. Na 30 minuten zou de deur geopend worden indien zou blijken dat deze langer dan 30 minuten bestand was tegen de brandbelasting. Voor deze procedure werd gekozen omdat er in de praktijk ook deur(-kozijn)constructies zijn die wel na 30 minuten doorgebrand zijn.

### 2.2.4 Het consumentenvuurwerk

De samenstelling van het consumentenvuurwerk was gebaseerd op bestel- en leveringsorders aangeleverd door de FVN. In Bijlage A is de volledige lijst met gebruikt consumentenvuurwerk voor de brandproef met de bewaarplaats weergegeven. Voor de brandproef in de ompakruimte is een tiende deel van de in deze lijst genoemde artikelen geleverd.

Het beproefde consumentenvuurwerk voldeed aan de “Regeling nadere eisen aan vuurwerk”, Wet Milieugevaarlijke Stoffen. De verdeling van het consumentenvuurwerk was globaal als volgt:

- 40 (massa) % knalvuurwerk (rotjes);
- 50 (massa) % siervuurwerk;
- 10 (massa) % vuurpijlen.

Het betrof consumentenvuurwerk uit de transportgevensubklassen 1.4S en 1.4G. Deze transportgevensubklassen werden vastgesteld door het TNO-PML [4, 5, 6].

### **2.2.5 De brandbelasting**

In overleg met de verschillende participanten werd besloten realistische ‘worst case’ scenario’s na te bootsen bij beide brandproeven.

#### *Ompakruimte*

Voor wat betreft de brandproef in de ompakruimte werd overeengekomen dat een beginnende brand in de ompakruimte zou worden gesimuleerd die door menselijk falen niet zou worden geblust. Bij de brandproef werd dit gerealiseerd door een prullenbakbrand na te bootsen die na verloop van tijd door ontwikkeld naar andere brandbare goederen in de ompakruimte en uiteindelijk het onverpakte vuurwerk. Daartoe werd een stevige prullenbak geïmproviseerd (doorgezaagde gasfles), waarin zich papier en ander verpakkingsmateriaal bevond. De brand werd in de prullenbak geïnitieerd door (consumenten) aanmaakblokjes.

In het geval de prullenbakbrand niet zou door ontwikkelen naar het consumentenvuurwerk zou een ‘noodplan’ in werking worden gesteld. Dit ‘noodplan’ was erop gericht om het vuurwerk alsnog te laten ontbranden met een door een gasleiding aangevoerde propaangasbrand.

#### *Bewaarplaats*

De brandbelasting aan de buitenzijde van de deur-kozijn-constructie werd gerealiseerd door een propaangasbrand. Voorafgaand aan de uiteindelijke proeven zijn een aantal tests gedaan om te bepalen of deze brandbelasting hoog genoeg was om de standaard brandkromme te simuleren. Deze wordt bij brandproeven toegepast om de mate van brandwerendheid (uitgedrukt in minuten) van constructies vast te stellen (overeenkomstig NEN 6069 norm). In onderstaande figuur wordt een indruk van de testopstelling gegeven. Thermokoppels voor de deurconstructie werden hierbij gebruikt om de temperatuur als functie van de tijd vast te stellen.



*Figuur 3: Testproef om brandbelasting op de deur-kozijn-constructie van de bewaarplaats te testen.*

De brand werd gerealiseerd door propaangas dat vrij kwam door een pijpleidingensysteem vanuit een waterbak (2,0x2,0 m<sup>2</sup>). Zoals op de foto van de testopstelling te zien is bestond er bij deze testproeven geen direct vlamcontact met de deur-kozijn-constructie. De weersomstandigheden (windkracht en -richting) hadden hier een grote invloed op. Ook bleek dat de vlam niet 'dik' genoeg was om voldoende warmtestraling te produceren. Een praktische oplossing werd gevonden in de vorm van een gassproeikop die op ongeveer 1,50 meter hoogte horizontaal naar de deur was gericht en als zodanig een extra vlam-jet op de deur-kozijn-constructie zou kunnen realiseren op het moment dat de brandbelasting tijdens de proef te laag zou zijn.

### **2.3 Instrumentatie**

Om de brandeffecten en de bijdrage van vuurwerkeffecten daarin te kunnen kwantificeren zijn bij beide brandproeven temperatuurmetingen uitgevoerd en video-opnamen gemaakt.

#### *Video-opnamen*

Door het TNO-PML zijn zowel video-opnamen binnen in de ompakruimte en bewaarplaats gemaakt als buiten de ompakruimte en bewaarplaats. Door het NIBRA is gedurende de gehele proevendag een videofilm gemaakt. De gezamenlijke beelden zijn gecompileerd tot één videoband [7].

#### *Temperatuurmetingen*

In de ompakruimte waren twee thermokoppels in het plafond bevestigd. De thermokoppels staken ongeveer 0,50 meter naar binnen en waren in de lengte-as in het

midden van het plafond bevestigd. De thermokoppels waren op 1,0 meter en 2,0 meter van de voorzijde in de ompakruimte geplaatst.

In de bewaarplaats werd zowel de brandbelasting op de deur-kozijn-constructie als de temperatuurontwikkeling in de ruimte gemeten. Aan de voorzijde van de deur betrof het twee thermokoppels in het midden op 1/3- en 2/3- hoogte van de deur. In de ruimte zelf werden drie (draad)thermokoppels in het plafond geplaatst (respectievelijk 0,55 meter, 3,00 meter en 4,50 meter van de deurzijde verwijderd en ongeveer 0,50 meter uitstekend vanuit het plafond) en één plaatthermokoppel werd voor de stelling met vuurwerk gemonteerd (1,28 meter van de deur op een hoogte van 1,10 meter en op 0,62 meter van de wand).

### 3 Uitvoering en waarnemingen

In het volgende worden de resultaten van de brandproeven besproken. Door het NIBRA en door het TNO-PML zijn video-opnamen tijdens de brandproeven gemaakt die mede de onderbouwing vormen voor de getrokken conclusies. De video-beelden [7] vormen daarom een wezenlijk onderdeel van deze rapportage.

#### 3.1 Ompakruimte

In de ompakruimte werd een interne brand gesimuleerd. Deze brand werd gestart in de prullenbak. Na circa vier minuten ontwikkelde de brand zich vanuit de prullenbak naar het consumentenvuurwerk dat los lag opgeslagen in de stellingen. De eerste vuurwerkeffecten werden na circa vijf minuten waargenomen. De maximale effecten waren dat enkele lichtsterren en vuurpijlen uit de deuropening van de ompakruimte naar buiten traden. Veel rookontwikkeling werd waargenomen. De vlameffecten die uit de deuropening traden hadden een lengte van circa 2 meter. De gehele ompakruimte brandde leeg. De maximale temperatuur in de ompakruimte bedroeg circa 1080 °C (zie Bijlage B voor gemeten temperaturen als functie van de tijd).



Figuur 4: Brandeffecten vanuit ompakruimte.

#### 3.2 Bewaarplaats

Bij de bewaarplaats werd een externe brand gesimuleerd die direct voor de toegangsdeur van de bewaarplaats was gelokaliseerd. Gedurende 30 minuten werd de

deur belast met een brand waarmee de standaard brandkromme zoals voorgeschreven in de NEN 6069 zo goed mogelijk werd gesimuleerd. Na circa 15 minuten werd de extra vlam-jet op de deur gericht omdat het temperatuurverloop achter liep op die van de standaard brandkromme. In Bijlage C zijn de gemeten temperaturen als functie van de tijd weergegeven.



*Figuur 5: Brandeffecten vanuit bewaarplaats.*

Het instant houden van een externe brand met een duur van tenminste 30 minuten voor de deur van de bewaarplaats simuleerde een situatie waarbij een winkelbrand zich volledig kan ontwikkelen. Na 30 minuten was de deur nog steeds in staat het consumentenvuurwerk te beschermen tegen de externe brand. De interne video-beelden dan al wel een sterke rookontwikkeling binnenin de bewaarplaats zien. De gemeten temperaturen (Bijlage C) geven aan dat de temperatuur in de bewaarplaats de eerste 30 minuten nauwelijks opliep.

Op het moment dat de deur met behulp van een staalkabel open getrokken werd begon de temperatuur in de bewaarplaats op te lopen. Gedurende circa 5 minuten werd de externe propaangasbrand instant gehouden. De dozen met consumentenvuurwerk vatten vlam en de brand kon zich in de bewaarplaats door ontwikkelen. De effecten beperkte zich tot rookontwikkeling en vlameffecten met een lengte van ongeveer twee meter. Tevens traden lichtsterren en vuurpijlen door de deuropening van de bewaarplaats naar buiten.

Omdat na 60 minuten geen wezenlijke veranderingen in de effecten meer werden verwacht werd onder leiding van het NIBRA en RISC een brandinzet uitgevoerd om de brand te blussen. Na circa 15 minuten was de brand zover onder controle dat de brandweer gerichte blusinzet kon uitvoeren direct voor de deuropening van de bewaarplaats. Het nablussen duurde enkele uren waarna geconstateerd werd dat circa 20% van de hoeveelheid consumentenvuurwerk verbrand was.

## 4 Conclusies

De brandproeven met consumentenvuurwerk gaven de volgende resultaten.

### 4.1 Ompakruimte

- De brand in een ompakruimte waarbij 500 kg consumentenvuurwerk (100 kg los en 400 kg in open dozen) aanwezig was, was goed beheersbaar.
- De vuurwerkeffecten die optraden beperkten zich tot voor de opening van de ompakruimte. Enkele lichtsterren en vuurpijlen kwamen uit de ompakruimte naar buiten.
- De vlammen die uit de opening naar buiten traden hadden afmetingen van maximaal circa twee meter.

### 4.2 Bewaarplaats

- Gedurende de 30 minuten dat de externe brand de deur verhitte werd geen temperatuur verhoging in de bewaarplaats gemeten.
- Nadat de deur verwijderd was vatte het consumentenvuurwerk vlam.
- De brand in de bewaarplaats, waarbij 5.000 kg consumentenvuurwerk verpakt in UN gekeurde kartonnen dozen aanwezig was, was goed beheersbaar.
- Geconstateerd werd dat de kartonnen dozen een vertragende werking hadden op het uitbreiden van de brand in de bewaarplaats.
- De vuurwerkeffecten die optraden beperkten zich tot voor de opening van de ompakruimte. Enkele lichtsterren en vuurpijlen kwamen uit de ompakruimte naar buiten.
- De vlammen die uit de opening naar buiten traden hadden afmetingen van maximaal circa twee meter.

### 4.3 Nabeschouwing

#### *Algemeen*

Opgemerkt wordt dat de geconstateerde vuurwerk- en brandeffecten geldig zijn voor de bij de brandproeven beschouwde constructietypen in combinatie met consumentenvuurwerk.

TNO brandproeven en onderzoeken met consumentenvuurwerk in voorgaande jaren hebben aangetoond dat er geen enkele reden is te veronderstellen dat brandongevallen met consumentenvuurwerk kunnen leiden tot een massa-explosie [1 en 2].

*Ompakruimte*

Ten aanzien van de brandproef in de ompakruimte wordt in het algemeen gesteld dat de grootte van de naar buiten tredende vlameffecten afhankelijk is van de hoeveelheid onverpakt consumentenvuurwerk. Eerder door TNO uitgevoerd onderzoek heeft aangetoond dat voor grotere hoeveelheden onverpakt consumentenvuurwerk in een 'worst case' situatie een vlamtong van enkele tientallen meters kan optreden [1 en 2].

*Bewaarplaats*

Ten aanzien van de brandproef met de bewaarplaats wordt in het algemeen gesteld dat de grootte van de vuurwerkeffecten onafhankelijk is van de hoeveelheid verpakt consumentenvuurwerk. De hoeveelheid consumentenvuurwerk heeft echter wel invloed op de duur van de brand.



## 5 Referenties

- [1] H.H. Kodde.  
Grootschalige brandproeven met klein vuurwerk.  
TNO rapport PML 1984-18, november 1983.
- [2] M.A. van Gool, H.H. Kodde en A. Harmanny.  
Brandexperimenten met klein vuurwerk.  
TNO rapport PML 1986-65, juli 1986.
- [3] J. van Oerle en P. van der Leur.  
Advisering brandbelasting in het kader van de brandproeven met consumptenvuurwerk.  
TNO Bouw, Centrum voor Brandveiligheid. Briefnummer 2000-CVB-M01424/OEN/LRP, 15 augustus 2000.
- [4] H.H. Kodde.  
Transport classification of fireworks. Part I: Desk study and data sheets of the fireworks.  
TNO rapport PML 1991-C153. Februari 1992.
- [5] H.H. Kodde.  
Transport classification of fireworks. Part II: Experiments.  
TNO rapport PML 1991-C152. November 1992.
- [6] H.H. Kodde.  
Transport classification of fireworks. Part III: Hazard Division Classification.  
TNO rapport PML 1992-C153 (Bedrijfsvertrouwelijk). November 1992.
- [7] E.C.M. van Daelen (TNO-PML) en L. Schruijer (NIBRA).  
Video-opnamen van de brandproeven met consumentenvuurwerk.  
TNO-PML, november 2000.
- [8] Brandwerendheid Krepel deur in meranti kozijn.  
Brief TNO Bouw, Centrum voor Brandveiligheid met kenmerk 95-CVB-B0760/WTJB/TRL, d.d. 1 november 1995.

## 6 Ondertekening

Dr.ir. L.H.J. Absil  
Hoofd researchgroep Explosiepreventie en  
Bescherming

Ing. Ph. van Dongen  
Projectleider en auteur

Ing. H.H. Kodde  
Auteur

---

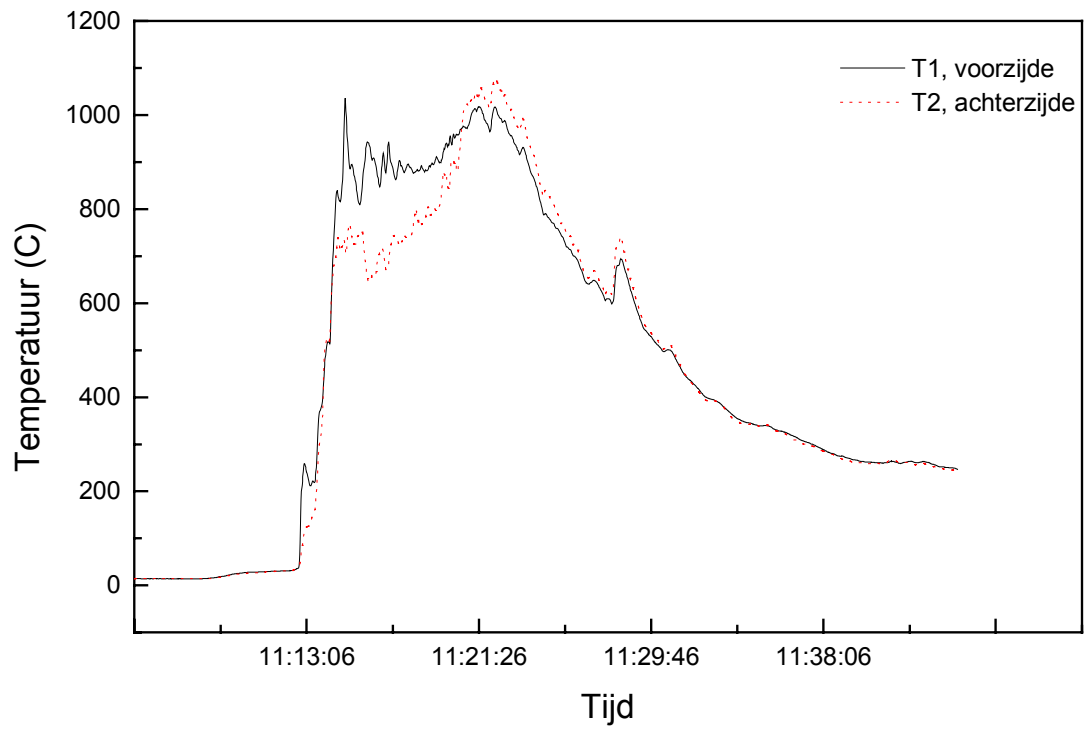
## Bijlage A Samenstelling van het consumentenvuurwerk

<u>Art. nummer</u>	<u>Art. omschrijving</u>	<u>Doosverp.</u>	<u>Aantal kg</u>	<u>Aantal ds</u>	<u>Totaal kg</u>
<b>Grondvuurwerk</b>					
201	Fluitfontein met stokje	120x10	9	1	9
203	Toverfontein assortiment	50x4	12	1	12
220	Happinespot	60x4	8	4	32
243	Rakketbatterij 200 schoten	12	14	2	28
284	Assortiment 200 grams potten	12	27	4	108
333	Bumble bee	300x12	11	1	11
<b>Romeinse kaarsen</b>					
400	Romeinse kaars 5 lichtkogels	60x12	13	1	13
404	Romeinse kaars 20 lichtkogels	288	13	5	65
416	Rom. Kaars parachute	50x4	8	1	8
<b>Vuurpijlen</b>					
622	Parachutevuurpijl	48x6	7	1	7
630	Horse pijlen-assortiment	36x12	8	1	8
<b>Knalvuurwerk</b>					
110	Super kanonslag II	200x5	14	4	56
120	Jumbo bamboe	50x48	7	2	14
145	Shogun Cracker 500-schots	15	10	4	40
146	Shogun Cracker 1000-schots	15	19	4	76
147	Shogun Cracker 1500-schots	10	19	4	76
148	Shogun Cracker 2000-schots	6	18	6	108
149	Shogun Cracker 90-schots	160	19	1	19
<b>Fop- en schertsvuurwerk</b>					
500	Party Dragon	72x12	15	1	15
501	Smokey Dragon	150x8	18	2	36
502	Sparkling Dragon 16cm	100x5x10	14	2	28
504	Sparkling Dragon 25cm	240x6	7.6	1	7.6
506	Sparkling Dragon 70cm	50x6	12	2	24
510	Tricky Dragon	300x50	7	1	7
512	Morning Glory extra large	360x6	14	1	14
522	Aansteekkoord	50	8	0.5	4
524	Wasfakkel 1,5 uur	50	8	1	8
530	Thunder Dragon	100x3x50	7.5	2	15
<b>Aktie artikelen</b>					
112	Astronaut	10x20x10	11	100	1100
332	Grondbloem	50x25	15	15	225
334	Jumping Jack	40x20x12	16.5	15	247.5
402	Romeinse kaars 10 lichtkogels	40x12	13	5	65
610	Lilliputpijl	25x12x12	10	14	140

<b>Pakketten</b>					
901	Knalstuntpakket Shogun	20	16	4	64
902	Dragon Junior partypakket	20	15	2	30
949	Jumbo assortiment	8	15	13	195
950	Big Bang assortiment	8	20	30	600
<b>Diamond Collection</b>					
<b>losse potten</b>					
DC001	Red Ruby	48	13	2	26
DC010	Blue Lagoon	72	13	2	26
DC014	White Strobe	36	18	1	18
DC015/16/17	Silver Angel assortiment	36	18	4	72
DC019	Star Mine	24	10	2	20
DC021	Silver Festival	72	6	2	12
DC022	Crackling Carnaval	72	10	2	20
DC023	Flashing Diamonds	300x10	17	1	17
DC025/26/31	Golden Fingers assortiment	15	16	2	32
DC032	Professional Style (A,B,C,D)	4	12	3	36
DC034	Professional Style	12	7	2	14
DC036	Professional Style (A en B)	12	10	3	30
DC037	Professional Style	8	9	3	27
DC038	Professional Style	12	11	2	22
DC039	Professional Style	12	15	3	45
DC041	Mount Everest	20	12	2	24
DC042	Bengaals vuur rood	36	8	1	8
DC043	Bengaals vuur groen	36	8	1	8
DC044	Professional Style	6	12	3	36
DC045	Professional Style	6	18	2	36
DC047	Professional Style (A en B)	8	13.2	4	52.8
DC048	Golden Bullets (16-schots)	24	14	2	28
DC050/51	Goldfinger assortiment	48x2	18	2	36
DC056	Double Rainbow	8	16	10	160
<b>Vuurpijlen</b>					
DC064	Flittering Whistle rocket	50x10	8	5	40
DC071	Jewel glittering	80	9	1	9
DC072	Golden Rain	72	11	1	11
DC073	Star Tracer	60	15	1	15
DCP3	Pijlen assortiment nr. 3	10	13	3	39
DCP6	Pijlen assortiment nr. 6	12	12	3	36
<b>Pakketten/ los</b>					
DA10	Assortiment-doos nr. 10	4	8	4	32
DA15	Assortiment-doos nr. 15	4	9	4	36
DA25	Assortiment-doos nr. 25	4	18	4	72
DA35	Assortiment-doos nr. 35	3	17	4	68
DA40	Assortiment-doos nr. 40	2	19	4	76

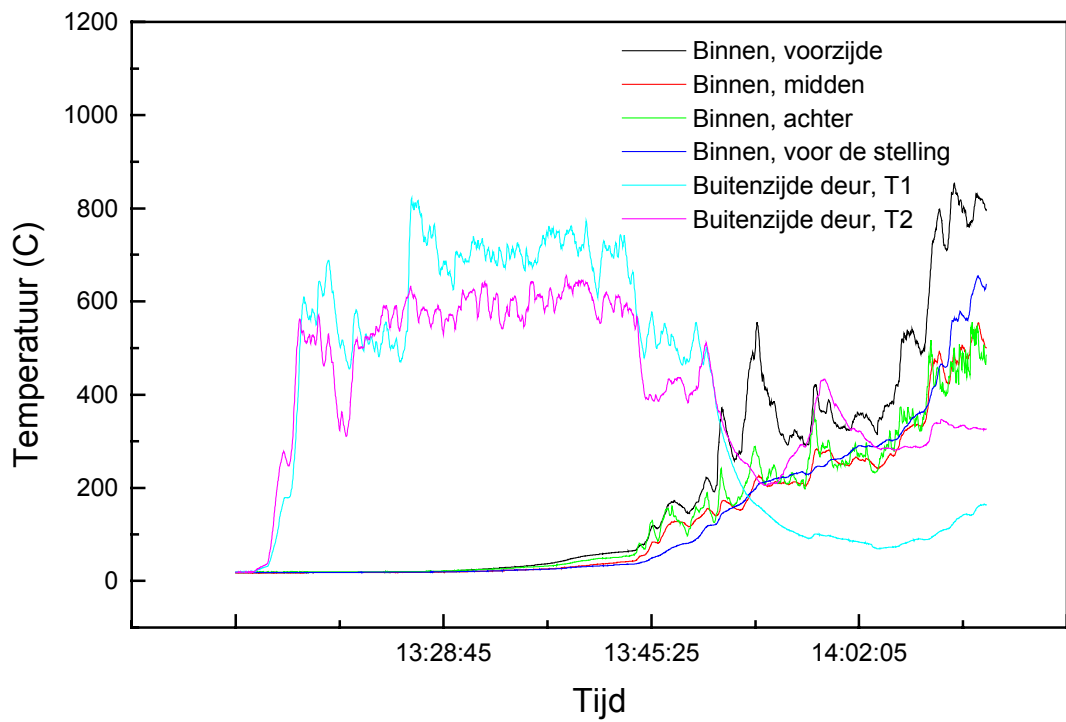
DA50	Assortiment-doos nr. 50	2	29	5	145
	<b>Pakketten / pijlen</b>				
SRA1	Shogun assortiment nr. 1 (5 pijlen)	10	5	3	15
SRA2	Shogun assortiment nr. 2 (5 pijlen)	10	7	3	21
SRA3	Shogun assortiment nr. 3 (5 pijlen)	10	10	2	20
SRA5	Black Devil assortiment nr. 5 (3 pijlen)	10	5	2	10
SRA6	Black Devil assortiment nr. 6 (3 pijlen)	10	17	2	34
			<b>Totaal</b>	<b>370.5</b>	<b>4999.9</b>

## Bijlage B Gemeten temperaturen in ompakruimte



*Figuur A.1: De gemeten temperatuur in de ompakruimte.*

## Bijlage C Gemeten temperaturen bij bewaarplaats



*Figuur B.1: De gemeten temperatuur aan de voorzijde van de deur-kozijn-constructie en binnenin de bewaarplaats.*

SAMENVATTING:

BEDRIJFSVERTROUWELIJK

SAMENVATTING:

BEDRIJFSVERTROUWELIJK

TNO Prins Maurits Laboratorium

Rapportnummer: Bijlage bij brief 00D2/2392

Projectnummer: 12513

Datum: november 2000

Titel: Brandproeven consumentenvuurwerk

Auteur: Ing. H.H. Kodde  
Ing. Ph. van Dongen

Trefwoorden: Brandproeven  
Consumentenvuurwerk  
Vuurwerkeffecten  
Explosieeffecten

TNO Prins Maurits Laboratorium

Rapportnummer: Bijlage bij brief 00D2/2392

Projectnummer: 12513

Datum: november 2000

Titel: Brandproeven consumentenvuurwerk

Auteur: Ing. H.H. Kodde  
Ing. Ph. van Dongen

Trefwoorden: Brandproeven  
Consumentenvuurwerk  
Vuurwerkeffecten  
Explosieeffecten