

Lange Kleiweg 137  
2288 GJ Rijswijk  
Postbus 45  
2280 AA Rijswijk

www.tno.nl

T +31 88 866 80 00  
F +31 88 866 69 49

**TNO-rapport**

**TNO 2017 R10577 | 2**

**Onderzoek naar de impact van illegaal  
vuurwerk**

naam

Datum	juni 2017
Auteur(s)	[REDACTED]
Aantal pagina's	72 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	2
Oprachtgever	Politie, Staf Korpsleiding, Directie Operatiën, Den Haag
Projectnaam	De impact van illegaal vuurwerk
Projectnummer	060.22102

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 opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2017 TNO

## Samenvatting

In opdracht van de Politie, Staf Korpsleiding, Directie Operatiën, is door TNO, Technical Sciences, afdeling Energetische Materialen een onderzoek uitgevoerd naar de impact van illegaal vuurwerk. De aanleiding voor het verlenen van deze opdracht is de vaststelling dat dit illegale vuurwerk tijdens de jaarwisseling naar Politiepersoneel en hulpverleners wordt gegooid. Dit onderzoek dient er in die zin toe om de risico's wetenschappelijk vast te stellen en feitelijk te duiden ten behoeve van een strafrechtelijke ten laste legging en bewijsvoering.

Om een beeld te vormen over de uitwerking naar de omgeving zijn drukmetingen uitgevoerd. Een vergelijking is gemaakt met TNT springstofladingen, de overdrukresultaten zijn gerelateerd aan één type aanvalshandgranaat, aan de kans op gehoor- en longschade. Tevens is de impact op de kledinguitrusting van de Politie en de Mobiele Eenheid (ME), de beschermende middelen van de ME, en op dienstvoertuigen van de Politie vastgesteld. In deze rapportage is geen uitspraak gedaan over andere vormen van letselschade.

In 1998 is een vergelijkbaar onderzoek uitgevoerd voor Politie Haaglanden met als doel het kwantificeren van de explosie-effecten van vijf typen vuurwerk [1]. Het geteste vuurwerk was in twee categorieën verdeeld. Professioneel en illegaal vuurwerk. Beide verschijningsvormen zijn verboden voor de Nederlandse consument. De resultaten van dit onderzoek zijn vastgelegd in een TNO rapportage met als referentie PML 1998-C2 [1]. Binnen dit onderzoek zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- De uitvoering van drukmetingen op verschillende afstanden;
- De meetresultaten van de drukmetingen zijn gerelateerd naar gehoor- en longschade;
- Een vergelijking is gemaakt naar kale TNT-springstofladingen (TNT-equivalentie);
- De impact op gelatine is bekeken;
- De gevolgen van de (overdruk)belasting op glasruiten is bekeken;
- De overdrukresultaten zijn gerelateerd aan de overdrukresultaten van één type aanvalshandgranaat.

De Politie Haaglanden had in overleg met TNO de volgende typen vuurwerk geselecteerd:

- Flowerbeds;
- Mortierbommen (speciaal gefabriceerd voor dit onderzoek);
- Lawinepijlen;
- Enkelschotsbuizen;
- Chinese Rollen;
- Strijkers.

Uit dit onderzoek kwam naar voren dat de mortierbommen en bepaalde typen Lawinepijlen de hoogste overdruk genereerde. Alleen de mortierbom genaamd "Maroon" had een vergelijkbare overdruk als een aanvalshandgranaat met een 205 gram TNT-springstoflading. De overige vuurwerkartikelen hebben een lagere overdruk genereerd.

Omdat de verschijningsvorm van het illegale vuurwerk de afgelopen jaren is veranderd heeft de Politie TNO nogmaals gevraagd om met zeven stuks vuurwerk (Butterfly Cracker, Super Cobra 6 (met drie verschillende knalladingen), Thunderking (Lawinepijl), Cobra 8, 3 inch shell) een nieuw onderzoek uit te voeren. De Politie heeft zelf de verschillende soorten vuurwerk geselecteerd en afgeleverd aan TNO. Zes typen vuurwerk zijn nader onderzocht door het Nederlands Forensisch Instituut (NFI) [2, 3, 4, 5, 6, 7]. Van deze typen is onder andere de netto explosieve massa van de knallading bepaald.

Naast het registreren van de overdruk op verschillende afstanden nabij het vuurwerk, het bepalen van de relatie met de TNT-equivalentie, het bepalen van de kans op long- en gehoorschade, en de vergelijking met een aanvalshandgranaat (massa springstof lading is 205 gram TNT), heeft de Politie tevens gevraagd om de impact van vuurwerk op de (dagelijkse) kledinguitrusting van de Politie en de ME, en de persoonlijke beschermingsmiddelen van de ME te onderzoeken. De beschermingsmiddelen van de ME die zijn onderzocht bestaan uit een helm, schoenen, scheendekkers en een schild. De kledinguitrusting van de Politie bestaat onder andere uit een broek, een veiligheidsvest, shirt (polo), een jas, een cap en een veiligheidsbril.

Een derde onderwerp is het inzichtelijk maken van de impact van illegaal vuurwerk op een dienstvoertuig van de Politie. Een onderdeel is het vaststellen van de beschermende eigenschappen van een beschermingsfolie op de gelaagde voorruit van een Volkswagen Touran. Daarnaast is de impact op de zijruiten en het dak vastgelegd.

De kans op gehoorschade is al aanwezig op een afstand van 2 meter in de nabijheid van een exploderend vuurwerkartikel. De kans op longschade kan optreden wanneer het vuurwerk, met name de Cobra 8 en de 3 inch shell, binnen een afstand van 0,5 meter in de nabijheid van een persoon explodeert.

Om de gegeneerde piekoverdruk van alle geselecteerde vuurwerkartikelen te vergelijken met een kale TNT-springstoflading zijn berekeningen uitgevoerd. Met als resultaat een laagste factor van 0,43 voor de Super Cobra 6 (Engelse tekst) en een hoogste factor van 0,85 voor de Super Cobra 6 (Duitse tekst). De theorie vermeldt een factor van 0,45. Dat betekent voor een Super Cobra 6 (Duitse tekst) dat de massa van het flitspoeder (knallading) 15% hoger ligt dan de massa van een TNT-springstoflading.

De gegeneerde overdruk van een Cobra 8 benadert de gegeneerde overdruk van een bepaald type aanvalshandgranaat.

Een grote variëteit aan testen is uitgevoerd op de kleding van de Politie en ME en de beschermingsmiddelen. Van het vuurwerk dat op een bepaalde afstand explodeert is de zichtbare schade aan de kleding beperkt in vorm van enige gaatjes. De "zwaardere" vuurwerkartikelen zoals de Cobra 8 en de 3 inch shell veroorzaken op een bepaalde afstand een aanzienlijk grotere schade aan de kleding. Bij direct contact is de schade aan de kleding enorm. Het veiligheidsvest wordt volledig naar binnen gedrukt en is aanzienlijk beschadigd. Bij direct contact van een Thunderking ontstaat een gat in een schoen. De Cobra 8 veroorzaakt behoorlijk schade aan de schoenen wanneer deze explodeert tussen de schoenen. De ME helm biedt geen goede bescherming bij een exploderende Thunderking bij

direct contact. De ME schilden welke zijn gefabriceerd van gevlochten riet/bamboe bieden weinig bescherming. De speciale kleding met opvulstukken is niet bestand tegen de impact van een Cobra 8 bij direct contact.

Er ontstaan gaten in de voorruit van het dienstvoertuig bij direct contact van een Cobra 8. Het veiligheidsfolie blijkt een positieve uitwerking te hebben. De schade is minder en de gemeten overdrukken in de cabine zijn lager. Echter het is ook mogelijk dat de impact van de Cobra 8 verschillend is. Een beperkte hoeveelheid glassplinters is in de cabine teruggevonden. Echter een zeep hoofd heeft wel glassplinters opgevangen. Bij direct contact van het vuurwerk (Super Cobra 6 (Duitse tekst) en Cobra 8) ontstaan gaten in de daken. De zijruiten bieden weinig bescherming, daarentegen biedt de linker voordeur een goede bescherming. Echter bij geopende deur zal de schokgolf zich om de deur heen gaan voortplanten.

In vergelijking met het onderzoek uit 1998 blijken de gemeten overdrukken (vanaf een meetafstand van 1 meter) enigszins lager. Hierbij moet wel worden vermeld dat de verschijningsvorm van de vuurwerkartikelen uit 1998 afwijkt ten opzichte van de geteste vuurwerkartikelen in dit onderzoek. De meest krachtige vuurwerkartikelen waren de kogelbommen en Lawinepijlen. Wanneer wordt vergeleken met de uitwerking van de Thunderking, de verschillende Super Cobra 6 typen en de Cobra 8, dan is de Cobra 8 het vuurwerkartikel dat krachtiger is dan de Lawinepijlen uit het onderzoek van 1998. Een logische verklaring is de hogere massa van de knallading.

# Inhoudsopgave

	<b>Samenvatting</b> .....	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Het geselecteerde vuurwerk</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Aanpak van het onderzoek</b> .....	<b>14</b>
3.1	Algemeen .....	14
3.2	De uitvoering van drukmetingen .....	14
3.3	De overdruk in relatie tot gehoor- en/of longschade .....	15
3.4	De vergelijking van de meetresultaten met de meetresultaten van een aanvalshandgranaat in relatie tot de gegenereerde overdruk .....	15
3.5	De vergelijking van de overdruk gegenereerd door het vuurwerk met die van kale TNT-springstoflading (TNT-equivalentie) .....	15
3.6	De impact op de kledinguitrusting van de Politie .....	16
3.7	De impact op de kledinguitrusting van de ME .....	16
3.8	De impact op de beschermende middelen van de ME .....	17
3.9	De impact van illegaal vuurwerk op een dienstvoertuig van de Politie .....	18
3.10	Het gebruik van zeephoofden om mogelijk letsel inzichtelijk te maken .....	18
<b>4</b>	<b>Letselcriteria</b> .....	<b>19</b>
4.1	Algemeen .....	19
4.2	Gehoorschade .....	19
4.3	Longschade .....	20
<b>5</b>	<b>De beproevingsvolgorde</b> .....	<b>22</b>
5.1	Algemeen .....	22
5.2	19 april 2017: Drukmetingen .....	22
5.3	20 april 2017: Testen uitrusting Politie en ME .....	22
5.4	21 april 2017: Testen kledinguitrusting Politie, ME en dienstvoertuigen .....	28
<b>6</b>	<b>Resultaten van het onderzoek</b> .....	<b>33</b>
6.1	Algemeen .....	33
6.2	Meetresultaten van de overdruk .....	33
6.3	De kans op gehoor- en longschade .....	34
6.4	De relatie van de gegenereerde overdruk van het vuurwerk, een equivalente TNT-springstof en een aanvalshandgranaat .....	35
6.5	Een overzicht van de schade aan de kledinguitrusting van de Politie .....	44
6.6	De impact van het vuurwerk op de schoenen .....	51
6.7	Een overzicht van de schade aan de beschermende middelen en kleding van de ME .....	54
6.8	Een presentatie van de schade aan de dienstvoertuigen van de Politie .....	59
<b>7</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>66</b>
7.1	Algemeen .....	66
7.2	Kans op gehoor- en longschade .....	66
7.3	Vergelijking met de TNT equivalentie en een aanvalshandgranaat .....	66
7.4	De impact van vuurwerk op Politiekleding .....	66
7.5	De impact van vuurwerk op de beschermende middelen en ME-kleding .....	67

7.6	De impact van vuurwerk op het dienstvoertuig van de Politie.....	67
7.7	De vergelijking met de resultaten uit het onderzoek van 1998 .....	67
7.8	De slotconclusie.....	67
<b>8</b>	<b>Ondertekening .....</b>	<b>68</b>
<b>9</b>	<b>Referenties .....</b>	<b>69</b>
	<b>Bijlage(n)</b>	
	A De meetresultaten van de overdruk	
	B De positieve fase van het overdruksignaal	

# 1 Inleiding

In 1998 heeft TNO, het toenmalige Prins Maurits Laboratorium, voor de Politie Haaglanden, Centrale Justitiële Dienst, afdeling Milieu een onderzoek uitgevoerd met als doel het kwantificeren van de explosie-effecten van vijf typen vuurwerk [1]. Omdat de verschijningsvorm van het illegale vuurwerk de afgelopen jaren is veranderd heeft de Politie TNO gevraagd om nogmaals met zeven stuks vuurwerk een nieuw onderzoek uit te voeren.

De selectie van het vuurwerk is uitgevoerd door de Politie en bestaat uit de volgende typen:

- 1) Een "Butterfly Cracker";
- 2) Een "Super Cobra 6 (tekst op het label in de Duitse taal);
- 3) Een "Super Cobra 6 (tekst op het label in de Engelse taal);
- 4) Een "Thunderking" (vuurpijl=lawinepijl);
- 5) Een "Super Cobra 6" (tekst op het label in de Italiaanse taal);
- 6) Een "Cobra 8";
- 7) Een "3 inch shell" (kogelbom: Red Flower Salute).

Op verzoek van de Politie is nogmaals de aanpak van het onderzoek uit 1998 uitgevoerd en aangevuld met het inzichtelijk maken van de impact van vuurwerk op de kledinguitrusting van de Politie en de ME, en op twee dienstvoertuigen van de Politie. Aanleiding voor het verlenen van deze opdracht is de vaststelling dat dit illegale vuurwerk tijdens de jaarwisseling naar Politiepersoneel en hulpverleners wordt gegooid. Dit onderzoek dient er in die zin toe om de risico's wetenschappelijk vast te stellen en feitelijk te duiden ten behoeve van een strafrechtelijke ten late legging en bewijsvoering.

Binnen dit onderzoek zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- Drukmetingen op verschillende afstanden van geselecteerd vuurwerk;
- Een uitspraak over de kans op gehoor- en longschade veroorzaakt door geselecteerd vuurwerk. Er is geen uitspraak gedaan over andere vormen van letselschade;
- Het vaststellen van de relatie met de uitwerking van een aanvalshandgranaat (functie: druk en/of flits). De massa van de springstoflading is 205 gram TNT;
- De vergelijking van de meetresultaten van de overdruk gegeneerd door geselecteerd vuurwerk met die van kale TNT-springstoflading (TNT-equivalentie);
- Het inzichtelijk maken van de impact van geselecteerd vuurwerk op Politiekleding, de kleding van de ME en de beschermende middelen van de ME (helm, schild, scheenbeschermers, schoenen);
- Het inzichtelijk maken van de impact van geselecteerd vuurwerk op een dienstvoertuig van de Politie (voorrui, zijruit, dak en deur);
- Het inzichtelijk maken van mogelijk letsel door geselecteerd vuurwerk door gebruik te maken van een zeep hoofd [11].

In volgende hoofdstukken wordt de aanpak/werkwijze, de resultaten en de conclusies gepresenteerd.

## 2 Het geselecteerde vuurwerk

De Politie heeft het meest representatieve vuurwerk geselecteerd en beschikbaar gesteld voor dit onderzoek. Tabel 1 toont een overzicht. De meeste vuurwerkartikelen zijn door het Nederlands Forensisch Instituut onderzocht. Hierbij is de massa van de knallading (flitspoedercompositie) bepaald. Op basis van deze analyses kan worden geconcludeerd dat een spreiding is geconstateerd van de massa's van de knallading van onderlinge vuurwerkartikelen. Hierdoor kan een vergelijkbare test tot een verschillend schadepatroon leiden.

Tabel 1 Een overzicht van de verschillende soorten vuurwerk.

Benaming vuurwerk	Gemiddelde NEM <sup>1</sup> volgens NFI <sup>2</sup> onderzoek <sup>3</sup> (gram)	NFI rapportnummer
Butterfly Cracker	8,20	2013.12.10.014
Super Cobra 6 (2G) (Duitse tekst)	29,90	2014.11.24.085
Super Cobra 6 (Engels tekst)	19,80	2014.12.01.224
Thunderking	27,26	2013.12.10.014
Super Cobra 6 (Italiaanse tekst)	27,86	2014.09.11.069
Shell (3 inch)	n.b. <sup>4</sup>	n.b. <sup>4</sup>
Cobra 8	78,00	2014.12.24.038

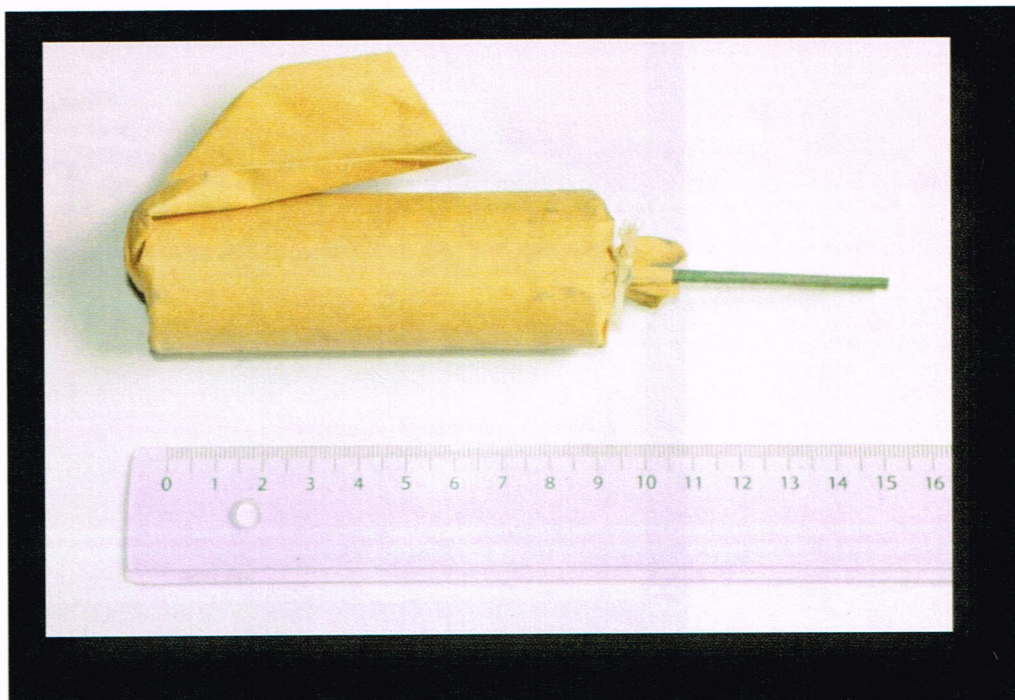
1) *Netto explosieve massa.*

2) *Nederlands Forensisch Instituut.*

3) *Referenties staan vermeld in hoofdstuk 9.*

4) *Niet bekend.*

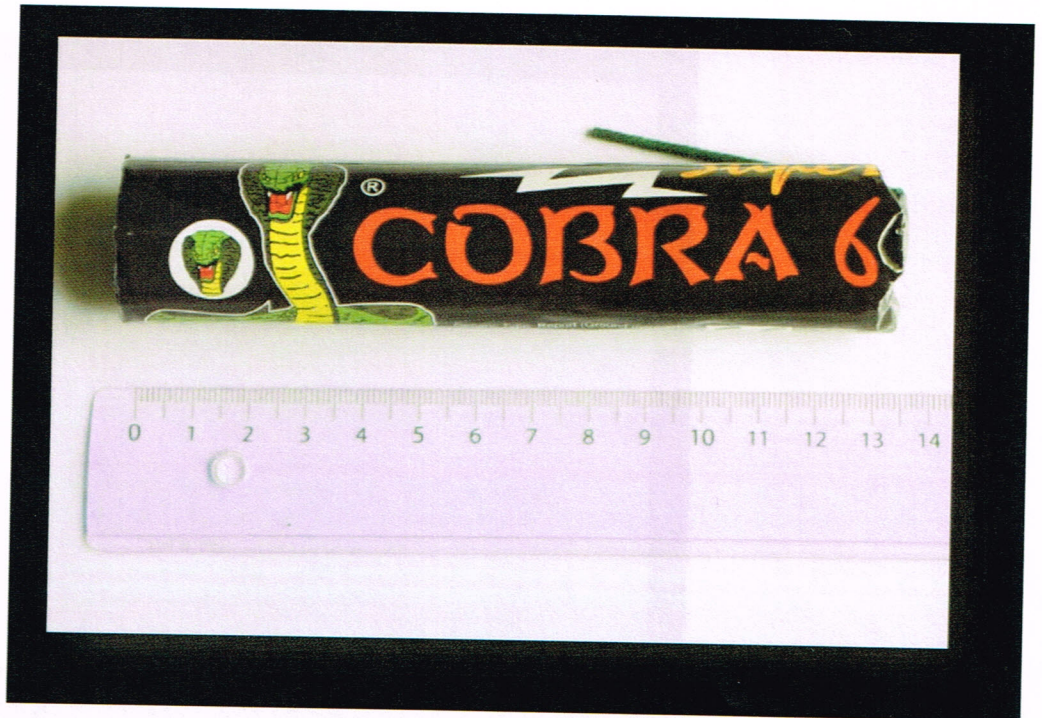
Figuur 1 tot en met 7 tonen de afbeeldingen van de verschillende vuurwerkartikelen.



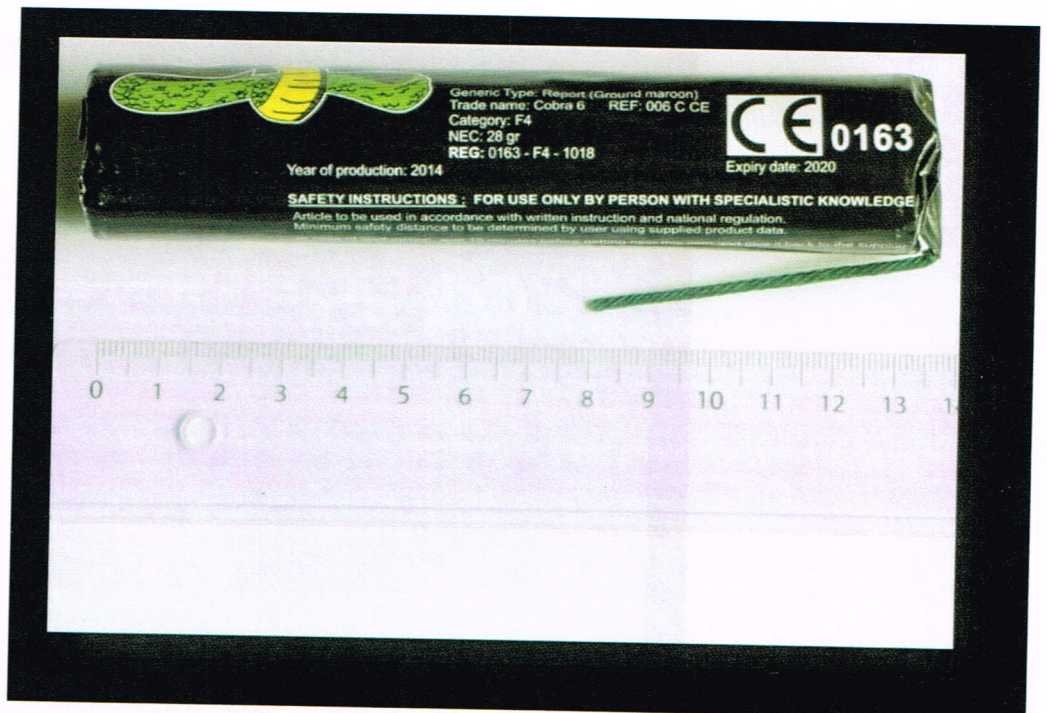
Figuur 1 De Butterfly Cracker.



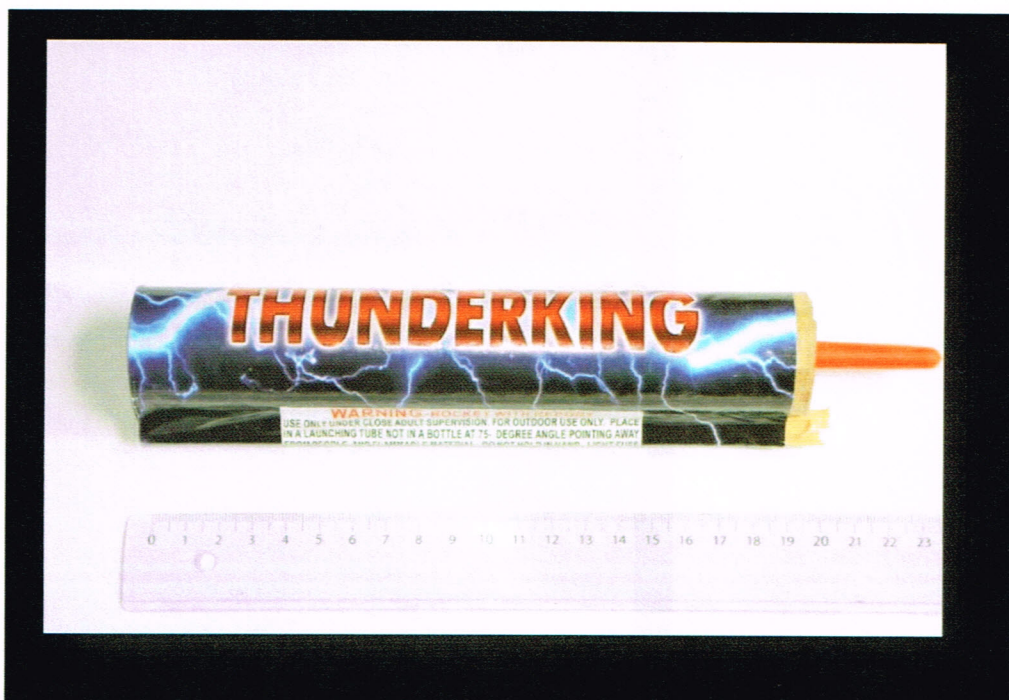
Figuur 2 De Super Cobra 6 2g met Duitse instructietekst.



Figuur 3a De Super Cobra 6 met Engelse instructietekst.



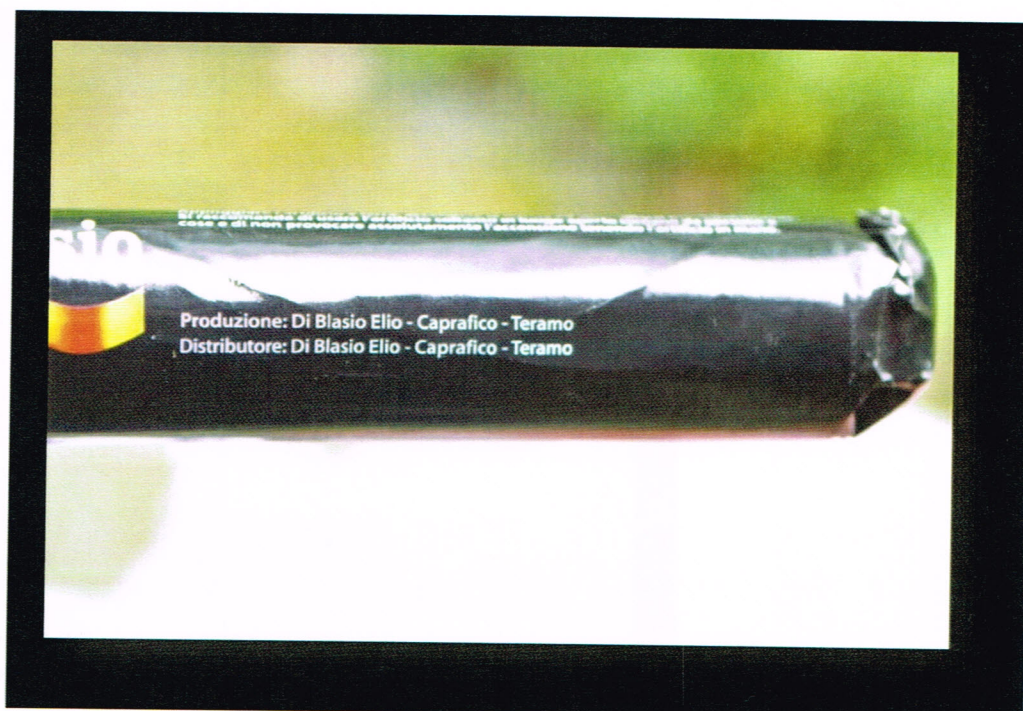
Figuur 3b De Super Cobra 6 met Engelse instructietekst.



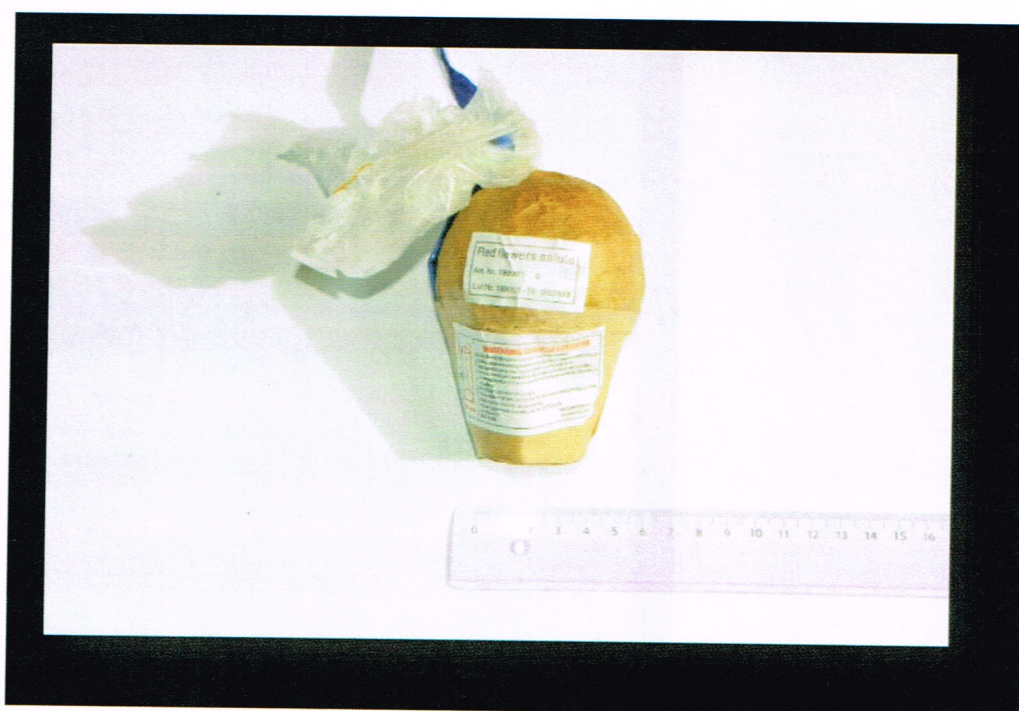
Figuur 4 De Thunderking.



Figuur 5a De Super Cobra 6 met Italiaanse instructietekst.



Figuur 5b De Super Cobra 6 met Italiaanse instructietekst.



Figuur 6 Een 3 inch shell: Red Flower Salute, artikelnummer 199001-75.



Figuur 7 De Cobra 8.

## 3 Aanpak van het onderzoek

### 3.1 Algemeen

In overleg met de Politie is overeengekomen dat een groot aantal onderzoeksonderwerpen uit het onderzoek van 1998 nogmaals binnen dit nieuwe onderzoek wordt uitgevoerd en aangevuld met een aantal nieuwe onderwerpen.

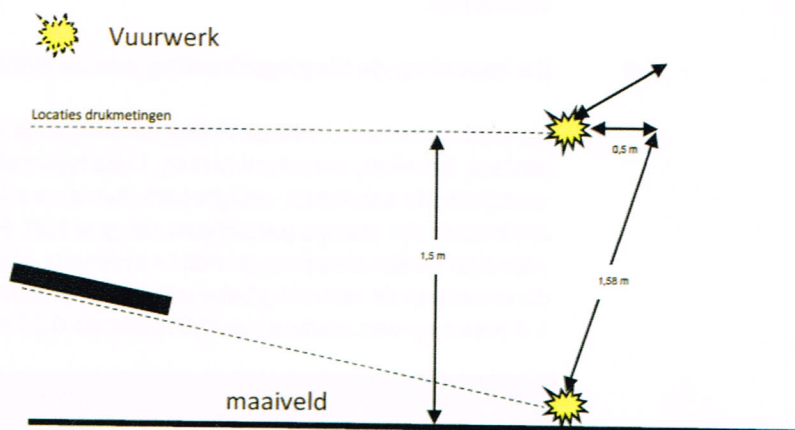
De aanpak van dit onderzoek is als volgt opgebouwd:

- De uitvoering van drukmetingen op verschillende afstanden van het vuurwerk, op het maaiveld (harde ondergrond) en op een hoogte van 1,5 meter; de afstanden zijn 0,5, 1, 2, 5 en 10 meter;
- De gemeten overdruk niveaus relateren aan de kans op gehoor- en longschade;
- De vergelijking van de meetresultaten met de meetresultaten van een aanvalshandgranaat in relatie tot de gegenereerde overdruk;
- De vergelijking van de overdruk gegenereerd door het vuurwerk met die van kale TNT-springstoflading (TNT-equivalentie);
- De impact op de kledinguitrusting van de Politie;
- De impact op de kledinguitrusting van de ME;
- De impact op de beschermende middelen van de ME (helm, schild, scheenbeschermers, schoenen);
- De impact van vuurwerk op een dienstvoertuig van de Politie;
- Het registreren van de uitgevoerde testen met behulp van high-speed opnamen;
- Het inzichtelijk maken van mogelijk letsel met behulp van een zeephoofd.

In de volgende paragrafen worden de verschillende onderzoeksonderwerpen nader beschreven.

### 3.2 De uitvoering van drukmetingen

Om een uitspraak te kunnen doen over gehoor- en longschade is het noodzakelijk de overdruk te meten die wordt gegenereerd door de verschillende vuurwerkartikelen. Hiervoor is het vuurwerk opgehangen op een hoogte van 1,5 meter (borsthoogte van een volwassen persoon) vanaf een harde ondergrond met standaard tegels waarbij de drukopnemers zijn geplaatst op een afstand van 0,5, 1, 2, 5 en 10 meter. Zie de illustratie van Figuur 8.



Figuur 8 Illustratie met betrekking tot de oriëntatie van het vuurwerk en de afstand tot de zwakste organen van de mens.

### 3.2.1 De toepaste meetapparatuur

De drukopnemers bevinden zich in aerodynamische gevormde aluminium adapters (zie Figuur 13) en meten een zogenaamde site-on (invallende) druk. De fabrikant van de drukopnemers is Kulite (type XCQ-117) en Endevco (type 8530B). Alle drukopnemers zijn verbonden met signaalkabels op een data-acquisitie systeem van de fabrikant Tasler, type LTT 24. Een signaalverwerking programma FAMOS 6.1 is gebruikt om de piekdrukken en positieve fase van het druksignaal te bepalen.

### 3.3 De overdruk in relatie tot gehoor- en/of longschade

In hoofdstuk 4 wordt de theorie behandeld met betrekking tot gehoor- en longschade. De twee belangrijkste parameters zijn de overdruk en de positieve fase.

### 3.4 De vergelijking van de meetresultaten met de meetresultaten van een aanvalshandgranaat in relatie tot de gegenereerde overdruk

Overeenkomstig met het onderzoek uit 1998 zijn de meetresultaten nogmaals vergeleken met de meetresultaten van een aanvalshandgranaat (effect: druk en/of licht). Na intern TNO overleg is gebleken dat sinds 1998 geen nieuwe drukmetingen zijn uitgevoerd. De meetdata van 1998 is nogmaals als referentie gebruikt binnen dit nieuwe onderzoek.

### 3.5 De vergelijking van de overdruk gegenereerd door het vuurwerk met die van kale TNT-springstoflading (TNT-equivalentie)

Om een idee te vormen over de kracht van het vuurwerk worden de meetresultaten vergeleken met de overdruk die wordt gegenereerd door een kale TNT-

springstoflading [9]. Bij de berekeningen is uitgegaan van kale bolvormige (sferische) springstofladingen in relatie tot het vuurwerk dat is geactiveerd op een hoogte van 1,5 meter. En een half-bolvormige (hemisferisch) springstofladingen in relatie tot het vuurwerk dat op het maaiveld is geactiveerd. Er is geen rekening gehouden met de vorm van het vuurwerk. De berekeningsmethode is niet geschikt voor kleine ladingen in relatie tot grote afstanden omdat daarbij lage overdrukken voorkomen.

### 3.6 De impact op de kledinguitrusting van de Politie

Voor dit onderzoek heeft de Politie verschillende kledingstukken beschikbaar gesteld. Broeken, twee type jassen, twee type poloshirts, twee type caps, verschillende schoenen, veiligheidsbrillen en veiligheidsvesten. Speciaal voor dit onderzoek zijn stevige paspopen aangeschaft. Figuur 9 toont een paspop met een volledige Politie-uitrusting (zonder schoenen). Met verschillende typen vuurwerk is de impact op de uitrusting bekeken. Het vuurwerk is geactiveerd op een hoogte van 1,5 meter op een afstand van 0,5 meter en 0,25 meter, en bij direct contact.



Figuur 9 Een paspop met een volledige Politie-kledinguitrusting (zonder schoenen).

### 3.7 De impact op de kledinguitrusting van de ME

De kleding van de ME verschilt ten opzichte van de kleding van de Politie. Deze kleding zoals de broek en jas zijn voorzien van opvulmateriaal om geweld in de

vorm voor rondvliegende voorwerpen op te kunnen vangen zodat geen letsel ontstaat. Figuur 10 toont een paspop met de volledige ME-kledinguitrusting.



Figuur 10 Een paspop met een volledige ME-kledinguitrusting.

### 3.8 De impact op de beschermende middelen van de ME

Voor dit deel van het onderzoek heeft de Politie verschillende beschermende middelen van de ME beschikbaar gesteld zoals helmen, scheenbeschermers, schilden en schoenen (zie Figuur 11). Met de verschillende typen vuurwerk is de impact op deze beschermende middelen vastgesteld.



Figuur 11 De beschermende middelen van de ME.

### 3.9 De impact van illegaal vuurwerk op een dienstvoertuig van de Politie

De Politie heeft voor dit onderzoek twee dienstvoertuigen ter beschikking gesteld. Het betreft een Volkswagen Touran. Bij één van de voertuigen is de voorruit voorzien van een veiligheidsfolie/anti vandalisme folie [10]. Op basis van een Cobra 8 vuurwerkartikel is de impact op de voorruit bekeken. Daarbij is de Cobra 8 onderaan de voorruit gepositioneerd, net onder de achterzijde van de motorklep. Daarna is de impact op het dak, de zijruiten en de deur van de chauffeur bekeken. In het voertuig zijn drukmetingen uitgevoerd.

### 3.10 Het gebruik van zeephoofden om mogelijk letsel inzichtelijk te maken

Zeephoofden (zie Figuur 12) worden gebruikt om de indeuking van een helm na de impact van een projectiel te bestuderen [11]. Een zeephoofd is uiteraard niet overeenkomstig met de kenmerken van een hoofd van een mens, maar is wel te gebruiken bij dit onderzoek om een inzicht te krijgen of letsel zou kunnen ontstaan.



Figuur 12 Een voorbeeld van de toepassing van een zeephoofd.

## 4 Letselcriteria

### 4.1 Algemeen

Bij de overdruk die wordt gegeneerd door vuurwerk kan letsel optreden in de vorm van trommelvliesbreuk en/of longschade. De menselijke organen, oren en longen, bevatten lucht en zijn hiervoor het meest gevoelig.

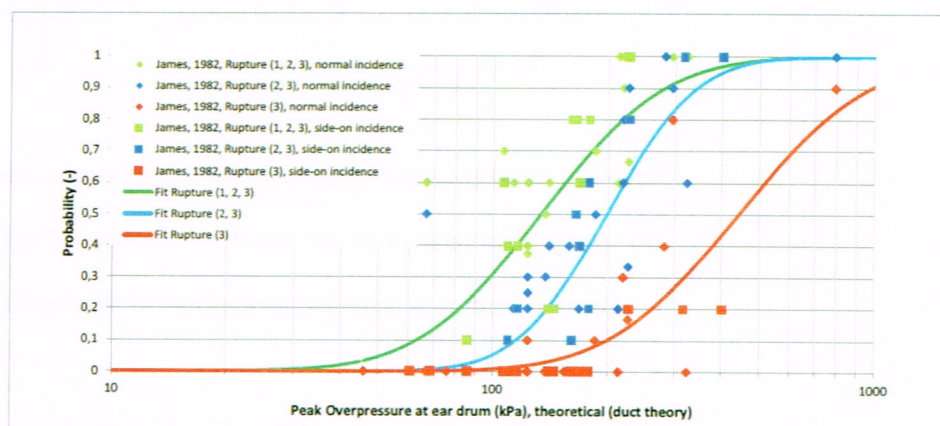
### 4.2 Gehoorschade

Het gehoororgaan is het meest gevoelig voor drukverschillen. Het trommelvlies scheidt het buitenoor af van het middenoor, zet akoestische energie om in mechanische energie en is in staat zeer lage geluidsniveaus waar te nemen. Bij te hoge drukniveaus kan het trommelvlies scheuren. De grenswaarde waarbij trommelvliesbreuk kan optreden is een overdruk van 21 kPa. Met behulp van een zogenaamde probit-functie [8] wordt op analytische wijze de kans op gehoorschade weergegeven.

Op basis van testen [15] zijn drie categorieën gedefinieerd:

- 1 Minder ernstig: De schade aan het gehoor kan zich al herstellen binnen 6 tot 8 weken. Het gehoor zal zich volledig herstellen of het gehoor zal slechts minimaal worden aangetast.
- 2 Gematigd: In menig geval is een operatie nodig. Een herstel van het gehoorvlies ((myringoplastiek: sluiting van een gat in het trommelvlies) of een middenooroperatie (tymanoplastiek: herstel van middenoorfunctie door reparatie van een onderbroken gehoorbeentketen). De gehoorqualiteit kan terugkeren of zal altijd enigszins zijn aangetast.
- 3 Zeer ernstig: volledige beschadiging, herstel middels operatie (tymanoplastiek) levert blijvend gehoorverlies op.

Op basis van de testen zijn zogenaamde probit-functies afgeleid voor de bovenstaande categorieën en zichtbaar gemaakt in Figuur 12.



Figuur 12 De kans op trommelvliesbreuk in relatie tot de piekoverdruk [15].

Het model zoals gepresenteerd in Figuur 12 toont de kans op gehoorschade in relatie tot de drie bovengemelde categorieën. Het model houdt rekening met de volgende input:

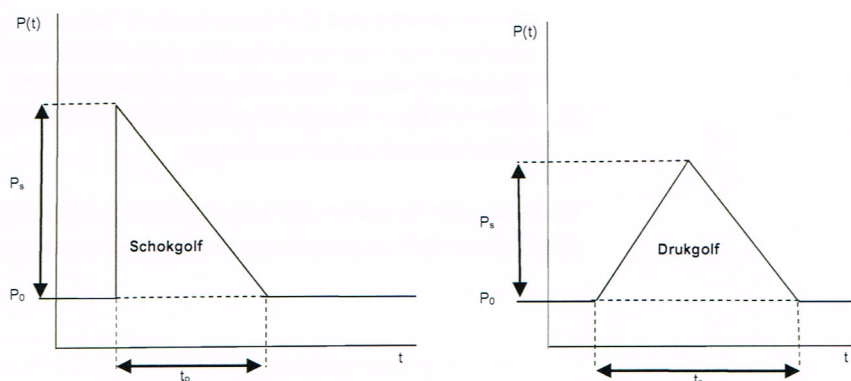
- Piekoverdruk;
- De hoek van inval van de schokgolf;
- Afmeting oorschelp;
- Oriëntatie van de oorschelp
- Bescherming van het gehoor.

### 4.3 Longschade

Door een explosie ontstaat een schokgolf die een drukverschil veroorzaakt binnen en buiten de borstkas en longen. Als gevolg hiervan wordt de borstkas snel naar binnen gedrukt waardoor de longen kunnen worden beschadigd. De factoren die de mate van longschade beïnvloeden zijn:

- De amplitude van de schokgolf/druk golf ( $P_s$ );
- De positieve fase duur van de schokgolf/druk golf ( $t_p$ ) (dit is de tijdperiode waarin een drukverhoging optreedt);
- De impuls ( $i_s$ );
- De atmosferische druk ( $P_0$ );
- De massa van een persoon.

Figuur 13 toont het schematische druk-tijd verloop voor een schokgolf en drukgolf.



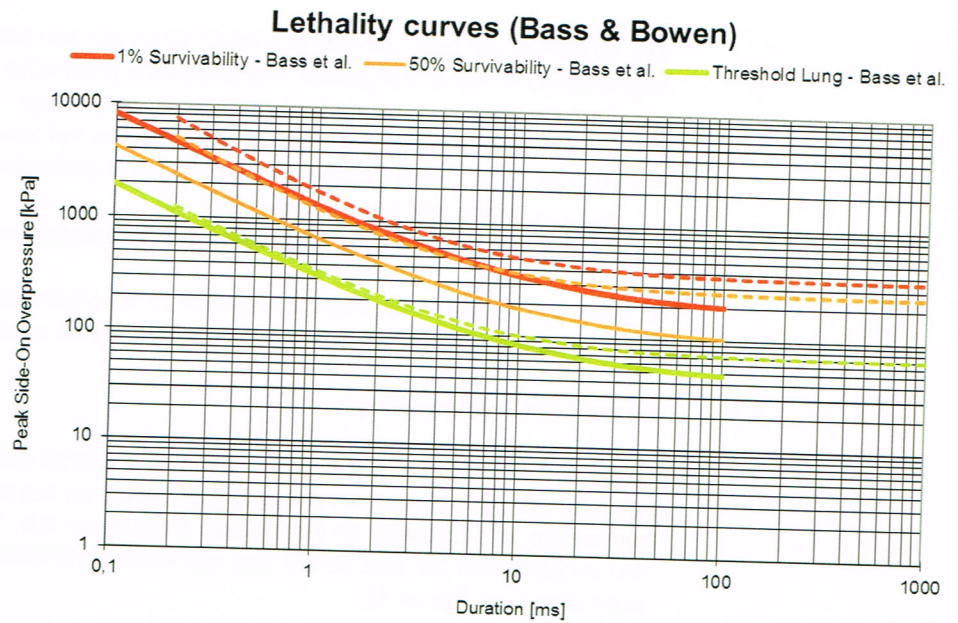
Figuur 13 De schematische weergave van een druk-tijd verloop voor een schokgolf en drukgolf.

De belangrijkste kenmerken van een druk- of schokgolf zijn:

- De piekoverdruk in de aankomende druk- of schokgolf ( $P_s$ );
- De positieve fase ( $t_p$ );
- De impuls is ( $i_s$ ).

In Figuur 14 is een P-t diagram [12] getoond waarin de overlevingskans is weergegeven voor een persoon van 70 kg bij een omgevingsdruk van 100 kPa. De ondergrens waarbij longschade kan optreden is een overdruk van 100 kPa met een positieve fase duur van 10 ms. De kans op longschade wordt bepaald naar

aanleiding van de drukmetingen, waarbij de piekoverdruk en positieve fase als referenties worden gebruikt. Andere benaderingen (lees de theorie) houden rekening met de geschaalde piekoverdruk en positieve fase meestal in relatie tot groter afstanden en veel hogere explosieve ladingen.



Figuur 14 Overlevingskans bij longschade voor een persoon van 70 kg bij een omgevingsdruk van 100 kPa.

## 5 De beproevingsvolgorde

### 5.1 Algemeen

Om de impact van het vuurwerk te kwantificeren zijn een aantal verschillende beproevingsmethoden toegepast. Het praktische onderzoek heeft drie dagen geduurd. De verdeling van de werkzaamheden is als volgt:

- 19 april 2017: Drukmetingen in de nabijheid van het vuurwerk;
- 20 april 2017: Testen aan Politie- en ME-kledinguitrusting, en testen aan beschermende middelen van de ME;
- 21 april 2017: Vervolg kledingtesten plus voertuigtesten.

In totaal zijn 45 testen uitgevoerd, waarvan 14 drukmetingen en 31 overige testen. In de volgende paragrafen zijn de verschillende testen nader beschreven.

### 5.2 19 april 2017: Drukmetingen

Op de eerste testdag van het onderzoek is de overdruk gemeten in de nabijheid van alle verschillende typen vuurwerk geactiveerd op het maaiveld maar ook op een hoogte van 1,5 meter en een op een afstand van 0,5, 1, 2, 5 en 10 meter. Alle vuurwerkartikelen zijn met behulp van een elektrische ontsteker op afstand geactiveerd, zie Figuur 15.



Figuur 15 De test set-up; zichtbaar de verschillende aerodynamisch gevormde drukopnemers.

### 5.3 20 april 2017: Testen uitrusting Politie en ME

In Tabel 2 is een overzicht getoond met de informatie met betrekking tot test 15 tot en met 32. Ter illustratie worden in de Figuren 16 tot en met 21 de verschillende testscenario's zichtbaar gemaakt. Niet van elk test is een afbeelding getoond.

Tabel 2. Overzicht van de testen uitgevoerd op 20 april 2017.

Test-nummer	Uitrusting	Vuurwerk type	Hoogte [m]	Afstand t.o.v. uitrusting [m]
15 (1)	Politie: compleet	Super Cobra 6 (Engelse tekst)	1,5	0,5
16 (2)	Politie: compleet	Super Cobra 6 (Engelse tekst)	1,5	0,25
17 (3)	Politie: compleet	Super Cobra 6 (Engelse tekst)	1,5	0
18 (4)	Politie: compleet	Super Cobra 6 (Italiaanse tekst)	1,5	0,5
19 (5)	Politie: compleet	Super Cobra 6 (Italiaanse tekst)	1,5	0,25
20 (6)	Politie: compleet	Super Cobra 6 (Italiaanse tekst)	1,5	0
21 (7)	Politie: compleet	Cobra 8	1,5	0,25
22 (8)	Politie: compleet	Cobra 8	1,5	0
23 (9)	Helm ME	Thunderking	1,2	0,25
24 (10)	Helm ME	Thunderking	1,2	0
25 (11)	Schoenen	Shell 3 inch	0,3	0,25
26 (12)	Schoenen, schoenbeschermers	Shell 3 inch	0,3	0,25
27 (13)	Schild ME	Super Cobra 6 (Italiaanse tekst)	1,42	0,25
28 (14)	Schild ME	Super Cobra 6 (Italiaanse tekst)	1,42	0
29 (15)	Schild ME	Shell 3 inch	1,42	0,25
30 (16)	Schild ME	Shell 3 inch	1,42	0
31 (17)	Schoenen	Super Cobra 6 (Engelse tekst)	0	Schoenzool
32 (18)	Schoenen	Thunderking	0	Zijkant



Figuur 16 Een volledige kledinguitrusting van de Politie. De impact van een Super Cobra 6 (Engelse tekst) op een afstand van 0,5 meter.



Figuur 17 Een volledige kledinguitrusting van de Politie. De impact van een Cobra 8 (gele pijl).



Figuur 18 Een helm in gebruik bij de ME. De impact van een Thunderking (gele pijl) op een afstand van 0,25 meter.



Figuur 19 Een helm in gebruik bij de ME. De impact van een Thunderking (gele pijl) bij direct contact.



Figuur 20 Scheenbeschermers in gebruik bij de ME. De impact van een 3 inch shell (gele pijl).



Figuur 21 Een schild in gebruik bij de ME. De impact van een 3 inch shell (gele pijl) op een afstand van 0,25 meter.

#### 5.4 21 april 2017: Testen kledinguitrusting Politie, ME en dienstvoertuigen

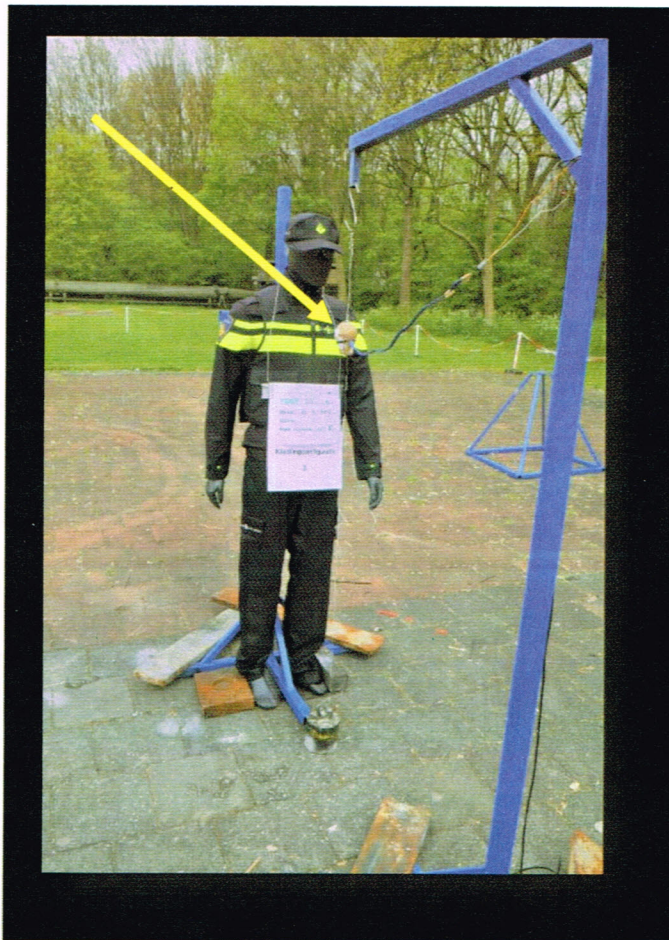
In Tabel 3 is een overzicht getoond met informatie met betrekking test 33 tot en met 45. Ter illustratie worden in de Figuren 22 tot en 30 de verschillende testscenario's zichtbaar gemaakt. Niet van elk test is een afbeelding getoond.

Tabel 3 Overzicht van de testen uitgevoerd op 21 april 2017.

Test nummer	Uitrusting/voertuig	Vuurwerk type	Hoogte [m]	Afstand t.o.v. kledinguitrusting of voertuigonderdeel [m]
33 (19)	Zeephoofd met cap en bril	Super Cobra 6 (Italiaanse tekst)	1,2	0,25
34 (20)	Politie: compleet	3 inch shell	1,5	0,25
35 (21)	Politie: compleet	Cobra 8	0	Tussen schoenen
36 (22)	Voertuig: voorruit zonder folie	Cobra 8	n.v.t.	0
37 (23)	Voertuig: voorruit met folie	Cobra 8	n.v.t.	0
38 (24)	Voertuig: voorruit zonder folie	3 inch shell	1,5	0,25 van zijruit
39 (25)	Voertuig: voorruit zonder folie	Super Cobra 6 (Duitse tekst)	n.v.t.	dak
40 (26)	Politiebroek plus schoenen	Cobra (Duitse tekst)	0,55	0,25
41 (27)	Schild ME	Butterfly Cracker	1,5	0
42 (28)	Voertuig: voorruit met folie	3 inch shell	1,5	0,25 zijruit
43 (29)	ME: uitrusting	Cobra 8	1,5	0
44 (30)	Voertuig: voorruit met folie	Super Cobra 6 (Duitse tekst)	n.v.t.	dak
45 (31)	Voertuig: voorruit met folie	Cobra 8	n.v.t.	deur: links



Figuur 22 Zeephoofd met cap en veiligheidsbril, impact van een Super Cobra 6 (Italiaanse tekst) (gele pijl) op een afstand van 0,25 meter.



Figuur 23 De kledinguitrusting van de Politie bestaande plus veiligheidsbril, impact van een 3 inch shell op een afstand van 0,25 meter.



Figuur 24 Politiebroek met schoenen, impact van een Cobra 8 (gele pijl).



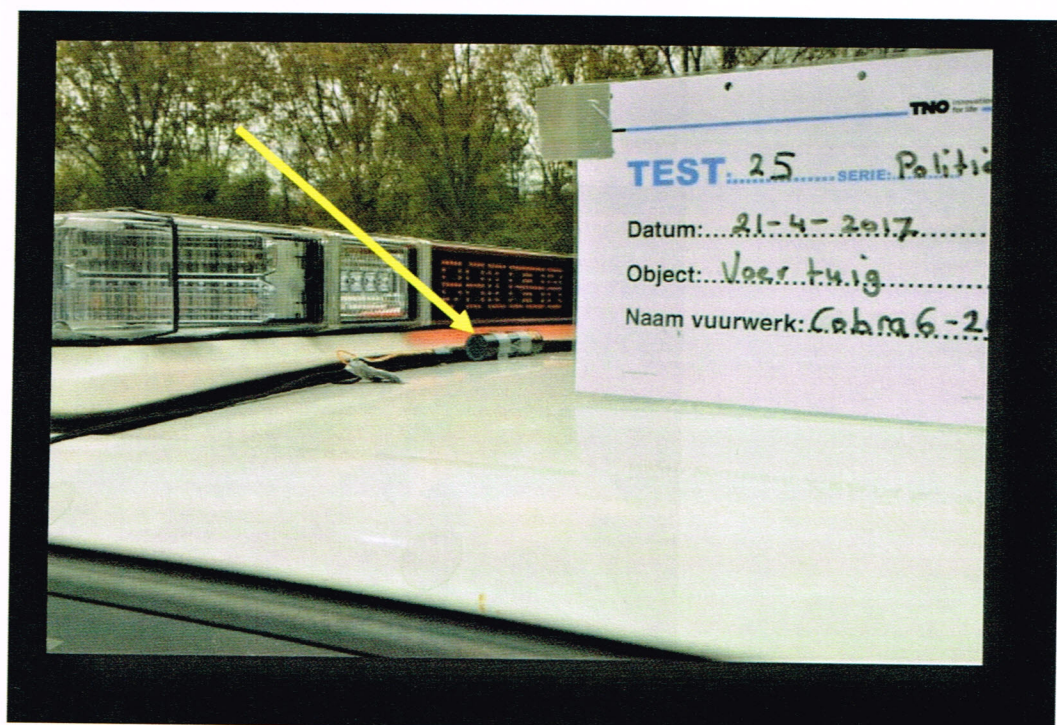
Figuur 25 Het dienstvoertuig van de Politie, een Cobra 8 (gele pijl) tussen voorruit en motorklep.



Figuur 26 Het dienstvoertuig van de Politie, een Cobra 8 tussen voorruit en motorklep. Paspoppen voorzien van zeefhoofden. Inclusief drukmetingen in voertuig.



Figuur 27 Het dienstvoertuig van de Politie, een 3 inch shell (gele pijl) naast het voertuig op een afstand van 0,25 meter van de linker zijruit.



Figuur 28 Het dienstvoertuig van de Politie, een Super Cobra 6 (Duitse tekst) (gele pijl) op het dak.



Figuur 29 Een volledige kledinguitrusting van de ME, een Cobra 8 (gele pijl) bij direct contact.



Figuur 30 Het dienstvoertuig van de Politie, een Cobra 8 (gele pijl) op de linker deur.

## 6 Resultaten van het onderzoek

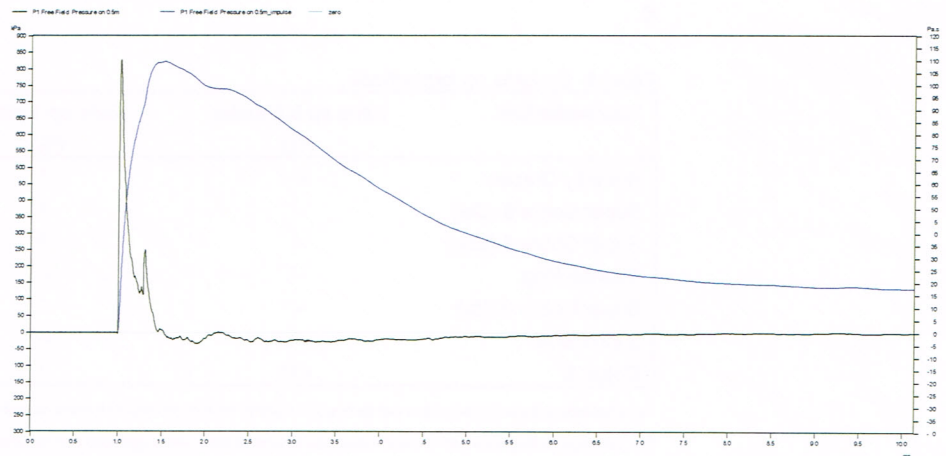
### 6.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd. Een onderverdeling is als volgt gemaakt:

- 1) Een overzicht van de gemeten overdruk niveaus en de positieve fase;
- 2) De relatie tussen de meetresultaten van de vuurwerkartikelen en een bepaald type aanvalshandgranaat;
- 3) De relatie van de meetresultaten van de vuurwerkartikelen met TNT-springstof;
- 4) Een overzicht van de schade aan de kledinguitrusting van de Politie;
- 5) Een overzicht van de schade aan en de kleding en de beschermende middelen van de ME;
- 6) Een presentatie van de schade aan de dienstvoertuigen van de Politie.

### 6.2 Meetresultaten van de overdruk

In bijlage A en B zijn de meetresultaten van de druk en positieve fase getoond. Figuur 31 toont een typisch schokgolfprofiel plus de berekende impuls. Dit overdrukprofiel is geregistreerd op 0,5 meter vanaf een Cobra 8 geactiveerd op het maaiveld.



Figuur 31 Voorbeeld van een overdrukprofiel: De gemeten overdruk van een Cobra 8 op het maaiveld.

### 6.3 De kans op gehoor- en longschade

#### 6.3.1 Kans op gehoorschade

Tabel 4 toont op basis van de berekeningen [8] de resultaten van de kans op trommelvliesbreuk in relatie tot een bolvormige explosie op een hoogte van 1,5 meter ten opzicht van het maaiveld. Geen uitspraak zal worden gedaan over de mate van schade en herstel zoals medegedeeld in paragraaf 4.2.

Tabel 4 De kans op gehoorschade.

Vuurwerkartikel	Kans op 0,5 meter (%)	Kans op 1 meter (%)	Kans op 2 meter (%)
Butterfly Cracker	46	2	<1
Super Cobra 6 (Dui)	75	15	<1
Super Cobra 6 (Eng)	90	18	1
Thunderking	89	9	1,5
Super Cobra 6 (Ita)	87	12	1,5
3 inch Shell	98	28	4
Cobra 8	99	71	7

#### 6.3.2 De kans op longschade

Tabel 5 toont de meetresultaten op de kans op longschade van de verschillende vuurwerkartikelen op de verschillende afstanden. De kans is een relatie tussen de piekoverdruk en de positieve fase. Deze meetresultaten zijn getoond in bijlage A en B.

Tabel 5 De kans op longschade.

Vuurwerkartikel	Kans op 0,5 meter (%)	Kans op 1 meter (%)	Kans op 2 meter (%)
Butterfly Cracker	-1	-1	-1
Super Cobra 6 (Dui)	-1	-1	-1
Super Cobra 6 (Eng)	-1	-1	-1
Thunderking	-1	-1	-1
Super Cobra 6 (Ita)	-1	-1	-1
3 inch Shell	-1	-1	-1
Cobra 8	<1 <sup>2</sup>	-1	-1

1) Vanwege de korte positieve fase van de overdruksignalen bevindt de kans zich onder de drempel waarbij longschade kan optreden.

2) Vanwege de hoge piek van het overdruksignaal bevindt de kans van longschade zich net onder de drempel van longschade.

#### 6.3.3 Resultaten

Op basis van de meetresultaten kan worden geconcludeerd dat tussen de 0,5 en 2 meter gehoorschade kan optreden. Daarentegen is de kans op longschade beperkter. De rede hiervan is de korte positieve fase van de druksignalen. Een hogere positieve fase zoals 10 milliseconden bij een piekoverdruk van 100 kPa is de grens waarbij longschade kan gaan plaatsvinden. Alleen het gemeten druksignaal van de Cobra 8 op 0,5 meter tikt deze grens aan.

#### 6.3.4 Conclusie

- De kans op gehoorschade treedt al op vanaf 2 meter afstand bij alle geteste typen vuurwerk;

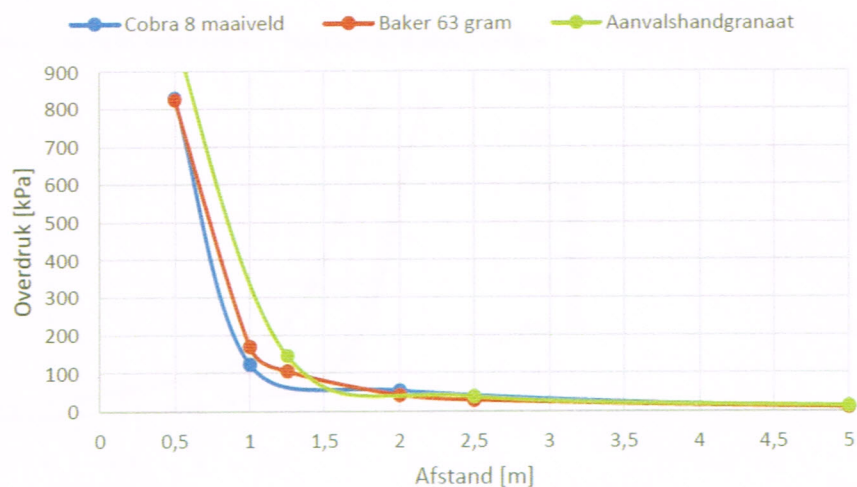
- De kans op longschade kan worden veroorzaakt door een Cobra 8 op een afstand van 0,5 meter. Op een afstand kleiner dan 0,5 meter is de kans uiteraard vele malen hoger.

#### 6.4 De relatie van de gegenereerde overdruk van het vuurwerk, een equivalente TNT-springstof en een aanvalshandgranaat

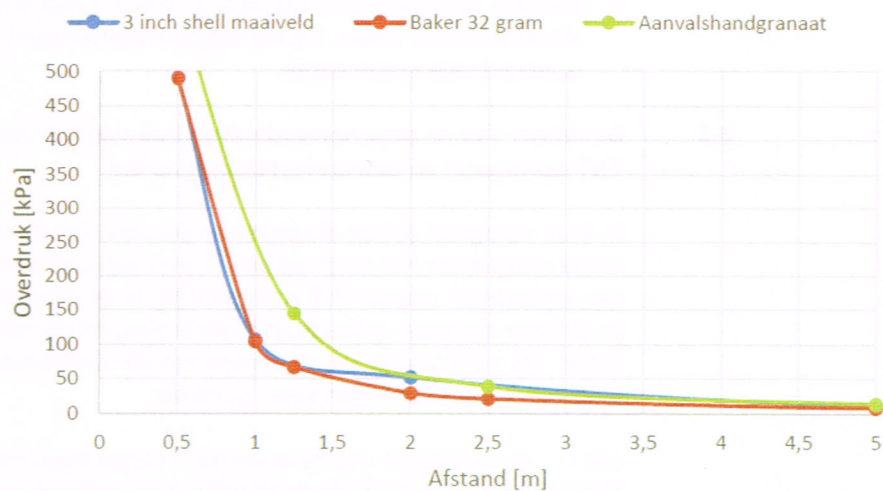
In deze paragraaf zijn de diagrammen getoond van de relatie tussen de overdruk en de afstand van het vuurwerkartikel, een bepaald type aanvalshandgranaat en een equivalente massa TNT springstof [9]. In de diagrammen is een meetafstand tot 5 meter zichtbaar gemaakt in tegenstelling tot de maximale meetafstand van 10 meter. Op basis van deze presentatie zijn de overeenkomsten van de verschillende metingen en berekeningen beter zichtbaar.

##### 6.4.1 De resultaten van de overdruk; vuurwerk op het maaiveld

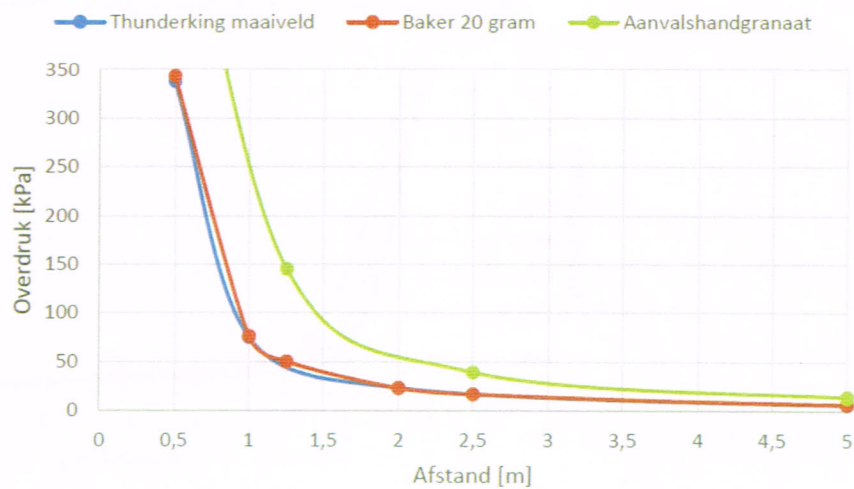
Figuur 32 tot en met 38 zijn de diagrammen getoond van de gemeten drukwaarden van de zeven vuurwerkartikelen. Op basis van deze drukwaarden is berekend hoeveel equivalente massa TNT springstof overeenkomt (rode lijn in de diagrammen). Daarnaast zijn de drukwaarden van een aanvalshandgranaat getoond (groene lijn).



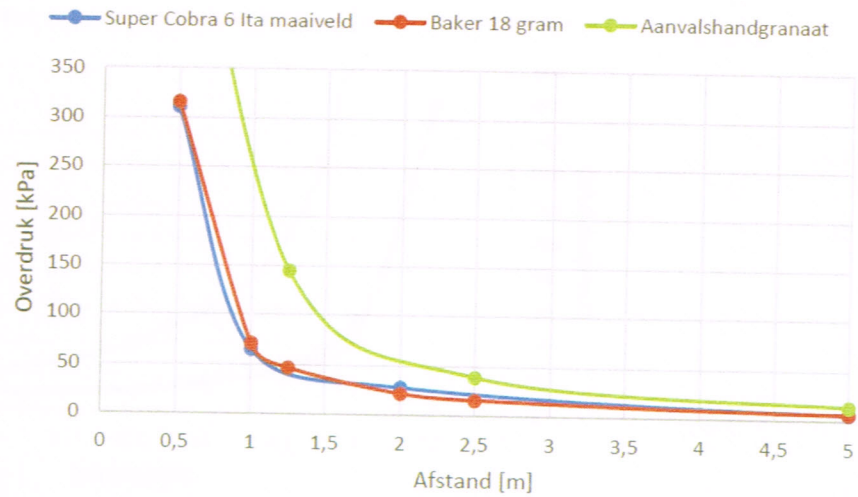
Figuur 32 Het verloop van de overdruk gemeten in de nabijheid van een vuurwerkartikel Cobra 8 op het maaiveld, een equivalente TNT-springstof en een aanvalshandgranaat.



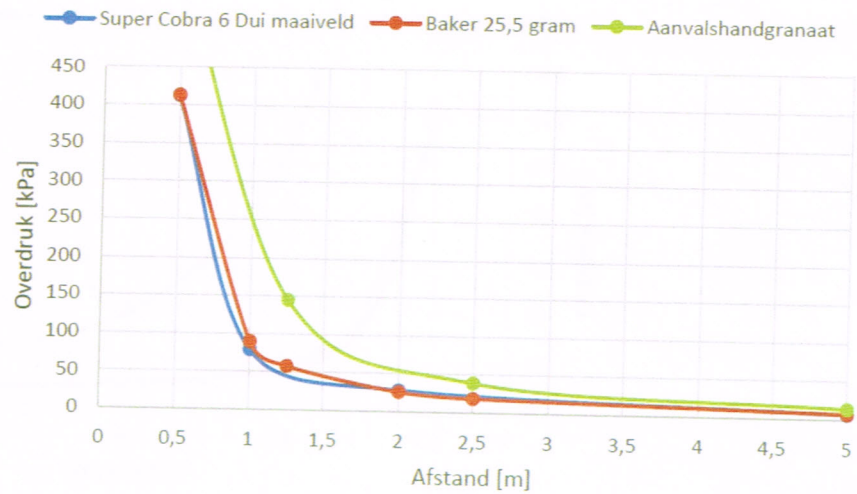
Figuur 33 Het verloop van de overdruk gemeten in de nabijheid van een vuurwerkartikel 3 inch shell op het maaiveld, een equivalente TNT-springstof en een aanvalshandgranaat.



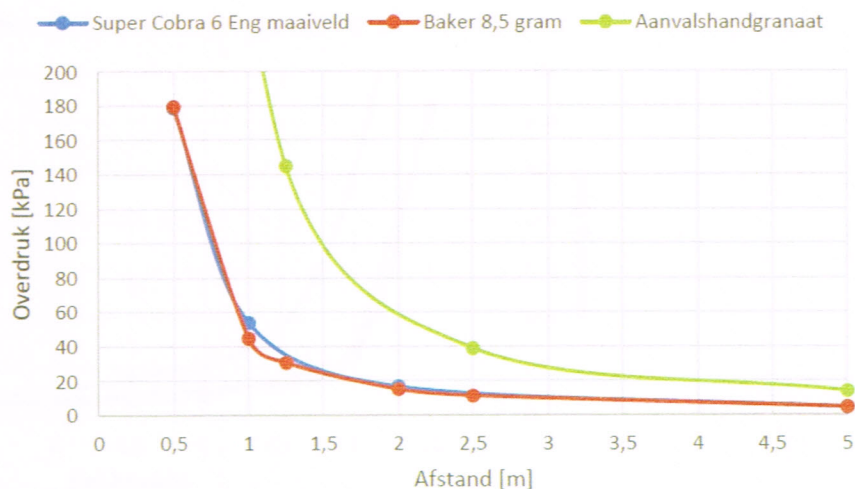
Figuur 34 Het verloop van de overdruk gemeten in de nabijheid van een vuurwerkartikel Thunderking op het maaiveld, een equivalente TNT-springstof en een aanvalshandgranaat.



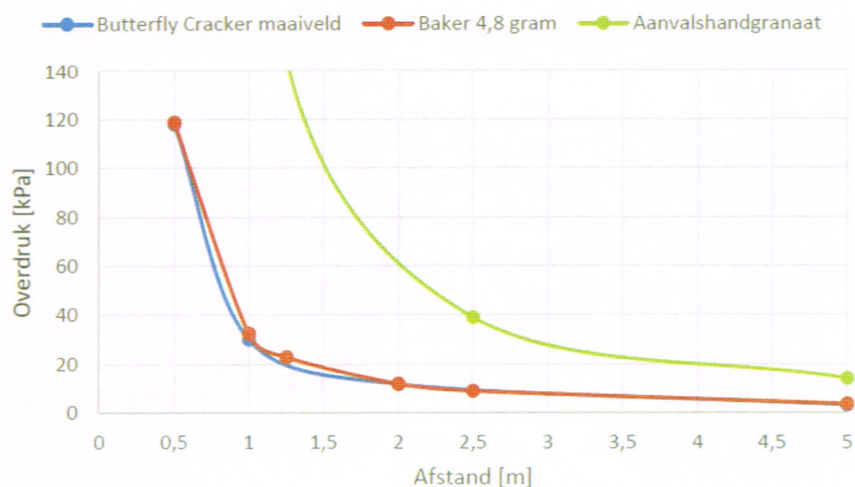
Figuur 35 Het verloop van de overdruk gemeten in de nabijheid van een vuurwerkartikel Super Cobra 6 (Italiaanse tekst) op het maaiveld, een equivalente TNT-springstof en een aanvalshandgranaat.



Figuur 36 Het verloop van de overdruk gemeten in de nabijheid van een vuurwerkartikel Super Cobra 6 (Duitse tekst) op het maaiveld, een equivalente TNT-springstof en een aanvalshandgranaat.



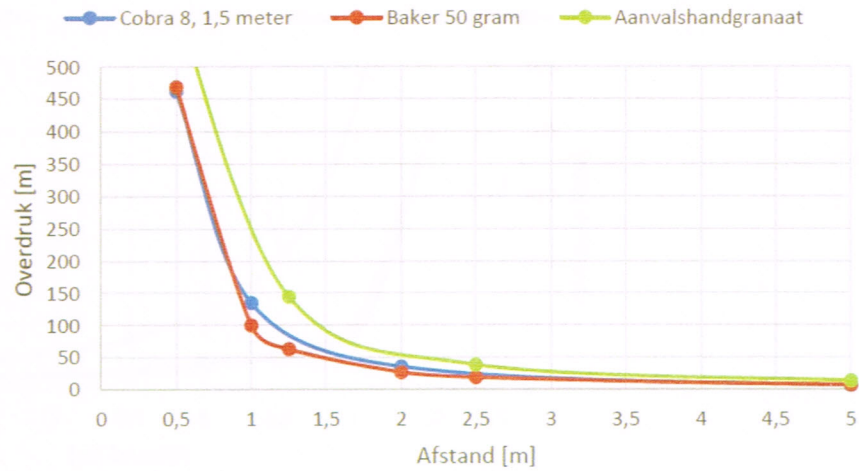
Figuur 37 Het verloop van de overdruk gemeten in de nabijheid van een vuurwerkartikel Super Cobra 6 (Engelse tekst) op het maaiveld, een equivalente TNT-springstof en een aanvalshandgranaat.



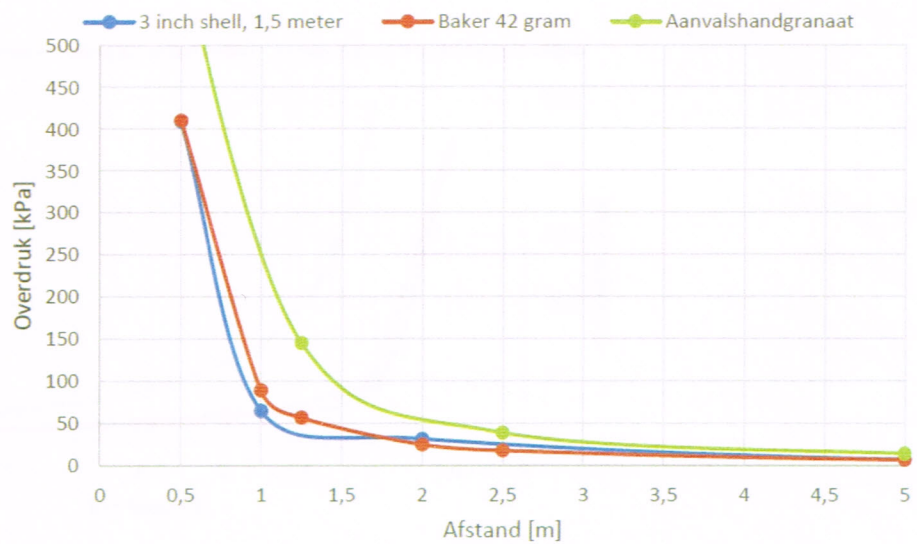
Figuur 38 Het verloop van de overdruk gemeten in de nabijheid van een vuurwerkartikel ten Butterfly Cracker, een equivalente TNT-springstof en een aanvalshandgranaat.

#### 6.4.2 De resultaten van de overdruk: vuurwerk op een hoogte van 1,5 meter.

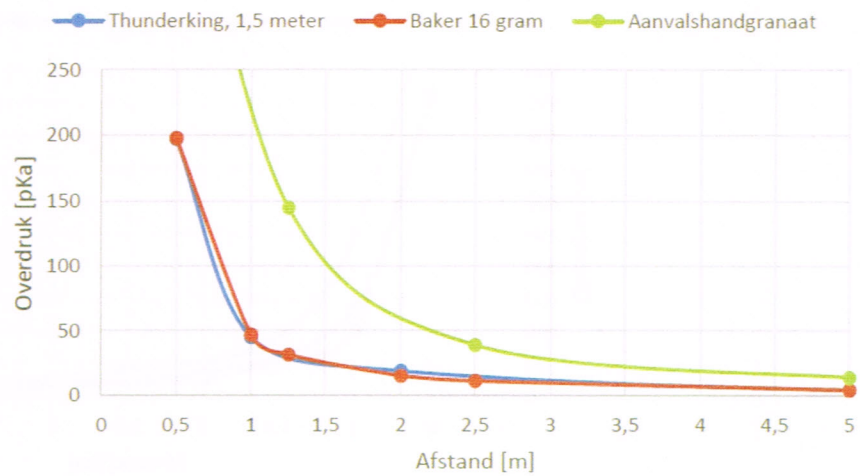
Figuur 39 tot en met 45 zijn de diagrammen getoond van de gemeten drukwaarden van de zeven vuurwerkartikelen maar nu bevindt het vuurwerk zich op een hoogte van 1,5 meter. Op basis van deze drukwaarden is nogmaals de equivalente massa TNT springstof berekent (rode lijn in de diagrammen). Ook de drukwaarden van een aanvalshandgranaat zijn getoond (groene lijn).



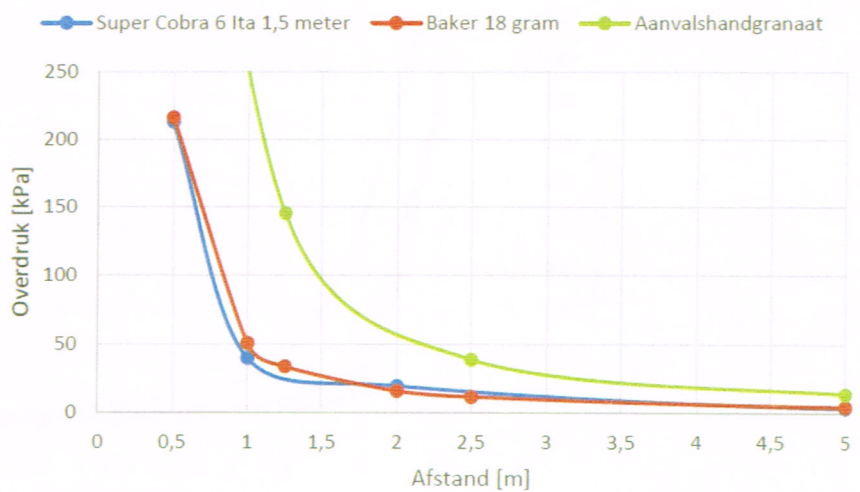
Figuur 39 Het verloop van de overdruk in de nabijheid van een vuurwerkartikel Cobra 8 op een hoogte van 1,5 meter, een equivalente TNT-springstof en een aanvalshandgranaat.



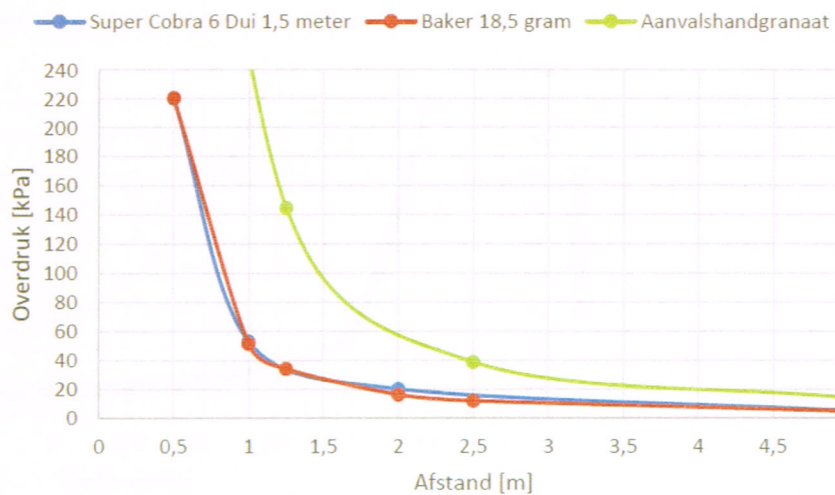
Figuur 40 Het verloop van de overdruk in relatie in de nabijheid van een vuurwerkartikel 3 inch shell op een hoogte van 1,5 meter, een equivalente TNT-springstof en een aanvalshandgranaat.



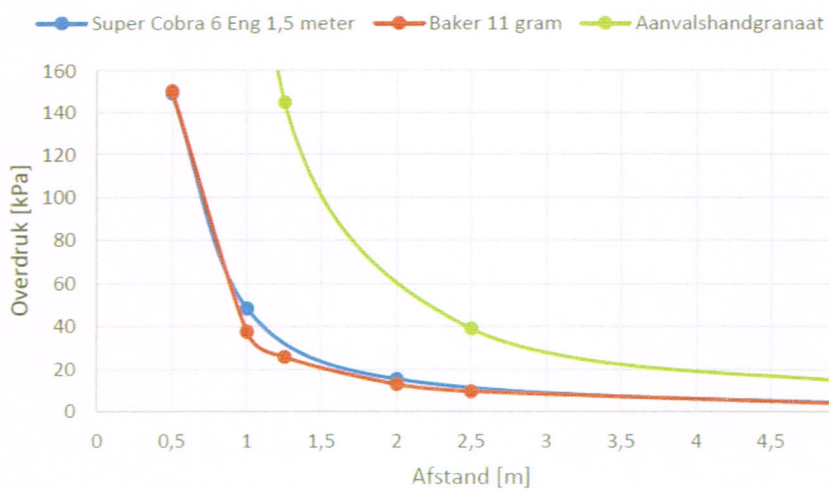
Figuur 41 Het verloop van de overdruk in de nabijheid van een vuurwerkartikel Thunderking op een hoogte van 1,5 meter, een equivalente TNT-springstof en een aanvalshandgranaat.



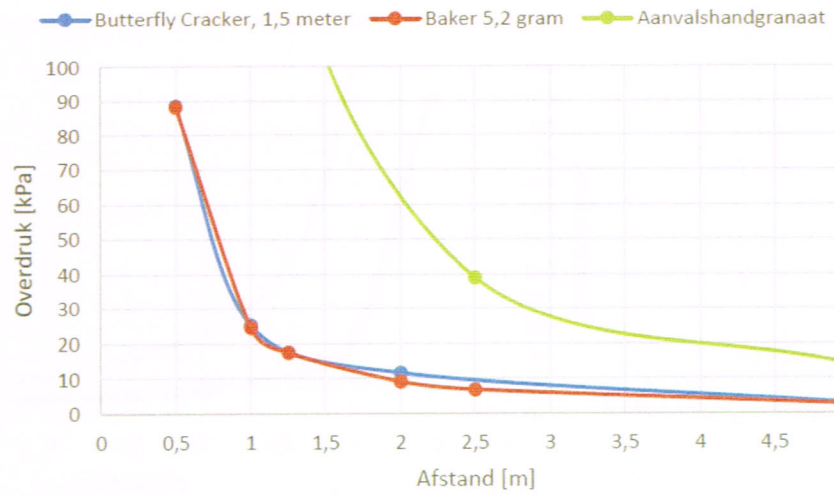
Figuur 42 Het verloop van de overdruk in de nabijheid van een vuurwerkartikel Super Cobra 6 (Italiaanse tekst) op een hoogte van 1,5 meter, een equivalente TNT-springstof en een aanvalshandgranaat.



Figuur 43 Het verloop van de overdruk in de nabijheid van een vuurwerkartikel Super Cobra 6 (Duitse tekst) op een hoogte van 1,5 meter, een equivalente TNT-springstof en een aanvalshandgranaat.



Figuur 44 Het verloop van de overdruk i in de nabijheid van een vuurwerkartikel Super Cobra 6 (Engelse tekst) op een hoogte van 1,5 meter, een equivalente TNT-springstof en een aanvalshandgranaat.



Figuur 45 Het verloop van de overdruk in de nabijheid van een vuurwerkartikel Butterfly Cracker op een hoogte van 1,5 meter, een equivalente TNT-springstof en een aanvalshandgranaat.

### 6.4.3 Resultaten TNT-equivalentie

In het onderstaande overzicht (Tabel 6) zijn de resultaten getoond van de berekende equivalente massa's TNT springstof en de omrekenfactor. Volgens de theorie blijkt de omrekenfactor van TNT versus een flitspoedercompositie (een mengsel dat bestaat uit een reductor (bijvoorbeeld aluminium of magnesium) en een sterke oxidator (bijvoorbeeld kaliumperchloraat of kaliumchloraat) 0,45 te bedragen.

Tabel 6 Overzicht van de omrekenfactoren TNT versus flitspoedercomposities.

Benaming vuurwerk	Gemiddelde NEM <sup>1</sup> volgens NFI <sup>2</sup> onderzoek <sup>3</sup> (gram)	Berekende massa TNT (maaiveld) (gram)	Berekende massa TNT (1,5 meter) (gram)	Omreken- factor (maaiveld) (gram)	Omreken- factor (1,5 meter) (gram)
Butterfly Cracker	8,20	4,80	5,20	0,58	0,63
Super Cobra 6 (2G) (Duitse tekst)	29,90	25,5	18,5	0,85	0,62
Super Cobra 6 (Engels tekst)	19,80	8,50	11	0,43	0,56
Thunderking	27,26	20	16	0,73	0,59
Super Cobra 6 (Italiaanse tekst)	27,86	18	18	0,66	0,66
3 inch shell	n.b. <sup>4</sup>	32	42	n.b. <sup>4</sup>	n.b. <sup>4</sup>
Cobra 8	78,00	63	50	0,81	0,64

1) Netto explosieve massa.

2) Nederlands Forensisch Instituut.

3) Referenties staan vermeld in hoofdstuk 9.

4) Niet bekend.

### 6.4.4 Conclusie

- Bijna alle berekende TNT-equivalenties liggen hoger dan de theoretische factor van 0,45.
- Een uitschieter is de berekende TNT-equivalentie factor van 0,85 voor de Super Cobra 6 (Duitse tekst).

### 6.4.5 Resultaten in relatie tot uitwerking van een aanvalshandgranaat

Alleen de gegenereerde overdruk van een Cobra 8 benadert de gegenereerde overdruk van een bepaald type aanvalshandgranaat.

## 6.5 Een overzicht van de schade aan de kledinguitrusting van de Politie

In deze paragraaf worden alle resultaten getoond die te maken hebben met de impact op de kledinguitrusting van de Politie. Ter illustratie worden veel foto's getoond van de schade. Met betrekking tot de schade aan de kleding wordt geen relatie gelegd met mogelijk lichamelijk letsel dat door het vuurwerk veroorzaakt zou kunnen zijn.

Binnen dit onderzoek zijn twee verschillende kledingconfiguraties gebruikt. Aangeduid met kledinguitrusting 1 en 2. De enige verschillen zijn de jas (soft), de cap, en het gebruik van een veiligheidsbril bij uitrusting 2. In een aantal gevallen zijn de schoenen apart getest. De volgende scenario's zijn bekeken:

- Kledinguitrusting 1: De impact van een Super Cobra 6 (Engelse tekst) op een afstand van 0,5 meter ten opzichte van de Politiekleding;
- Kledinguitrusting 1: De impact van een Super Cobra 6 (Engelse tekst) op een afstand 0,25 meter ten opzichte van de Politiekleding;
- Kledinguitrusting 1: De impact van een Super Cobra 6 (Engelse tekst) bij direct contact op de Politiekleding;
- Kledinguitrusting 1: De impact van een Super Cobra 6 (Italiaanse tekst) op een afstand van 0,25 meter ten opzichte van de Politiekleding;
- Kledinguitrusting 1: De impact van een Cobra 8 op een afstand van 0,25 meter ten opzichte van de Politiekleding;
- Kledinguitrusting 1: De impact van een Cobra 8 bij direct contact op de Politiekleding;
- Kledinguitrusting 2: De impact van een 3 inch shell op een afstand van 0,25 meter ten opzichte van de Politiekleding.
- Politiebroek: De impact van een Super Cobra 6 (Duitse tekst) op een afstand van 0,25 meter en een hoogte van 0,55 meter.

### 6.5.1 *Kledinguitrusting 1: Test met Super Cobra 6 (Engelse tekst) op de Politiekleding*

Bij de eerste test is gebruik gemaakt van de kledinguitrusting nummer 1 en een Super Cobra 6 (Engelse tekst) op een afstand van 0,5 meter. Resultaat: enige gaatjes in de bekleding zijn zichtbaar. Bij de volgende test is de Super Cobra 6 (Engelse tekst) op een afstand 0,25 meter geactiveerd. Deze testserie is beëindigd waarbij een Super Cobra 6 (Engelse tekst) direct op de Politiekleding is bevestigd. Het vuurwerkartikel veroorzaakt een enorme vuurbol (Figuur 46), maar dat geldt overigens voor elk vuurwerkartikel dat is getest in dit onderzoek. Zichtbaar op de afbeelding van Figuur 47 is het beschadigde veiligheidsvest.



Figuur 46 Een enorme vuurbal wordt veroorzaakt door het vuurwerk.



Figuur 47 Een beschadigd vest; de gevolgen bij direct contact van een Super Cobra 6 (Engelse tekst).

### 6.5.2 Test met Super Cobra 6 (Italiaanse tekst) op Politiekleding

Deze testserie is overeenkomstig met de vorige testserie maar nu is de impact van een Super Cobra 6 met Italiaanse tekst gebruikt. Van dit exemplaar wordt verwacht dat de overdruk hoger is dan het exemplaar met de Engelse tekst. Volgorde van de testen is gelijk, 0,5 meter, 0,25 meter en bij direct contact. Wederom zijn enige gaatjes zichtbaar in de bekleding. Figuur 48 toont het eindresultaat bij direct contact.



Figuur 48 Zichtbaar het beschadigde vest door de impact van een Super Cobra 6 (Italiaanse tekst) bij direct contact.

### 6.5.3 Test met Cobra 8; 0,25 meter en direct contact op Politiekleding

Om de impact van steeds 'zwaarder' vuurwerk te bestuderen is een volgende test uitgevoerd met een Cobra 8. De eerste test op 0,25 meter, gevolgd door een test bij direct contact. Bij de verschillende testen is de jas en vest vervangen.

#### 6.5.3.1 Resultaten (Figuur 49)

De resultaten op 0,25 meter:

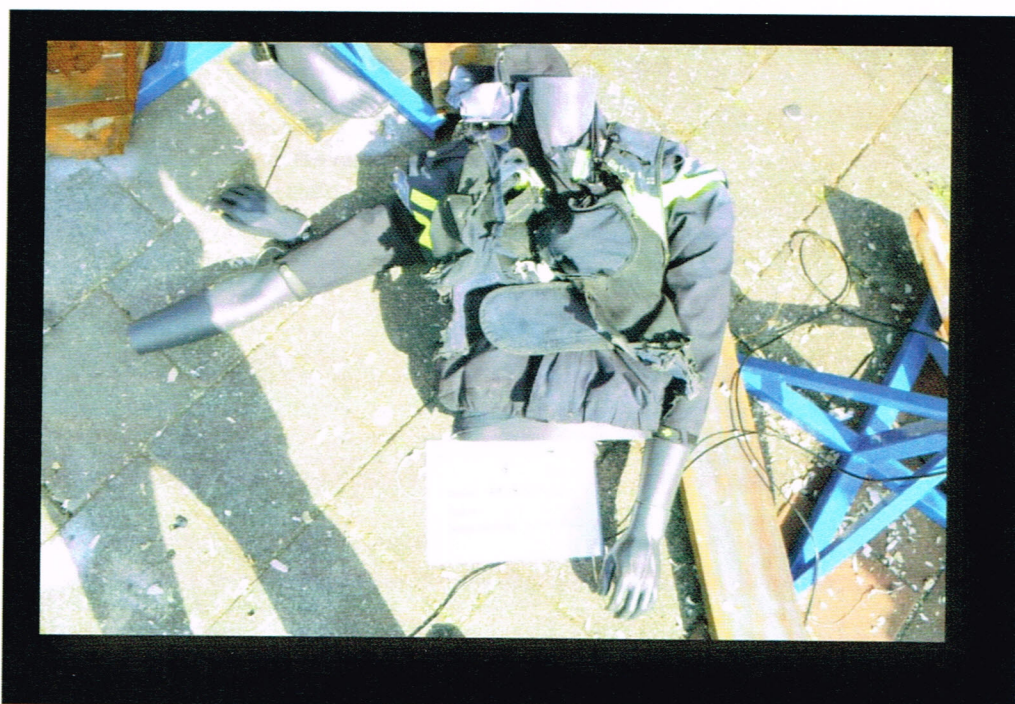
- Verschillende gaten in de jas;
- De rits van het veiligheidsvest is open.

De resultaten bij direct contact (Figuur 50 en 51):

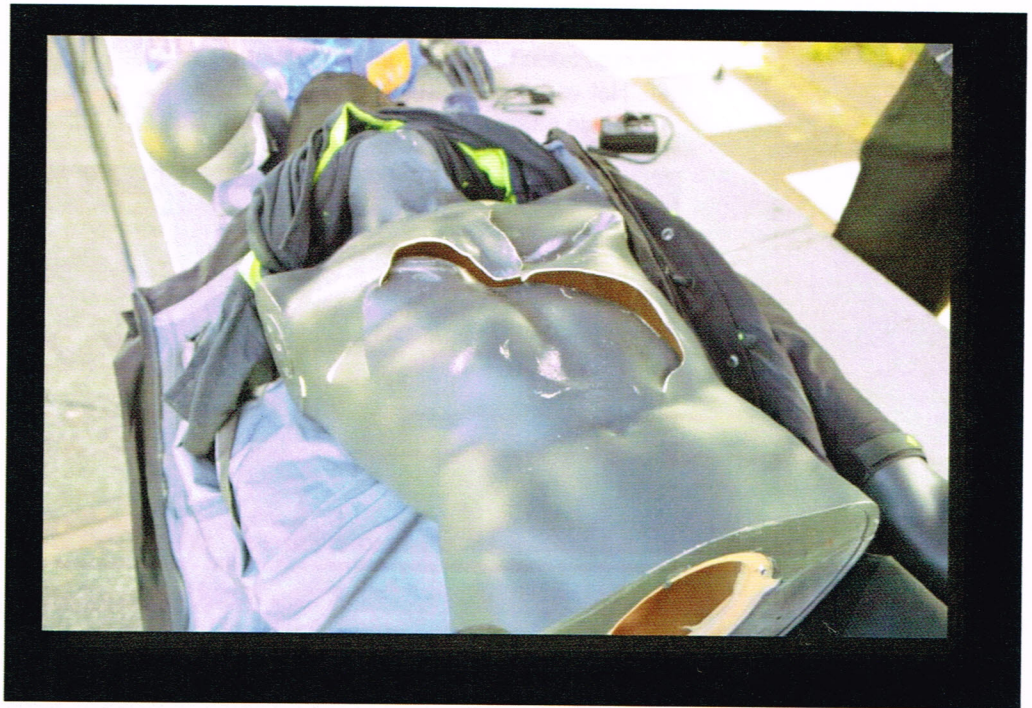
- Het veiligheidsvest is volledig beschadigd;
- Bij de paspop is de borstkas ingedrukt.



Figuur 49 Een beschadigd vest; de gevolgen een Cobra 8 op 0,25 meter.



Figuur 50 De paspop is volledig beschadigd door impact van een Cobra 8 bij direct contact.



Figuur 51 Bij de paspop is de borstkas ingedrukt door de impact van een Cobra 8 bij direct contact.

#### 6.5.4 Kledinguitrusting 2: Test met een 3 inch shell op 0,25 meter

Bij deze test is de impact van een 3 inch shell op de kleding van de Politie vastgelegd. Gekozen is voor een andere buitenjas (soft), een andere cap en een veiligheidsbril.

##### 6.5.4.1 Resultaten (Figuur 52)

- De veiligheidsbril is gebroken;
- De cap is op 5 meter teruggevonden;
- De rits van het veiligheidsvest is open;
- Verschillende gaten zijn ontstaan in de buitenjas en veiligheidsvest.



Figuur 52 De schade aan de Politiekleding veroorzaakt door een 3 inch shell op 0,25 meter.

#### 6.5.5 De impact op een Politiebroek door een Super Cobra 6 (Duitse tekst)

Figuur 53 toont een afbeelding van de Politiebroek door de impact van een Super Cobra 6 (Duitse tekst).

##### 6.5.5.1 Resultaat

Enige gaten in de broek zijn zichtbaar.



Figuur 53 De impact van een Super Cobra 6 (Duitse tekst) op een Politiebroek.

## 6.6 De impact van het vuurwerk op de schoenen

Op basis van verschillende testen is bekeken wat de impact is op Politie/ME schoenen. De volgende testen zijn uitgevoerd:

- 1 Een paspop met schoenen en een Politiebroek; 3 inch shell op ~0,50 m boven het maaiveld;
- 2 Een paspop met schoenen en een Politiebroek; Super Cobra 6 (Duitse tekst) op ~0,50 m boven het maaiveld;
- 3 Een enkele schoen; onder de zool een Super Cobra 6 (Engelse tekst);
- 4 Een enkele schoen; aan de zijkant een Thunderking, direct contact;
- 5 Een Cobra 8 tussen een paar schoenen.

### 6.6.1 Resultaat

Ad 1. De schoenen waren nog intact echter de Politiebroek is volledig gescheurd en stond in brand na de test. Figuur 54 toont een afbeelding.

Ad 2. De schoenen waren nog intact. De Politiebroek is voorzien van verschillende gaten.

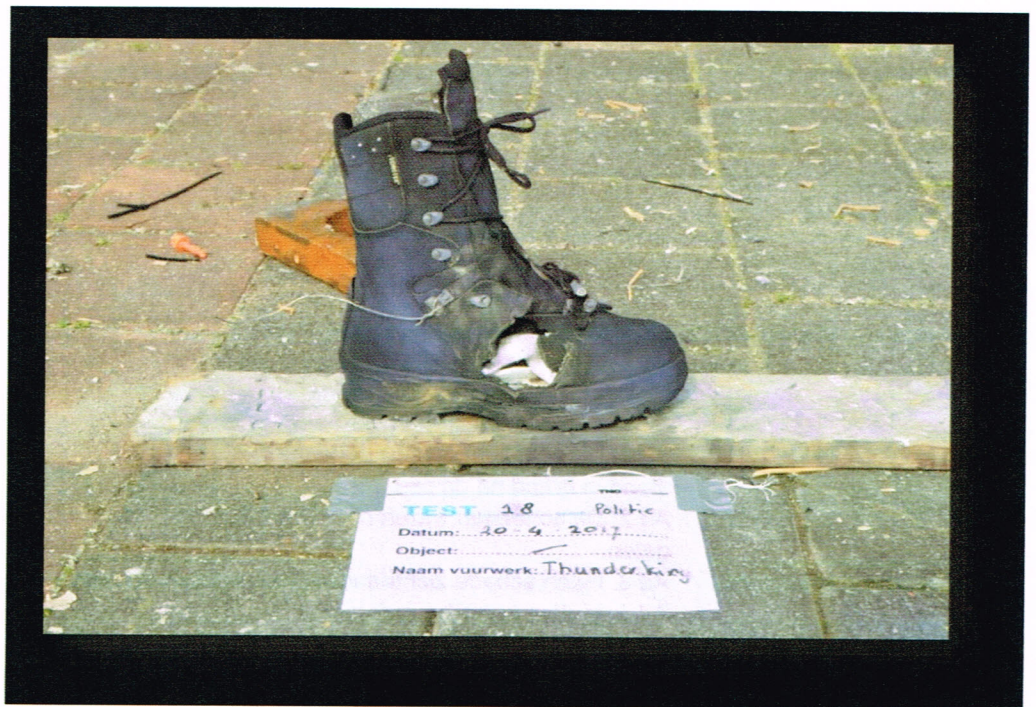
Ad 3. Geen schade zichtbaar aan de schoen.

Ad 4. In de schoen bevindt zich een groot gat (zie afbeelding in Figuur 55).

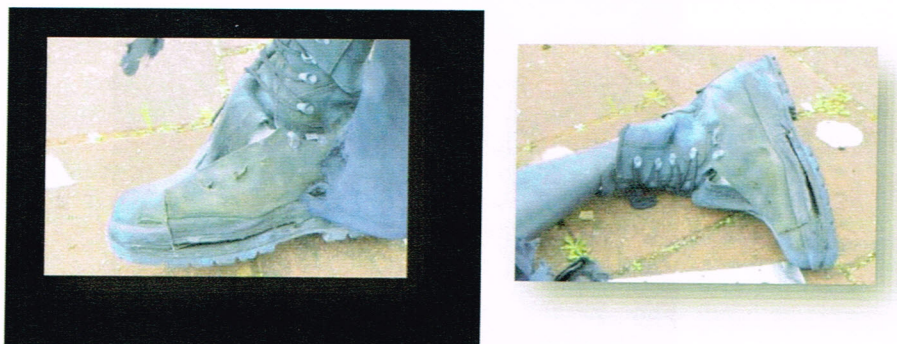
Ad 5. Beide schoenen zijn behoorlijk beschadigd. De zolen zijn gescheurd, de bovenzijde van de schoen is gescheurd en ook de Politiebroek is volledig gescheurd (zie afbeelding in Figuur 56).



Figuur 54 De impact van een 3 inch shell op de schoenen en Politiebroek.



Figuur 55 De impact van een Thunderking op de zijkant van een schoen.



Figuur 56 De impact van een Cobra 8 tussen een paar schoenen.

6.6.2 *Impact op een zeep hoofd van een Super Cobra 6 (Italiaanse tekst) op een afstand van 0,25 meter*

Met behulp van een zeep hoofd is de impact van een Cobra (Italiaanse tekst) bekeken. Zichtbaar op de afbeelding van Figuur 57 is een behoorlijke indeuking van enkele centimeters diep.



Figuur 57 Een indeuking (gele pijl) van een zeep hoofd door een Super Cobra 6 (Italiaanse tekst).

## 6.7 Een overzicht van de schade aan de beschermende middelen en kleding van de ME

De uitrusting van de ME bestaat uit verschillende onderdelen: een helm met gelaatscherm, een schild, scheenbeschermers en special kleding met opvulstukken. Van elk onderdeel is bekeken wat de impact van verschillende soorten vuurwerk tot gevolg heeft.

De volgende scenario's zijn bekeken:

- De impact van een Thunderking op een afstand van 0,25 meter vanaf de helm;
- De impact van een Thunderking bij direct contact op de helm;
- De impact van een 3 inch shell op een afstand van 0,1 meter vanaf de scheenbeschermers;
- De impact van vuurwerk op de schilden;
- De impact op een volledige kledinguitrusting.

### 6.7.1 De impact van een Thunderking op een helm

Als eerste is de impact van de Thunderking (vuurpijl) op het gelaatscherm van de helm bekeken.

#### 6.7.1.1 Resultaat

De gelaatscherm is na de test wit uitgeslagen. Overige schade aan de helm is niet geconstateerd (Figuur 58).



Figuur 58 Impact van een Thunderking op 0,25 meter. Alleen de gelaatscherm is wit uitgeslagen.

### 6.7.2 De impact van een Thunderking op een helm bij direct contact

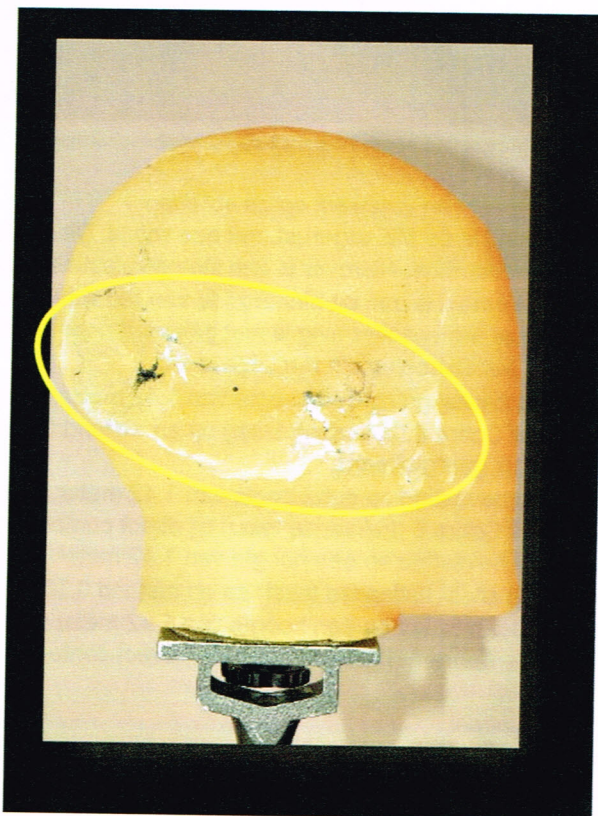
De helm uit de vorige test is tevens gebruikt bij een test waarbij de Thunderking direct op de helm is bevestigd. De afbeelding in Figuur 59 toont het resultaat.

### 6.7.2.1 Resultaat

De helm is aan de buiten- en binnenzijde volledig beschadigd. De zijkant is gescheurd en een gat is ontstaan. Een behoorlijke indeuking is zichtbaar aan de zijkant van het zeep hoofd (zie afbeelding in Figuur 60).



Figuur 59 Impact van een Thunderking bij direct contact. De helm is volledig vernietigd. De zijkant van de helm is gescheurd.



Figuur 60 Impact van een Thunderking op het zeep hoofd bij direct contact op een ME helm. Een behoorlijke indeuking is zichtbaar aan de zijkant van het zeep hoofd (gele cirkel).

### 6.7.3 De impact van een 3 inch shell op scheenbeschermers op een afstand van 0,1 meter

De impact van een 3 inch shell op de scheenbeschermers is vastgesteld. Op de afbeelding in Figuur 61 is de schade zichtbaar. De scheenbeschermers zijn bijna door midden gebroken.



Figuur 61 De impact van een 3 inch shell op scheenbeschermers.

### 6.7.4 De impact van vuurwerk op de schilden

Ter bescherming is de ME uitgerust met een schild. Dit schild is vervaardigd van gevlochten riet/bamboe. Hierover is een stevige plastic/rubberachtige doek gespannen. Normaal is aan de binnenzijde van het schild een armbescherming bevestigd. Deze armbescherming is niet geleverd door de Politie. Een aantal verschillende testen/scenario's zijn uitgevoerd;

- 1 Het schild bevestigd op een hoogte van 1,42 meter, bekeken is de impact van een Super Cobra 6 (Italiaanse tekst) op en afstand 0,25 meter, als extra optie is de overdruk geregistreerd;
- 2 Het schild bevestigd op een hoogte van 1,42 meter, bekeken is de impact van een Super Cobra 6 (Italiaanse tekst) bij direct contact;
- 3 Het schild bevestigd op een hoogte van 1,42 meter, bekeken is de impact van een 3 inch shell (Italiaanse tekst) op en afstand 0,25 meter;
- 4 Het schild bevestigd op een hoogte van 1,42 meter, bekeken is de impact van een Super Cobra 6 (Italiaanse tekst) bij direct contact.

#### 6.7.4.1 Resultaat

Figuren 62 en 63 tonen enige afbeeldingen van de schade. Vanzelfsprekend is de schade bij direct contact vele malen groter. Bij scenario 1 is een druk gemeten van 32,2 kPa. De kans op gehoorschade is 12 %. Bij de overige scenario's waarbij de afstanden korter zijn en het vuurwerk 'zwaarder' is, neemt de kans op gehoorschade alleen toe.



Figuur 62 De impact van een Super Cobra 6 (Italiaanse tekst) bij direct op ME schild.



Figuur 63 De impact van een 3 inch shell bij direct op ME schild.

### 6.7.5 De impact van een Cobra 8 op de kledinguitrusting

Figuur 64 toont een afbeelding van de impact van een Cobra 8 op de kledinguitrusting van de ME.



Figuur 64 Het resultaat van een Cobra 8 op de kledinguitrusting van de ME.

#### 6.7.5.1 Resultaat

- De ME helm is nog intact;
- De buitenjas is volledig opengescheurd;
- Het veiligheidsvest is ook aan de onderzijde erg beschadigd;

## 6.8 Een presentatie van de schade aan de dienstvoertuigen van de Politie

Voor dit onderzoek zijn twee dienstvoertuigen van de Politie beschikbaar gesteld. De volgende testen zijn uitgevoerd:

- De impact een Cobra 8 op de voorruit (gelaagd) van een Volkswagen Touran. De cabine voorzien van twee paspoppen met Politiekleding; in de Volkswagen Touran is de overdruk geregistreerd;
- De impact van een Cobra 8 op een tweede Volkswagen Touran waarbij de voorruit (gelaagd) is en voorzien van een veiligheidsfolie; de cabine voorzien van twee paspoppen met Politiekleding en zeephoofden; in de Volkswagen Touran is de overdruk geregistreerd;
- De impact van een 3 inch shell op de linker zijruit van een Volkswagen Touran; in de Volkswagen Touran is de overdruk geregistreerd;
- De impact van een Super Cobra 6 (Duitse tekst) op het dak van een Volkswagen Touran;
- De impact van een Cobra 8 op het dak van een Volkswagen Touran; in de Volkswagen Touran is de overdruk geregistreerd;
- De impact van een Cobra 8 op de deur van de chauffeur bij direct contact.

### 6.8.1 De bestudering van de impact een Cobra 8 op de voorruit van een Volkswagen Touran

Figuur 65 toont een afbeelding van de schade aan de Volkswagen Touran.



Figuur 65 De impact van een Cobra 8 op de voorruit van een Volkswagen Touran.

#### 6.8.1.1 Resultaten

- Een gat in de voorruit;
- De motorklep is volledig verbogen;
- Een beperkte hoeveelheid glassplinters is in de cabine teruggevonden;

- Een overdruk van 9,95 kPa is geregistreerd;
- De overdruk die is ontstaan is niet prettig voor het gehoor maar ligt onder de grens (21 kPa) van de kans op gehoorschade.

6.8.2 *De impact van een Cobra 8 op een tweede Volkswagen Touran waarbij de voorruit (gelaagd) is voorzien van een veiligheidsfolie*

Figuur 66 toont een afbeelding van de schade aan de Volkswagen Touran. Figuur 67 is een afbeelding waarbij glasscherven zichtbaar zijn in een zeefhoofd.



Figuur 66 De impact van een Cobra 8 op de voorruit (plus veiligheidsfolie) van een Volkswagen Touran.



Figuur 67 Glasscherven bevinden zich in het zeefhoofd (zwart cirkel).

#### 6.8.2.1 Resultaat

- Een gat in de voorruit. Die afmetingen van het gat zijn kleiner dan bij de vorige test. Deze constatering kan twee oorzaken hebben. Het veiligheidsfolie heeft wel degelijk een positieve uitwerking, of de impact van deze Cobra 8 is net iets minder dan bij de vorige test.
- De motorklep is volledig verbogen;
- Een beperkte hoeveelheid glassplinters is in de cabine teruggevonden, echter het zeefhoofd heeft wel glassplinters opgevangen;
- Een overdruk van 3,19 kPa is geregistreerd. Dat is aanmerkelijk lager dan bij de vorige test.

#### 6.8.3 De impact van een 3 inch shell op de linker zijruit van een Volkswagen Touran

Figuur 68 toont een afbeelding van een de impact van een 3 inch shell op de zijruit van een Volkswagen Touran.

#### 6.8.3.1 Resultaten

- De zijruit is volledig gebroken;
- In het zeefhoofd van de bestuurder bevinden zich glassplinters;
- De geregistreerde overdruk is 4,64 kPa.



Figuur 68 De impact van een 3 inch shell op de zijruit van een Volkswagen Touran.

#### 6.8.4 De bestudering van de impact een Super Cobra 6 (Duitse tekst) op het dak van een Volkswagen Touran

Figuur 69 toont een afbeelding van het dak van een Volkswagen Touran.

##### 6.8.4.1 Resultaten

- In het dak van de Volkswagen Touran is een gat ontstaan van 20 x 23 cm.
- Een overdruk van 63,4 kPa is geregistreerd. Dat betekent 49% kans op gehoorschade.



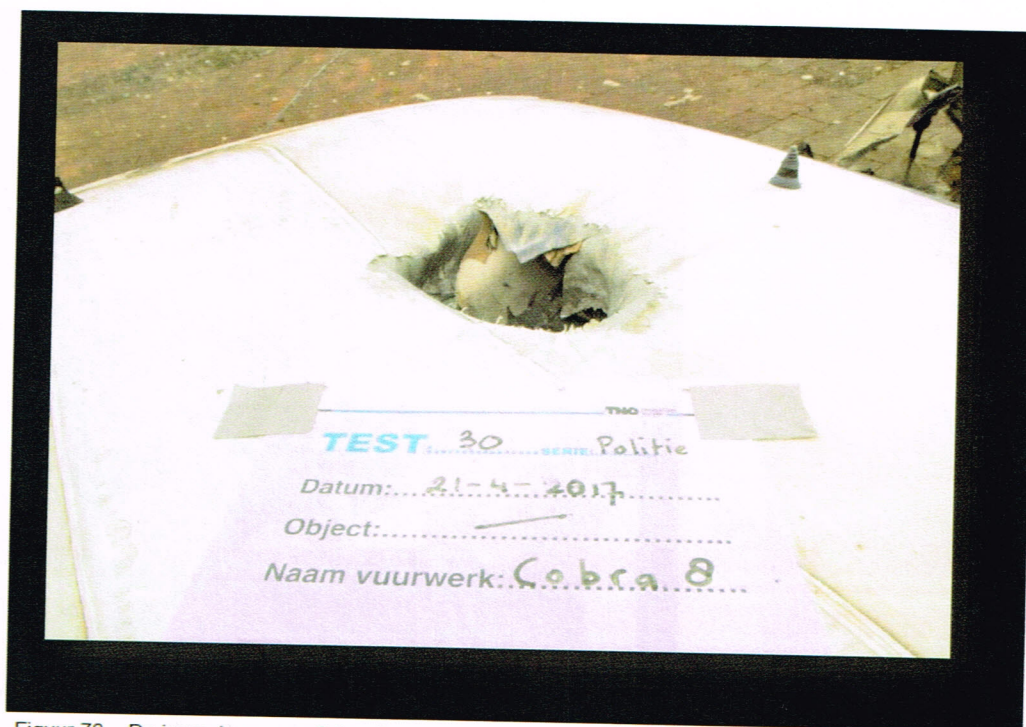
Figuur 69 Zichtbaar een gat in het dak van de Volkswagen Touran veroorzaakt door een Super Cobra 6 (Duitse tekst).

#### 6.8.5 De impact van een Cobra 8 op het dak van een Volkswagen Touran

Figuur 70 toont een afbeelding van het dak van een Volkswagen Touran na de test.

##### 6.8.5.1 Resultaten

- In het dak van de Volkswagen Touran is een gat ontstaan van 21 x 18 cm.
- Een overdruk van 23,82 kPa is geregistreerd. Dat betekent 4% kans op gehoorschade.
- In een direct vergelijk met de impact van de Super Cobra 6 op het dak blijkt de diameter van het gat kleiner. Tevens is de gemeten overdruk ook lager. Het verschil is de locatie op het dak van de Volkswagen Touran.



Figuur 70 De impact van een Cobra 8 op het dak van een Volkswagen Touran.

6.8.6 *De impact van een Cobra 8 op de linker deur van een Volkswagen Touran*  
Figuur 71 toont een afbeelding van de impact van een Cobra 8 op de linker deur van een Volkswagen Touran.

6.8.6.1 *Resultaat*

- De deur is ingedeukt maar geeft zeker een goede bescherming wanneer de deur gesloten blijft;
- Het zijscherm is lichtelijk ingedeukt maar niet losgeraakt van het voertuig.



Figuur 71 De impact van een Cobra 8 op de linker deur van een Volkswagen Touran.

## 7 Conclusies

### 7.1 Algemeen

In opdracht van de Politie, Staf Korpsleiding, Directie Operatiën, is door TNO een onderzoek uitgevoerd naar de impact van illegaal vuurwerk in relatie tot de kans op gehoor- en longschade, in relatie tot de TNT-equivalentie, in relatie tot de uitwerking van een aanvalshandgranaat, op de kleding van de Politie en Mobiele Eenheid, de beschermende maatregelen van de Mobiele Eenheid en op dienstvoertuigen van de Politie. Allerlei verschillende scenario's zijn bekeken op basis van werkelijk uitgevoerde testen met vuurwerk dat is geselecteerd door de Politie. In de volgende paragrafen worden de conclusies getrokken met betrekking tot de bovenstaande onderzoeksonderwerpen. In geen gevallen wordt een uitspraak gedaan over mogelijk lichamelijk letsel.

### 7.2 Kans op gehoor- en longschade

- De kans op gehoorschade is al aanwezig op een afstand van 2 meter in de nabijheid van een exploderend vuurwerkartikel zoals getest in dit onderzoek.
- De kans op longschade kan optreden wanneer het vuurwerk en met name de Cobra 8 en de 3 inch shell binnen een afstand van 0,5 meter in de nabijheid van een persoon explodeert.

### 7.3 Vergelijking met de TNT equivalentie en een aanvalshandgranaat

- De berekende TNT-equivalentie van bijna al het geteste vuurwerk blijkt hoger dan de theoretische factor van 0,45. De berekende factoren van de vuurwerkartikelen die ver boven het gemiddelde liggen zijn:
  - De Super Cobra 6 (Duitse tekst); factor 0,85 ten opzichte van het maaiveld en een factor van 0,62 op een hoogte van 1,5 meter;
  - De Cobra 8; factor 0,81 ten opzichte van het maaiveld en een factor 0,64 op een hoogte van 1,5 meter.
- Alleen de gegeneerde overdruk van een Cobra 8 benadert de gegeneerde overdruk van een bepaald type aanvalshandgranaat.

### 7.4 De impact van vuurwerk op Politiekleding

Binnen dit onderzoek is een grote variëteit aan verschillende testen uitgevoerd. De impact van verschillende soorten vuurwerk is bekeken voor twee verschillende kledinguitrustingen van de Politie, schoenen en op zeephoofden.

- Elk type vuurwerk veroorzaakte een enorme vuurbal.
- Van het vuurwerk dat op een bepaalde afstand explodeert is de zichtbare schade aan de kleding beperkt in vorm van enige gaatjes.
- De "zwaardere" vuurwerkartikelen zoals de Cobra 8 en de 3 inch shell veroorzaken op een bepaalde afstand een aanzienlijk grotere schade aan de kleding dan de andere onderzochte vuurwerkartikelen.
- Bij direct contact is de schade aan de kleding enorm. Het veiligheidsvest wordt volledig naar binnen gedrukt en is aanzienlijk beschadigd.
- Bij direct contact van een Thunderking ontstaat gat in een schoen.

- Ook de Cobra 8 veroorzaakt behoorlijk schade aan de schoenen wanneer deze explodeert tussen de schoenen.

### **7.5 De impact van vuurwerk op de beschermende middelen en ME-kleding**

Overeenkomstig de conclusies uit paragraaf 7.4 blijkt dat exploderend vuurwerk op afstand een beperkte schade te veroorzaken, echter bij direct contact is de schade desastreus:

- De ME helm biedt geen goede bescherming tegen een exploderende Thunderking bij direct contact.
- De ME schilden welke zijn gefabriceerd van gevlochten riet/bamboe bieden weinig bescherming.
- De speciale kleding met opvulstukken is niet bestand tegen de impact van een Cobra 8 bij direct contact.

### **7.6 De impact van vuurwerk op het dienstvoertuig van de Politie**

Het doel van dit deel van het onderzoek is de beschermende werking te verifiëren van een gelaagde voorruit met en zonder veiligheidsfolie. Daarnaast is de impact op het dak, de zijruiten en de deur vastgelegd. Hierbij zijn de conclusies:

- Er ontstaan gaten in de voorruit bij direct contact van een Cobra 8. Het beschermingsfolie blijkt een positieve uitwerking te hebben, of de uitwerking (overdruk) van de Cobra 8 is verschillend geweest (zie opmerking hoofdstuk 2).
- Een beperkte hoeveelheid glassplinters is in de cabine teruggevonden. Echter het zeephoofd heeft wel glassplinters opgevangen.
- Bij direct contact van het vuurwerk (Cobra 8 en Super Cobra 6 (Duitse tekst)) ontstaan gaten in de daken.
- De zijruiten bieden weinig bescherming, daarentegen biedt de linker deur goede bescherming. Echter bij geopende deur zal de schokgolf zich om de deur heen gaan voortplanten.

### **7.7 De vergelijking met de resultaten uit het onderzoek van 1998**

De gemeten overdrukken, vanaf een meetafstand van 1 meter, zijn enigszins lager. Hierbij moet wel worden vermeld dat de verschijningsvorm van de vuurwerkartikelen uit 1998 afwijkt ten opzichte van de geteste vuurwerkartikelen in dit onderzoek. De meest krachtige vuurwerkartikelen waren de kogelbommen en Lawinepijlen. De gegenereerde overdruk van de Cobra 8 is hoger dan de overdruk veroorzaakt door de Lawinepijlen uit het onderzoek van 1998. Een logische verklaring is de hogere massa van de knallading.

### **7.8 De slotconclusie**

Van alle geteste vuurwerkartikelen is binnen dit onderzoek de Cobra 8 het meest gevaarlijke vuurwerkartikel dat op de illegale markt te verkrijgen is, gevolgd door een 3 inch shell. In dit onderzoek is de impact van grotere diameter shells (4, 5, 6, 7 en 8 inch) niet onderzocht.

## 8 Ondertekening

De projectmanager wil mevrouw A. Dreijer-Heemkerk, en de heer S.J. Couturier van de Politie Amsterdam, en heer J.C. Makkus en de heer J.N.A. van Leeuwen van TNO bedanken voor de medewerking aan de uitvoering van dit onderzoek.

Rijswijk, mei 2017

TNO



Prof. dr. ir. A.E.D.M. van der Heijden  
Senior Research Scientist



M.W.L. Dirkse  
Projectmanager/Auteur

## 9 Referenties

- 1) Dirkse, M.W.L.,  
Kwantificeren van de explosie-effecten van vijf verschillende, voor de consument verboden, vuurwerkartikelen,  
TNO rapport: PML 1998-C2, maart 1998.
- 2) Kok, E.M.,  
Nederlands Forensisch Instituut,  
Ministerie van Veiligheid en Justitie,  
Explosievenonderzoek vanwege het voorhanden hebben van betwist vuurwerk  
in Eindhoven op 16 oktober 2013,  
Zaaknummer 2013.12.10.014, 9 januari 2014.
- 3) Kok, E.M.,  
Nederlands Forensisch Instituut,  
Ministerie van Veiligheid en Justitie,  
Explosievenonderzoek naar aanleiding van het aantreffen van betwist  
vuurwerk,  
Zaaknummer 2014.12.01.224, 11 februari 2015.
- 4) Kok, E.M.,  
Nederlands Forensisch Instituut,  
Ministerie van Veiligheid en Justitie,  
Explosievenonderzoek naar aanleiding van het aantreffen van betwist  
vuurwerk,  
Zaaknummer 2013.10.23.018, 20 november 2013.
- 5) Kok, E.M.,  
Nederlands Forensisch Instituut,  
Ministerie van Veiligheid en Justitie,  
Explosievenonderzoek naar aanleiding van het aantreffen van betwist vuurwerk  
in Amsterdam op 9 november 2014,  
Zaaknummer 2014.11.24.085, 16 januari 2015.
- 6) Kok, E.M.,  
Nederlands Forensisch Instituut,  
Ministerie van Veiligheid en Justitie,  
Explosievenonderzoek naar aanleiding van het aantreffen van betwist vuurwerk  
in Den Haag,  
Zaaknummer 2014.09.11.069, 2 oktober 2014.
- 7) Kok, E.M.,  
Nederlands Forensisch Instituut,  
Ministerie van Veiligheid en Justitie,  
Explosievenonderzoek naar aanleiding van het aantreffen van betwist vuurwerk  
in Hengelo,  
Zaaknummer 2014.12.24.038, 30 december 2014.

- 8) PGS 1: Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 1, Deel 2A: Effecten van explosie op personen, December 2003.
- 9) Baker, W.E.  
'Explosion hazards and evaluation', Elsevier, 1983.
- 10) SCL SR PS4,  
LLumar, Solutis Inc., St. Louis, U.S.A.,  
Technical data according to EN410 and EN673.
- 11) TEST GUIDELINE  
Protective equipment, Bullet-resistant helmet, visor and neck guard  
Requirements, classifications and test procedures,  
12-05-2010.
- 12) Bass, CR., Rafaels, K., Salazar, R.,  
Pulmonary injury risk assessment for short-duration blasts,  
Personal Armour Systems Symposium 2006.
- 13) Richmond, D.R.; Axelsson, H.,  
Air blast and underwater blast studies with animals. Journal of Trauma (China),  
6(2) Supplement: 229-234; 1990.
- 14) James, D.J., Pickette, V.C., Burdette, K. J., et al.,  
The response of the human ear to blast,  
Part 1: the effect on the eardrum of a 'short' duration, 'fast' rising pressure  
wave, Joint AWRE/CDE report no. 04/82,  
Atomic Weapons Research Establishment, Aldermaston, Berkshire, England.
- 15) Van der Voort, M.M,  
Model for lung injury, NL model for auditory injury,  
TNO report, TNO 2015 R11069r,  
2015.
- 16) Van der Voort, M.M., Holm, K.B., Kummer, O.O., Telenad J.A., Van Doormaal  
J.C.A.M.,  
A new standard for predicting lung inflicted by Friedlander blast waves,  
29 April 2015.

## A De meetresultaten van de overdruk

Tabel 1A De meetresultaten van de druk.

Testnummer	Vuurwerkartikel	Meethoogte [m]	P1 [kPa]	P2 [kPa]	P3 [kPa]	P4 [kPa]	P5 [kPa]
			0,5 m	1 m	2 m	5 m	10 m
1	Butterfly Cracker	0	117,94	30,22	11,67	3,09	1,34
2	Super Cobra 6 2g (Duitse tekst)	0	412,24	79,04	28,27	6,58	2,69
3	Super Cobra 6 (Engelse tekst)	0	178,72	54,43	16,75	4,46	1,98
4	Lawinepijl Thunderking	0	337,78	70,89	23,15	6,25	2,54
5	Super Cobra 6 (Italiaanse tekst)	0	311,34	65,98	27,83	6,08	2,57
6	Cobra 8	0	829,17	122,5	53,94	10,28	4,20
7	3 inch shell	0	490,37	106,5	51,69	11,16	4,05
8	Butterfly Cracker	1,50	88,64	25,30	11,65	2,92	1,37
9	Super Cobra 6 2g (Duitse tekst)	1,50	220,42	53,21	20,24	4,94	2,14
10	Super Cobra 6 (Engelse tekst)	1,50	149,15	48,42	15,29	4,20	1,73
11	Thunderking	1,50	197,28	45,07	18,81	4,52	1,94
12	Super Cobra 6 (Italiaanse tekst)	1,50	212,69	40,01	19,66	3,65	1,84
13	Cobra 8	1,50	462,17	135,0	36,02	6,74	3,19
14	3 inch shell	1,50	408,99	64,80	31,61	7,05	3,09

## B De positieve fase van het overdruksignaal

Tabel 1B Overzicht positieve fase overdruksignaal.

Testnummer	Vuurwerkartikel	Meethoogte [m]	t1 [ms]	t2 [ms]	t3 [ms]	t4 [ms]	t5 [ms]
			0,5 m	1 m	2 m	5 m	10 m
1	Butterfly Cracker	0	0,6	0,9	0,8	1,0	1,2
2	Super Cobra 6 2g (Duitse tekst)	0	0,5	1,1	1,4	1,5	1,8
3	Super Cobra 6 (Engelse tekst)	0	0,5	1,2	1,4	1,5	1,5
4	Lawinepijl Thunderking	0	0,5	1,4	1,3	1,5	1,7
5	Super Cobra 6 (Italiaanse tekst)	0	0,5	1,2	1,4	1,4	1,6
6	Cobra 8	0	0,5	1,5	1,6	2,7	2,9
7	Shell 3 inch	0	0,6	1,9	1,5	1,9	2,4
8	Butterfly Cracker	1,50	0,4	0,5	1,0	1,2	1,9
9	Super Cobra 6 2g (Duitse tekst)	1,50	0,3	0,7	0,9	3,4	2,3
10	Super Cobra 6 (Engelse tekst)	1,50	0,4	0,8	0,7	3,2	2,1
11	Thunderking	1,50	0,4	0,6	0,8	3,5	2,0
12	Super Cobra 6 (Italiaanse tekst)	1,50	0,4	0,7	0,7	3,4	2,2
13	Cobra 8	1,50	0,4	0,9	1,1	3,5	2,7
14	Shell 3 inch	1,50	0,4	0,7	1,0	3,3	2,4

## Distributielijst

naam	1 ex.	Politie   Staf Korpsleiding   Directie Operatie t.a.v. [REDACTED] Nieuwe Uitleg 1 2514 BP Den Haag
naam	1 ex.	Politie   Amsterdam   Regionale Recherche   Team Milieu t.a.v. mevr. [REDACTED] Elandsgracht 117 1016 TT Amsterdam
naam	1 ex.	Politie   Landelijke Eenheid   Dienst Landelijke Operationele Samenwerking Afdeling Kennis- en Leer Centrum Landelijk Milieu expertise centrum (LMEC) t.a.v. dhr. [REDACTED] Postbus 100 3970 AC Driebergen
naam	1 ex.	TNO, locatie Rijswijk, [REDACTED]