# Gevoelig Vuurwerk

Onderzoek naar de gevoeligheid van vuurwerk
op ontsteking door een schokgolf.

*Titel*

Gevoelig Vuurwerk

*Ondertitel*

Onderzoek naar de gevoeligheid van vuurwerk op ontsteking door een schokgolf.

Januari 2006, Breda

*Auteur*:

G. de Sain
Cadet-Vaandrig van het wapen der Genie
Koninklijke Militaire Academie
Universiteit Twente

*Begeleiders*:

Ir J.B.W. Borgers
Koninklijke Militaire Academie

Ir B. van den Heuvel
MSNP management BV

Ing. G.H. Snellink
Universiteit Twente

# Voorwoord

Met dit onderzoek rond ik de studiefase van de Koninklijke Militaire Academie en de bachelor Civiele Techniek van de Universiteit Twente af. Een onderzoek dat tot stand is gekomen met de hulp van vele betrokkenen. Ik wil daarom hier mijn dank uiten naar het OTC Genie Mineursschool in Reek, voor de ter beschikking stelling van het terrein, de kennis en de mensen om de proeven tot een goed einde te brengen.

Daarnaast wil ik mijn begeleiders, Bas van den Heuvel, Jody Borgers en dhr Snellink, bedanken voor alle ondersteuning en aanwijzingen. Dank ook naar onderzoeksbureau MSNP dat heeft gezorgd voor de beeldopnames en de bewerking hiervan. In het bijzonder wil ik hier Peter Boers noemen, voor de verzorging van de videomontage. Tenslotte wil ik de collega's bedanken die mij hebben geholpen met de uitvoering van de proeven, Elt van Wezel, Tlt Engelhard, SM Klij en de verschillende mede-cadetten die aanwezig waren op de springdagen.

G de Sain
Cadet-Vaandrig van het wapen der Genie

# Samenvatting

Naar aanleiding van de vuurwerkramp in Enschede zijn er onderzoeken gestart naar de oorzaak van de explosies. Gebleken is dat vuurwerk ontstoken kan worden door een schokgolf. Vuurwerk kan op verschillende manieren in aanraking komen met een schokgolf tijdens transport of opslag. Om een beter inzicht te krijgen in de risico's die dit met zich mee brengt is het wenselijk inzicht te hebben in de gevoeligheid van vuurwerk voor verschillende stimuli en de factoren die het effect van deze stimulus versterken of verzwakken.

Het doel van het onderzoek is het bepalen van de gevoeligheid van vuurwerk op de ontsteking door een schokgolf.

Op basis van de gegevens van eerdere onderzoeken zijn er drie springdagen opgezet waarin verschillende factoren van invloed werden getest. De proeven zijn opgezet naar aanleiding van de gestelde hypotheses die per dag werden opgesteld. Deze hypotheses zijn opgesteld naar aanleiding van de ervaringen van de vorige studies en later van de vorige testdag. Met een literatuurstudie als basis konden de gegevens in de analyse worden verwerkt en kan er een inschatting gemaakt worden van de invloed die de verschillende factoren hebben op de gevoeligheid van het vuurwerk.

Uit deze studie blijkt dat de gevoeligheid van vuurwerk afhankelijk is van meerdere factoren. Een aantal factoren zijn onderkent in de proeven en onderzocht welk effect deze hebben op de gevoeligheid van vuurwerk voor ontbranding van een schokgolf. Deze factoren zijn de sterkte van de schokgolf, de lengte van de tube, de hoek van inval en het regulier afgaan van vuurwerk terwijl deze getroffen wordt door een schokgolf. Op deze laatste factor na, blijken alle factoren invloed te hebben op de gevoeligheid van vuurwerk op de ontsteking door een schokgolf.

Op basis van de resultaten en ervaringen opgedaan bij dit onderzoek worden er aanbevelingen gegeven voor vervolgonderzoek en een testopstelling. In vervolg onderzoek zal moeten worden gekeken naar het vuurwerk, specifiek naar welk kruit welke reactie geeft. Daarnaast moeten er meer gegevens gegenereerd worden om een completer beeld te krijgen van het effect van de factor hoek van inval. Hetzelfde geldt voor het effect van de tubelengte. Vervolgens is onderkend dat de richting van het slagpijpje in het kneed invloed heeft op de sterkte van de schokgolf, om hier rekening mee te kunnen houden zal moeten worden onderzocht wat de invloed van de richting precies is. Tenslotte is het niet bekend of er een verband is tussen de massa van het kruit in het vuurwerk en de sterkte van de schokgolf waarop dit nog net reageert. In de aanbeveling voor de testopstelling is er een ontwerp gegeven voor een nieuwe stijvere constructie.

## Summary

In imitation of the firework disaster at Enschede, several studies have been done trying to find the cause of the explosions. These studies showed that fireworks could be ignited by a shockwave. A shockwave can reach fireworks in several ways during transport or mass storage. To get a better view of the risks of fireworks it is desirable to get insight in the sensitivity of fireworks for different stimuli and factors that increase or decrease the effects of these stimuli.

The objective for this investigation is to define the sensitivity of fireworks to the ignition by a shockwave.

On the basis of data of previous investigations, three test days were held where the different factors were tested. The actual tests are based on the hypotheses that were framed for each test day. These hypotheses were framed with reference to the experiences of the previous studies and later to the experiences of the previous test day. With a literature study as foundation, the data could be analysed and result in pronunciations about the influence of the factors on the sensitivity of the fireworks.

From this study can be concluded that the sensitivity of fireworks depends on multiple factors. A few factors were distinguished in the tests and investigated what effect these factors have on the sensitivity of fireworks to the ignition by a shockwave. These factors are: the strength of the shockwave, the tube length, the incoming angle of the shockwave at the tube and already firing fireworks getting hit by a shockwave. Except for the last factor, all the factors seem to have an influence on the sensitivity of fireworks to the ignition by a shockwave.

Recommendation about further investigations and a test setting will be given on the basis of the results and experiences gained by this investigation. In further investigation must be examined witch powder give what reaction. Also future tests have to generate more data to get a more complete picture of the effects of the incoming angle of the shockwave at the tube. The same must be done for the effect of the tube length. Also must be examined what the effect is of the direction of the blasting cap in the plastic explosive, the way the blasting cap is placed has an effect at the strength of the shockwave in that direction. To make a good analyses this have to be taken in consideration. Finally there have to be an investigation of the connection between the strength of a shockwave and the mass of powder in the article of firework. In the recommendation of the test setting, a design is given for a new construction with a better stiffness.

# Inhoudsopgave


Voorwoord ..... 3
Samenvatting ..... 4
Summary ..... 5
Inhoudsopgave ..... 6
1. Inleiding ..... 8
1.1. Aanleiding ..... 8
1.2. Doelstelling ..... 9
1.3. Vraagstellingen ..... 9
1.3.1. Centrale Vraag ..... 9
1.3.2. Deelvragen ..... 9
1.4. Onderzoeksmodel ..... 9
1.5. Begripsbepaling ..... 10
1.6. Leeswijzer ..... 10
2. Theorie ..... 13
2.1. Inleiding ..... 13
2.2. Academische theorie ..... 13
2.2.1. Exacte wetenschap ..... 13
2.2.2. Karl Popper ..... 13
2.3. Algemene explosie theorie ..... 14
2.3.1. Explosie ..... 14
2.3.2. Schokgolf ..... 14
2.3.3. Reflected impulse ..... 16
2.3.4. Shocktube ..... 17
2.3.5. Testen voor schokgevoeligheid ..... 17
2.4. Vuurwerk ..... 18
2.4.1. Classificatie systemen voor vuurwerk ..... 18
2.4.2. Happy stars ..... 19
2.5. Eerder onderzoek: CHAF ..... 21
2.5.1. Achtergrond ..... 21
2.5.2. Mechanisme van ontsteking ..... 21
2.6. Eerder onderzoek: KMA en MSNP ..... 22
2.6.1. Onderzoek Jacobs ..... 22
2.6.2. Rapport Borgers en van den Heuvel ..... 23
2.6.3. Onderzoek Leertouwer ..... 24
2.7. Constructieleer ..... 25
2.7.1. Sterkte, stijfheid, stabiliteit ..... 25
2.7.2. Materialen ..... 25
3. Proefopzet ..... 27
3.1. Inleiding ..... 27
3.2. Constructies ..... 27
3.2.1. Ringconstructie ..... 27
3.2.2. Constructie 2 ..... 29
3.3. Aanpassingen aan de constructie ..... 30
3.3.1. Aanpassingen 2 november ..... 30
3.3.2. Aanpassingen 5 december ..... 30
3.3.3. Aanpassingen 20 december ..... 30
3.4. Model van toetsing ..... 31
3.4.1. Model van testen ..... 31
3.4.2. Model voor toetsing van de hypothese ..... 32
3.4.3. Statistische analyse ..... 32
4. Resultaten ..... 33
4.1. Algemeen ..... 33
4.2. Testdag 2 november ..... 33
4.3. Springdag 5 december ..... 34
4.4. Springdag 20 december ..... 36
4.5. Bevindingen constructie ..... 37
4.6. Overzicht van de resultaten ..... 38

5. Analyse ..... 40
5.1. Reactie op een schokgolf ..... 40
5.1.1. Tube 15 cm ..... 40
5.1.2. Tube 8 cm ..... 41
5.1.3. Tube 0 cm ..... 41
5.2. Effect van een tube ..... 44
5.3. Effect hoek van inval ..... 45
5.4. Plaatsing van het slagpijpje ..... 46
5.5. Vergelijking met onderzoek Jacobs en Leertouwer ..... 47
5.6. Reactie afgaand vuurwerk op schokgolf ..... 47
5.7. Constructie ..... 48
6. Conclusie en aanbevelingen ..... 50
6.1. Conclusie ..... 50
6.1.1. Centrale vraagstelling ..... 50
6.1.2. Deelvragen ..... 51
6.1.3. Beschouwing van de hypothesen ..... 53
6.2. Aanbevelingen ..... 54
6.2.1. Onderzoek ..... 54
6.2.2. Constructie ..... 55
Referenties ..... 57
Bijlagen ..... 59
Bijlage A Samenstelling Kneed ..... 60
Bijlage B Samenstelling Slagpijpje ..... 64
Bijlage C Samenstelling Vuurkoord ..... 70
Bijlage D Samenstelling Vuurwerk ..... 73
Bijlage E Uitleg resultatentabel ..... 75
Bijlage F Resultaten Leertouwer ..... 76
Bijlage G Berekening Testdag 2 november ..... 81
Bijlage H Resultaten Testdag 2 november ..... 83
Bijlage I Analyse Testdag 2 november ..... 85
Bijlage J Resultaten Springdag 5 december ..... 90
Bijlage K Analyse Springdag 5 december ..... 92
Bijlage L Berekeningen Springdag 20 december ..... 101
Bijlage M Resultaten Springdagen 20 december ..... 104
Bijlage N Analyse Springdagen 20 december ..... 107
Bijlage O Internetpagina's ..... 115
Bijlage P Ontwerp nieuwe constructie ..... 118

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In het kader van het afstuderen aan de KMA en de universiteit Twente is dit onderzoek gedaan. Naar aanleiding van resultaten uit verschillende onderzoeken gedaan naar de vuurwerkramp in Enschede, zijn er vragen open gebleven en nieuwe vragen ontstaan en die worden in dit stuk onder de loep genomen.

Op 13 mei 2000 hebben zich er verschillende explosies voorgedaan op het terrein van SE Fireworks te Enschede. Naar aanleiding van deze ramp zijn er onderzoeken gestart naar de oorzaak van deze explosies. De commissie Oosting concludeerde dat er te veel en te zwaar vuurwerk lag opgeslagen. [1] MSNP concludeert in haar onderzoek dat vuurwerk kan exploderen als deze getroffen wordt door een sterke schokgolf. [2]

Vuurwerk kan op verschillende manieren in aanraking komen met een schokgolf tijdens transport of opslag. Een van de gevolgen van zo'n schokgolf kan zijn dat het vuurwerk wordt ontstoken door de reflected impulse.

Jacobs heeft in zijn onderzoek [3] waargenomen dat vuurwerk gedeeltelijk explodeert door een schokgolf. Dit is opmerkelijk gezien de regeling nadere eisen vuurwerk 2004 [4]. Hierin staat in bijlage III, deze beschrijft de eisen met betrekking tot de lading per categorie voor consumentenvuurwerk, onder alinea C2:

"*gecompartimenteerd vuurwerk zonder knal met een lading tot een gezamenlijk gewicht van ten hoogste 200 gram en een lading per compartiment van ten hoogste 15 gram; de totale lading van de burst mag per compartiment maximaal 10 gram zwart buskruit bevatten of 4 gram andere nitraathoudende lading of 2 gram perchloraat/metaal.*"

Happy Stars, het vuurwerk dat is gebruikt in dit onderzoek, voldoet aan deze eis en is ook op de markt als consumentenvuurwerk. Ondanks dat het aan de eis voldoet explodeert het dus toch door initiatie van een schokgolf. Om een beter inzicht te krijgen in de risico's die dit met zich mee brengt is het wenselijk inzicht te hebben in de gevoeligheid van vuurwerk voor deze stimulus en de factoren die het effect van deze stimulus versterken of verzwakken.

Doordat defensie vuurwerk veelal gebruikt in de vorm van oefenmunitie en dus aan dezelfde risico's is blootgesteld als andere gebruikers heeft dit onderzoek ook een militair belang.

In dit stuk worden zowel nieuwe hypothesen getest als wel waarnemingen die niet geplaatst konden worden in eerder onderzoek van Jacobs en MSNP onderzocht.

### 1.2 Doelstelling

Het doel van het onderzoek is:

*‘ De gevoeligheid van vuurwerk op de ontsteking door een schokgolf te bepalen.’*

### 1.3 Vraagstellingen

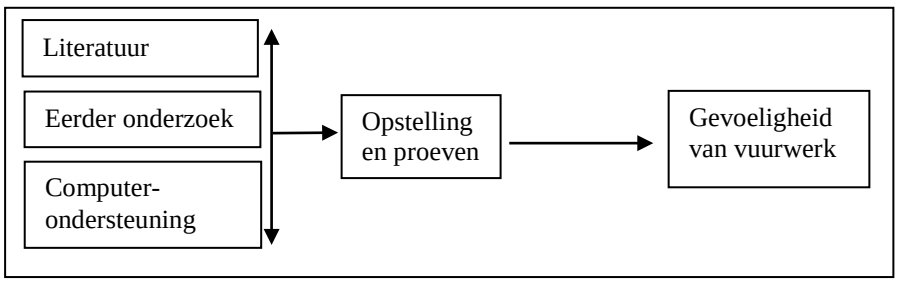
#### 1.3.1 Centrale Vraag

*‘Wat is de gevoeligheid van vuurwerk op de ontsteking door een schokgolf?’*

#### 1.3.2 Deelvragen

- Hoe wordt de gevoeligheid van vuurwerk op de ontsteking door een schokgolf bepaald?
- Welke factoren spelen er naast de reflected impulse een rol?
- Welk model toetst de gevoeligheid van vuurwerk?
- Wat is de aard van de optredende reacties?
- Wat is een geschikte test setting voor de testen naar de gevoeligheid van vuurwerk?

### 1.4 Onderzoeksmodel




Op basis van literatuur, gegevens uit eerder onderzoek en met behulp van computer-ondersteuning in de vorm van CONWEP [5], zullen er proeven worden opgezet en uitgevoerd. Door analyse van de resultaten van deze proeven zal de gevoeligheid van vuurwerk worden bepaald.

### 1.5 Begripsbepaling

*Gevoeligheid*: aan welke stimuli de stof blootgesteld mag worden zonder dat er een explosie volgt en welke grootte deze stimulus moet hebben zodat er altijd een explosie volgt. [6]

*Ontsteking*: het met behulp van hitte op gang brengen van een reactie [7]

*Schokgolf*: een bijzondere vorm van een drukgolf. Deze drukgolf heeft een instantane drukophoging aan de voorzijde en een geleidelijke drukafname aan de achterzijde. De voortplantingssnelheid van een schokgolf is groter dan die van het geluid in het medium waar deze door loopt. [7]

*Reflected Impulse*: de impuls is een maat voor de energie-inhoud van een drukgolf. Indien de drukgolf een richting loodrecht op een oppervlakte valt heeft is de gereflecteerde en daarmee de indringende druk en impuls een factor 2 tot 8 hoger dan de normale schokgolfdruk.

### 1.6 Leeswijzer

*Hoofdstuk 1* zal een beschrijving geven van de aanleiding van het onderzoek. Daarnaast wordt hierin de doelstelling, de centrale vraag en de deelvragen geformuleerd.

In *hoofdstuk 2* wordt de theorie besproken die de basis is voor dit onderzoek. Hierin wordt een deel academische theorie besproken gevolgd door een deel over explosies. Vervolgens een uiteenzetting van de verschillende eerdere onderzoeken die zijn gedaan op dit gebied en er wordt afgesloten met een stuk constructieleer omdat deze wordt gebruikt bij het ontwerpen van een nieuwe constructie.

In *hoofdstuk 3* staat de proefopzet. Hierin staat welke opstelling er is gebruikt, en hoe de verschillende afstanden uit de opstelling terug komen in de resultatentabel. Vervolgens wordt uitgezet wat de doelen en hypothesen zijn die per springdag gesteld zijn. Tenslotte wordt hier een toetsingsmodel beschreven.

In *hoofdstuk 4* worden de resultaten van de proeven weergegeven en nader uitgelegd aan de hand van beelden.

*Hoofdstuk 5* geeft een analyse van de resultaten. Op basis van de theorie en de resultaten zullen waarnemingen geïnterpreteerd worden.

*Hoofdstuk 6* sluit af met de beantwoording van de centrale vraag en deelvragen, daarnaast worden er conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

*Bijlage A*, hierin staat de samenstelling en de nadere specificaties van het kneed dat gebruikt is in de proeven.

In *Bijlage B* staat de samenstelling en de nadere specificaties van het slagpijpje zoals gebruikt is in de proeven.

*Bijlage C*, hierin staat de samenstelling en de nadere specificaties van het vuurkoord zoals gebruikt is in de proeven.

*Bijlage D* beschrijft het gebruikte vuurwerk, Happy Stars.

In *bijlage E* staat de legenda plus uitleg over de resultatentabel. Ook de omrekening van Leertouwers resultaten naar de tabel gebruikt in dit onderzoek is hier beschreven.

*Bijlage F*, hierin staan de resultaten van het onderzoek van Leertouwer.

*Bijlage G* geeft een overzicht van de berekeningen op basis waarvan de instellingen voor de testdag zijn gekozen.

In *bijlage H* staan de resultaten van de testdag van 2 november.

In *bijlage I* staat een beschrijving van de videobeelden van de proeven gedaan op de testdag van 2 november. Deze beschrijving is aangevuld met foto's zodat gebruikte termen worden gevisualiseerd.

In *bijlage J* staan de resultaten van de springdag van 5 december.

In *bijlage K* staat een beschrijving van de videobeelden van de proeven gedaan op de springdag van 5 december. Deze beschrijving is aangevuld met foto's zodat gebruikte termen worden gevisualiseerd.

*Bijlage L* beslaat de berekeningen op basis waarvan de instellingen zijn gekozen voor de springdag van 20 december.

In *bijlage M* staan de resultaten van de springdag van 20 december.

In *bijlage N* staat een beschrijving van de videobeelden van de proeven gedaan op de springdag van 20 december. Deze beschrijving is aangevuld met foto's zodat gebruikte termen worden gevisualiseerd.

*Bijlage O* geeft een overzicht van de belangrijkste gebruikte internetpagina's. Dit is bijgevoegd als referentie omdat de inhoud op het internet veranderd kan worden.

In *Bijlage P* staat het ontwerpproces en resultaat van de verbeterde opstelling.

# 2 Theorie

## 2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de theorie besproken die de basis vormt van dit onderzoek. In dit hoofdstuk wordt eerst een deel academische theorie besproken. Hierin wordt de basis van wetenschap en onderzoek toegelicht. Popper speelt daarbij een belangrijke rol. Vervolgens wordt het begrip explosie en alles wat hiermee samenhangt toegelicht. Wat is een explosie en welke uitwerkingen heeft deze? Dit is belangrijk om te snappen hoe en waarom het vuurwerk op juist deze wijze reageert. Daarna worden de verschillende gebruikte springmiddelen nader toegelicht, vervolgens het vuurwerk. Tenslotte een wordt kort de hoofdpunten van de constructieleer uiteengezet. Dit omdat het ontwerpen van een constructie moet voldoen aan de eisen van constructieleer om tot een goed ontwerp te komen.

## 2.2 Academische Theorie

### 2.2.1 Exacte wetenschap

Door middel van wetenschap probeert de mens haar omgeving te begrijpen. Dit doet ze door verschijnselen te omschrijven in modellen zodat het voorspelbaar/reproduceerbaar wordt.

Exacte wetenschap zijn die takken van wetenschap die gebaseerd zijn op natuurwetten en theorieën die verifieerbaar of falsifieerbaar zijn door middel van formele logica en experimentele toetsing. [8] Pyrotechniek valt onder deze tak en de hypothesen die opgesteld worden in dit onderzoek zullen dus ook aan deze voorwaarden moeten voldoen.

Een hypothese (Grieks: veronderstelling) is een stelling die nog bewezen moet worden. Volgens onder andere Karl Popper moet een wetenschappelijke hypothese daarom falsifieerbaar zijn: er moeten experimenten denkbaar zijn die de hypothese onderuit zouden halen als het experiment een bepaald resultaat heeft.

### 2.2.2 Karl Popper

De in Oostenrijk geboren Britse Karl Raimund Popper (1902-1994) wordt in het algemeen beschouwd als een van de grootste wetenschapsfilosofen van de 20$^{ste}$ eeuw. Hij werd met name bekend door zijn pleidooi voor falsifieerbaarheid als criterium om wetenschap van non-wetenschap te scheiden. [9]

Een theorie heet falsifieerbaar als het mogelijk is een experiment uit te voeren, waarvoor geldt dat voorafgaand aan het uitvoeren van het experiment er exact aan te geven valt, bij

welke uitkomst van het experiment er aanleiding zou bestaan om de geldigheid van de theorie te verwerpen. [10]

### 2.3 Algemene explosie theorie

In deze paragraaf worden de algemene begrippen van de theorie over explosie nader toegelicht voor zover ze relevant zijn voor het onderzoek.

#### 2.3.1 Explosie

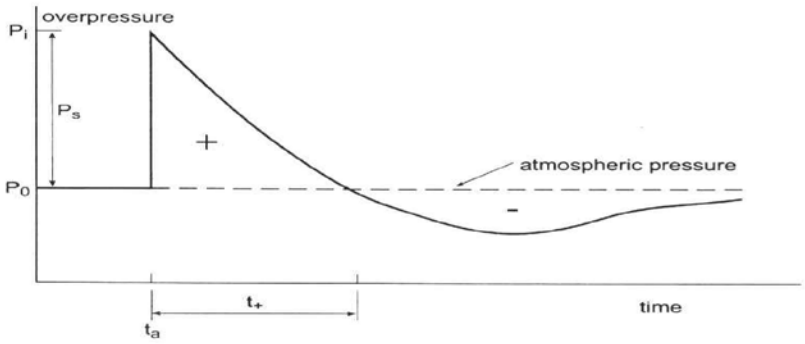
Een explosie is het gevolg van het snel vrijkomen van energie, daarnaast speelt het proces zich zo snel af dat de energie zich lokaal en tijdelijk ophoopt. Deze opeenhoping van energie dissipeert dan plotseling in allerlei richtingen en in diverse vormen, zoals in de vorm van drukgolven die zich door de omringende lucht voortplanten, als voortgestuwd projectiel, in warmte in de vuurbol in de grondschok of als straling. [6] In dit onderzoek is gebruikt gemaakt van kneedspringstof als schokbron, met een slagpijpje als initiator voor het kneed.

Het kneed dat gebruikt is in de proeven is afkomstig van dezelfde fabrikant en heeft dezelfde samenstelling, echter het is niet allemaal in hetzelfde jaar gefabriceerd. Het kneed bestaat uit 86% pentriet, 13% siliconenweekmaker en 1% metaalzeep. Kneed heeft een TNT equivalent van 1. Dit houdt in dat de massa specifieke energie (KJ/kg) van kneed even groot is als die van TNT. Bij de berekening van de parameters van de explosie wordt gebruikt gemaakt van de ladingmassa in Kg TNT, in dit geval is deze massa dus precies gelijk aan de massa kneed.

Het kneed wordt geïnitieerd door een slagpijpje. Het slagpijpje bevat 0,30g primaire springstoflading en 0,55g secundaire springstoflading. Meer informatie over het kneed of het slagpijpje staat in bijlage A en B.

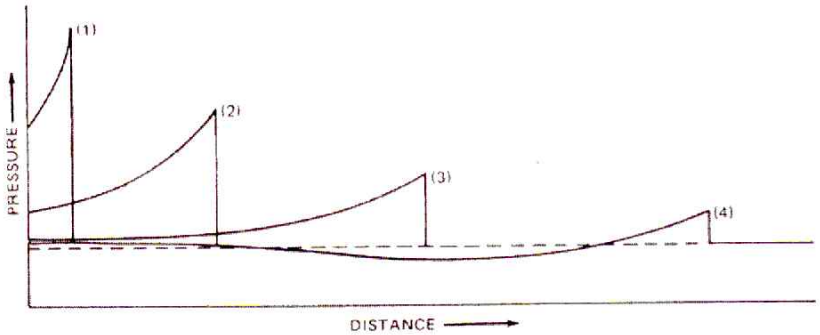
#### 2.3.2 Schokgolf

Zoals al in paragraaf 1.5 staat is de een schokgolf een bijzondere vorm van een drukgolf. Deze drukgolf heeft een instantane drukophoging aan de voorzijde en een geleidelijke drukafname aan de achterzijde. De voortplantingssnelheid van een schokgolf is groter dan die van het geluid in het medium waar deze door loopt. [7] Een karakteristiek verloop van een blastgolf, een drukgolf ontstaan door een explosie, is hieronder afgebeeld.




Afb. 2-1 Karakteristiek verloop van een blastgolf.

De blastgolf expandeert in alle richtingen in de vorm van een bol. Naarmate de golf zich verder van het beginpunt verwijdert, neemt de piekoverdruk af en wordt de positieve faseduur langer.




Afb. 2-2 Afname piekoverdruk naarmate afstand tot bron vergroot.

Door Brode zijn er twee functies gedefinieerd voor het verloop van de statische overdruk als functie van afstand:

$$p_S = \frac{6.7}{Z^3} + 1[bar] \quad \text{als } p_s > 10 \text{ bar}$$

$$p_S = \frac{0.975}{Z} + \frac{1.455}{Z^2} + \frac{5.85}{Z^3} - 0.019[bar] \quad \text{als } 0{,}1 < p_s < 10 \text{ bar}$$

Z is de geschaalde afstand

$$Z = \frac{R}{W^{1/3}}$$

De berekening van deze en andere parameters zijn gedaan met behulp van het computerprogramma Conwep[5]. Dit programma geeft na invoer van de parameters afstand tot de bron, type en gewicht explosief de incidentele piekoverdruk en impuls, de reflected piekoverdruk en impulse , de schokfrontsnelheid en nog enkele parameters.

Op basis van de piekoverdruk kan ook de schokgolfsnelheid worden bepaalt, de snelheid waarmee de schokgolf zich voortbeweegt. Kinney en Graham beschrijven de snelheid als:

$$U_S = a_0\left(1+\frac{6p_S}{7P_0}\right)^{1/2}$$

Waarin $a_0$ de geluidssnelheid in de lucht (circa 340m/s) is bij de omgevingtemperatuur $T_0$, en als volgt is gedefinieerd,

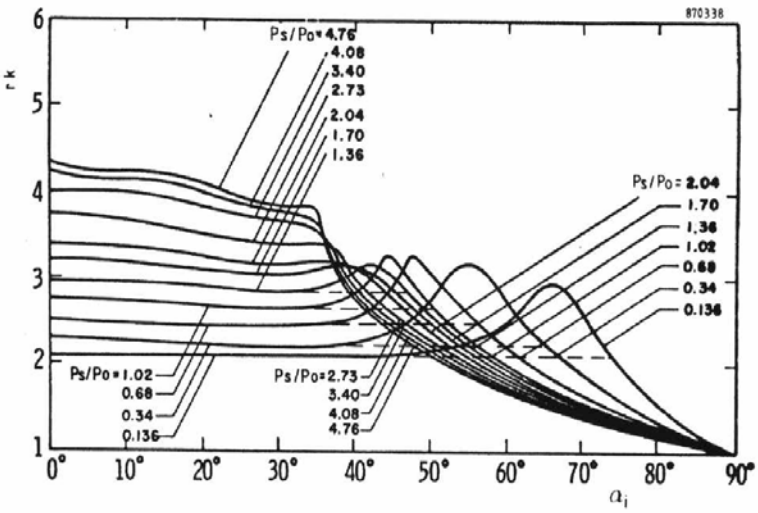
$$a_0 = \sqrt{\gamma R T_0}$$

waarin $\gamma$ de verhouding is tussen de soortelijke warmt bij constante druk en bij constant volume, die voor lucht 1,4 bedraagt, en RR de specifieke gasconstante (287,04 J/Kg.K) aangeeft. [7]

### 2.3.3 Reflected impulse

Als een schokgolf op een vast oppervlakte komt treed er reflectie op. Doordat de gereflecteerd schokgolf luchtdeeltjes verder comprimeert krijgt het oppervlakte te maken met een piekoverdruk hoger dan de overdruk van de invallende schokgolf. Deze wordt de gereflecteerde piekoverdruk genoemd en is een factor 2 tot 8 groter.

In onderstaand figuur staat de reflectiefactor uitgezet tegen de hoek van inval α. De reflectiefactor is naast α ook nog afhankelijk van de grootte van de invallende schokgolf. Deze wordt weergegeven als $p_s/p_0$. Tot 40˚ treed er reguliere reflectie op, daarboven volgt het een complex patroon.




Afb. 2-3 Reflectiefactor uitgezet tegen hoek van inval

De impuls is het oppervlak onder de druk-tijd curve gedurende de positieve fase en wordt berekend met onderstaande formule.

$$i = \int_{t_a}^{t_a+t_+} p_S(t)dt$$

Als door de reflectie de piekoverdruk wordt vergroot, wordt de impuls ook groter. Deze grotere impuls wordt dan ook de gereflecteerde impuls of reflected impulse genoemd.

### 2.3.4 Shocktube

Wanneer een schokgolf in een shocktube (schokbuis) komt, kan deze niet verder expanderen en zal het oppervlak van het front dus gelijk blijven. De piekoverdruk wordt dan enkel nog geremd door de wrijving met de wand van de schokbuis. Dit verlies door wrijving is echter klein vergeleken met het verlies door expansie.

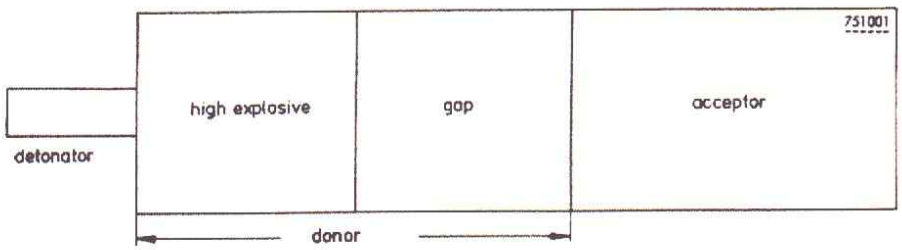
Doordat de schokgolf een afstand aflegt door de schokbuis, geeft het warmte af aan het materiaal waarvan de schokbuis gemaakt is. Het gevolg hiervan is dat de temperatuur van lucht in de schokgolf daalt.

Indien een schokgolf niet loodrecht op het buisje valt, zal deze in het buisje buigen en bovendien reflecteren via de wand. Dit is een complex interactieproces dat resulteert in een lagere piekoverdruk in de schokbuis dan wanneer de schokgolf recht het buisje binnen was gekomen [7].

### 2.3.5 Testen voor schokgevoeligheid

Springstoffen zijn gevoelig voor verschillende impulsen zoals warmte, stoot, wrijving, vonk, straling en schok. Deze laatste is van belang voor dit onderzoek.

Er zijn verschillende manieren om een substantie te testen op schokgevoeligheid. De gap-test stuurt middels een schokdonor, een explosief geïnitieerd door een detonator, een schokgolf door de gap. Deze wordt door het materiaal aanwezig de gap geremd voordat de schokgolf invalt bij de te testen substantie. Door te variëren in schokdonor, lengte en materiaal van de gap, kan de belasting op de acceptor worden aangepast.




Afb. 2-4 Schematische weergave van de gap test

Naast de gap-test is er nog de kogelinslagtest en de test met Flyingplate-impact, hierbij wordt respectievelijk een 0,30” kaliberkogel van 25 meter in de te testen stof geschoten en een vlakke plaat met hoge snelheid op de te testen stof geschoten. Bij beide testen ontstaat er een schokgolf die door het testmateriaal loopt.

Het principe van de testen van dit onderzoek is gebaseerd op deze proeven, er is een ontvangend materiaal, vuurwerk, en een schokbron, in dit onderzoek kneedspringstof.

### 2.4 Vuurwerk

In deze paragraaf zal kort wat algemene dingen over vuurwerk worden uitgezet, vervolgens iets over de classificatie van vuurwerk en tenslotte wordt het vuurwerk beschreven dat is gebruikt bij dit onderzoek.

Vuurwerk is opgebouwd uit een pyrotechnisch mengsels dat in een constructie zit. Deze constructie zit in een verpakking. De constructie en verpakking zijn veelal van karton gemaakt.

Het pyrotechnisch mengsel in het vuurwerk zorgt voor de vuurwerkeffecten. Door hitte reageert het vuurwerk en reageert het op een manier die afhankelijk is van de inhoud van het pyrotechnisch mengsel. Voor de verbranding zijn er drie delen nodig, een reductor, een oxidator en een ontstekingstemperatuur. Deze wordt bij vuurwerk meestal door het lont naar het pyrotechnisch mengsel gebracht.

#### 2.4.1 Classificatie systemen voor vuurwerk

De VN heeft in hoofdstuk 2 van de ‘Recommendations on the transport of dangerous goods’ haar classificatie van gevaarlijke stoffen staan. Deze is onderverdeeld in negen klassen. Onder klasse 1 valt:

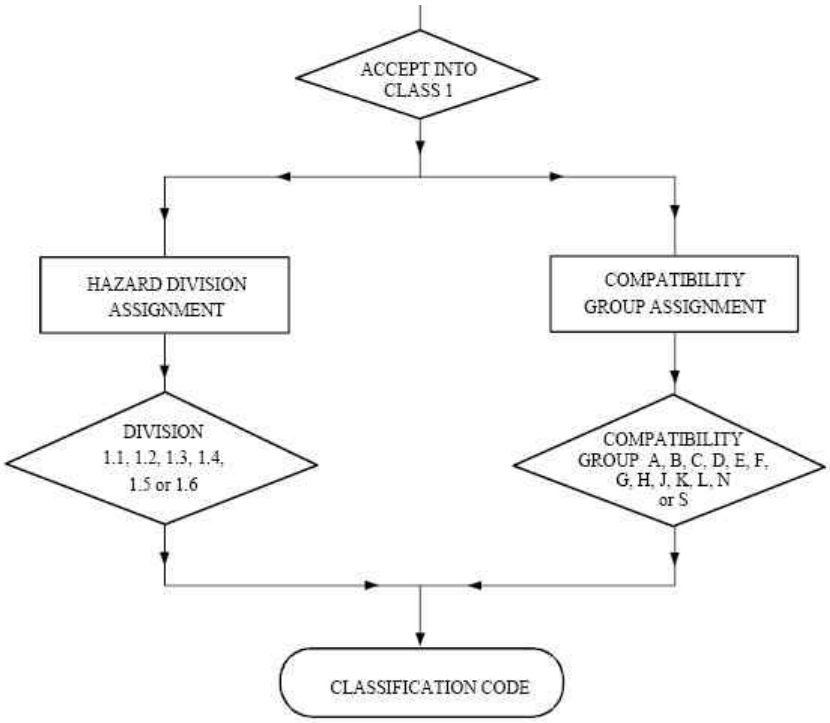
‘*substances and articles not mentioned under (a) and (b) which are manufactured with a view of producing a practical, explosive or pyrotechnic effect.’* [11]

Een pyrotechnisch substantie wordt beschreven als een substantie of mengsel van substanties ontworpen om een effect van hitte, licht, geluid, gas, rook of een combinatie van deze effecten te produceren als gevolg van een zelfstandige exotherme chemische reactie, anders dan detonatie. [11]

Klasse 1 is onderverdeeld in 6 divisie’s. Als blijkt dat een substantie of artikel binnen klasse 1 valt, wordt gekeken binnen welke divisie deze thuis hoort. Daarnaast wordt

gekeken met welke stoffen deze substantie vervoerd mag worden. Deze divisies en groepen staan beschreven in deel 2.1 van de publicatie [11].

Dit wordt als volgt geschematiseerd:




Afb. 2-5 Schematische weergave classificatie

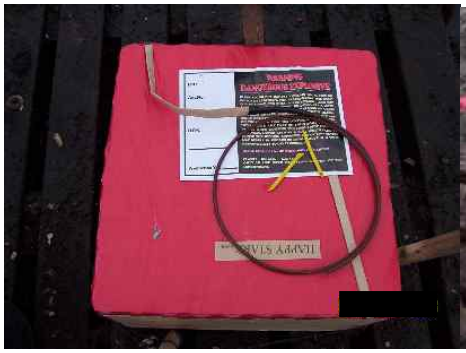
In de Regeling Nadere Eisen aan Vuurwerk 2004 (REVN2004) stelt de Nederlandse overheid eisen aan fop- en schertsvuurwerk, consumenten-, theater- en indoortheatervuurwerk. De genoemde eisen hebben betrekking op de gebruikte stoffen in het artikel, het geluidsniveau en de gebruiksveiligheid van het vuurwerkartikel.

### 2.4.2 Happy Stars

Het vuurwerk gebruikt in dit onderzoek is het artikel Happy Stars van de fabrikant Lidu Fireworks. Het betreft een partij vuurwerk dat op weg was naar SE Fireworks en in beslag is genomen na 13 mei.

Dit vuurwerk zit verpakt in een kartonnen doos. De constructie van het vuurwerkartikel bestaat uit 100 buisjes van 230mm met een buitendiameter van 38mm. Een lont verbind de buisjes door de onderkant van elk buisje te doorkruisen. De buisjes zitten aan elkaar vast met lijm en worden omsloten door twee ijzeren draden. Daaromheen zit een laag papier.

Enkele foto's van het artikel:

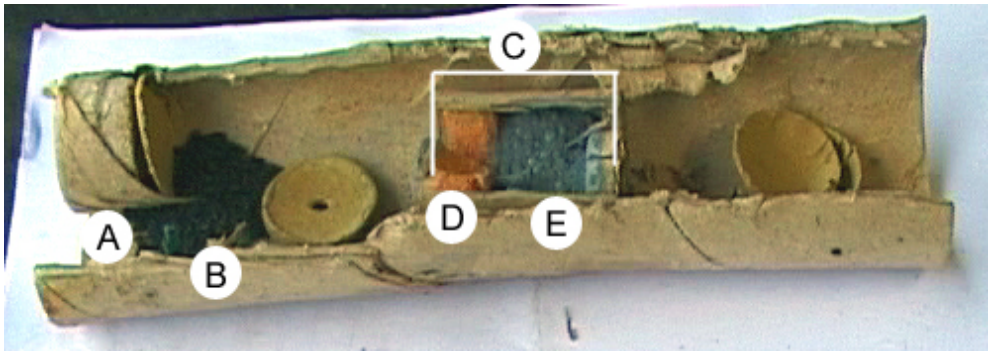


Afb. 2-6 Artikel met vertragend vuurkoord Afb. 2-7 vuurwerkartikel Happy Stars

Afb. 2-8 Artikel na explosie Afb. 2-9 Artikel na reguliere uitwerking

Boven staat het artikel, voordat deze is afgegaan. Aan het snellont is een vuurkoord bevestigd voor een vertraagde afsteking. Linksonder het artikel nadat het is afgegaan en nadat een schokgolf deze heeft geraakt. Op deze foto is goed het ijzerdraad te zien dat de buisjes bij elkaar houd. Boven zit het nog goed het onderste ijzerdraad hangt wat los door de explosie. Rechtsonder een door die op normale wijze is afgestoken.

De opbouw van de buisjes is als volgt:




Afb. 2-10 Opengesneden buisje Happy Stars

A) Onder in het buisje zit een stop van geperst materiaal
B) vrij grootkorrelig (1mm) zwart kruit.
C) De kruitkoker
D) Samengeperst pyrotechnisch mengsel met rode kleur
E) Kruit met bolletjes

Werking:

Door het lont wordt het zwarte kruit ontstoken, deze schiet de kruitkoker de lucht in. Gelijk met het ontsteken van het zwarte kruis ontbrand het rode mengsel, deze brand langzaam op in ongeveer 2 seconden. Als de ontbranding bij het kruit met bolletjes is aangekomen, zal het kruit exploderen en de bolletjes alle kanten opschieten. De bolletjes zullen met een korte vertraging voor een kleine explosie zorgen, deze is terug te zien als de knetterende lichtflitsen.

### 2.5 Eerder onderzoek: CHAF

Quantification and Control of the Hazards Associated with the Transport and Bulk Storage of Fireworks (CHAF) is een onderzoeksprogramma van drie partners: The Health and Safety Laboratory (UK), TNO Prins Maurits Laboratory (NL) and Bundesanstalt für Materialforschung und - prüfung (Dui).

#### 2.5.1 Achtergrond

Door explosies bij grote opslagplaatsen van vuurwerk in Nederland, Duitsland en Engeland, ontstond de behoefte aan informatie over hoe vuurwerk zich gedraagt tijdens een brand of een explosie. Omdat het beleid voor wat betreft vuurwerk was gebaseerd op de VN test serie 6, waarin geen aparte testen zijn opgenomen voor de classificatie van vuurwerk, de transport of de opslag daarvan, werd besloten tot het starten van dit onderzoeksprogramma.

Het doel van dit programma is om kennis en methodes te ontwikkelen die informatie genereren over de risico’s bij grootschalige opslag en transport van vuurwerk. [12]

#### 2.5.2 Mechanisme van ontsteking

In Workpackage 4 [13] wordt een literatuurstudie gedaan naar onder andere het mechanisme van ontsteking van vuurwerk door externe stimuli. Als de drie grootste stimuli worden genoemd:

- Impact van fragmenten
- Hitte
- Schokgolf

Naast deze stimuli is de tijd tussen de stimuli en de gevoeligheid van het pyrotechnisch mengsel belangrijk. Indien er twee stimuli het vuurwerk gelijk raken versterken ze elkaar, waardoor het vuurwerk kan reageren. Daarnaast kan een stimulus het pyrotechnisch mengsel gevoeliger maken voor een andere stimulus.

Wanneer een schokgolf invalt op een explosief materiaal, kan deze direct geïnitieerd worden. In deze literatuurstudie stelt CHAF dat het mechanisme van initiatie niet gebaseerd op de mechanische vervorming van het explosieve materiaal, maar is gerelateerd aan de energie die van de schokgolf wordt overgebracht naar het explosieve materiaal. Daarnaast concludeert CHAF dat de meeste pyrotechnische mengsels moeilijk te initiëren zijn door een schokgolf, voornamelijk omdat de meeste mengsels niet kunnen detoneren. Het wel of niet detoneren hangt sterk af van verschillende parameters als: samenstelling, dichtheid, grootte van de deeltjes en opsluiting. [13]

De proeven van de KMA en MSNP ondersteunen deze laatste stelling niet.

### 2.6 Eerder onderzoek: KMA en MSNP

KMA en MSNP onderzoeken wat de uitwerking van de blootstelling van vuurwerk aan een gedefinieerde stimuli is. Er is voor gekozen om de gevoeligheid van het vuurwerk op een schokgolf te definiëren. Deze benadering wijkt af van de gebruikelijke vuurwerktesten die respectievelijk de uitwerking van brand dan wel de daarop volgende vuurwerk-vuurwerk interactie onderzoeken.

In de testen van de KMA en MSNP wordt middels een blokje kneed een gedefinieerde schokgolf opgewekt. Deze schokgolf kan worden beschreven met de theorie van Brode en de hierop gebaseerde software Conwep. De sterkte van de schokgolf wordt hierbij bepaald door de afstand tussen het vuurwerk en het kneed.

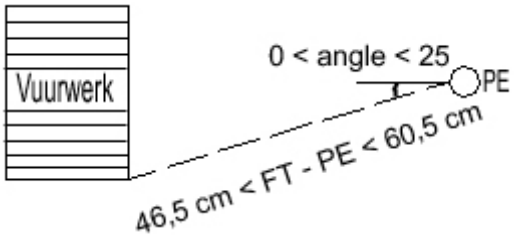
De onderzoeken zijn gebaseerd op de vuurwerkramp in Enschede en de waarden die zich daar hebben voorgedaan. Er zijn bij verschillende explosies, verschillende schokgolfsnelheden berekent bij de ramp op het terrein van SE Fireworks. [2]

- Explosie Zeecontainer E11 > 2km/s
- Bunkercomplex > 1.7 km/s
- Hele terrein laatste explosie > 1km/s

#### 2.6.1 Onderzoek Jacobs

Het onderzoek van Jacobs heeft zijn parameters gebaseerd op de waarden die berekent zijn bij de ramp in Enschede. Dit onderzoek heeft als doel het testen van verpakt vuurwerk op de gevoeligheid van schokinitiatie. De gevonden gegevens moeten inzicht verschaffen omtrent de onduidelijkheden over de initiatie en reacties van vuurwerk.

Jacobs heeft onderzoek gedaan naar reacties van vuurwerk met klassering 1.1, 1.3 en 1.4. In zijn testen heeft hij de volgende opstelling gebruikt:




Afb. 2-11 Opstelling Jacobs

De waarden van Jacobs zijn omgeschreven naar waarden zoals gebruikt wordt in dit rapport.

Uit zijn testen is gebleken dat het vuurwerk met classificatie 1.1, 1.3 en de Happy Stars met een classificatie 1.3/1.4 reageren op de schokgolf. Hieruit wordt geconcludeerd dat het vuurwerk gedeeltelijk detoneert onder invloed van een schokgolf, het deel dat niet detoneert, reageert. Daarnaast stelt Jacobs dat klasse 1.4 heftiger reageert dan klasse 1.3, wat erop zou duiden dat er geen relatie is tussen de classificatie en de schokgevoeligheid van vuurwerk.

Tijdens de testen zijn er de volgende vuurwerkeffecten waargenomen:

- Licht
- Beweging
- Geluid
- Rook

Deze worden ook waargenomen als het vuurwerk op de normale wijze wordt afgestoken.
Als verklaring voor de detonatie en reactie van het vuurwerk zegt Jacobs:

'*Het mechanisme waarmee dit gebeurd is schokcompressie. De theorie van schokcompressie … komt erop neer dat de schokgolf het poeder samendrukt en de lucht uit de hete poeders perst waardoor het een vaste stof wordt. Ook neemt de temperatuur in deze stof toe en ontstaan er hotspots die kunnen leiden tot een explosie*' [3]

### 2.6.2 Rapport Borgers en van den Heuvel

Het rapport van Borgers en van den Heuvel concludeert op basis van dezelfde testen dat professioneel vuurwerk door een schokgolf wordt ontstoken en er sterke aanwijzingen zijn dat bepaalde soorten professioneel vuurwerk massa-explosief reageren wanneer deze worden blootgesteld aan een schokgolf.

Borgers en van den Heuvel geven de volgende verklaring voor de reactie van het vuurwerk:

‘*De verklaring voor dit effect is ons inziens dat de invallende schokgolf het pyrotechnisch mengsel adiabatisch comprimeert, waarbij door de wrijving tussen de korrels en de compressie van de lucht in de loze ruimte tussen de korrel de temperatuur zodanig stijgt dat het vuurwerk gaat reageren.*’ [7]

### 2.6.3 Onderzoek Leertouwer

Het doel van het onderzoek van Leertouwer is het bepalen van de parameters in termen van overdruk en hoek van het vuurwerk ten opzichte van de schokgolfdonor, waarbij het vuurwerk nog net gaat reageren. In dit onderzoek zijn zowel hele dozen vuurwerk als losse buisjes gebruikt. Het type vuurwerk dat Leertouwer heeft gebruikt is Happy Stars. [14]

Leertouwer gebruikt in zijn onderzoek twee opstellingen. Testopstelling 1 is een houten constructie waar de aparte buisjes op werden getaped, gespijkerd of ingeklemd middels een ander balkje. Na de eerste testdag bleek deze opstelling niet te voldoen. De nieuwe, tweede opstelling is een ringconstructie gemaakt van een handgranaatring met een houten frame daaromheen om de ring van de grond te houden.

In dit onderzoek wordt verder gegaan met de ringconstructie van Leertouwer, verbeterd met de aanbevelingen van Leertouwer. De resultaten van de opstelling met de balken worden genegeerd. De resultaten van de proeven met de ringconstructie van Leertouwer worden bij de analyse bij de eigen resultaten gevoegd, zodat er een completer overzicht ontstaat van de effecten van vuurwerk. Alle resultaten van Leertouwer zijn opgenomen in bijlage F, alsmede een uitleg over de omrekening van de waarden van Leertouwer naar de tabel gebruikt in dit onderzoek.

Leertouwer beschrijft zeven uitwerkingen van een schokgolf op het vuurwerk:

- Het vuurwerk reageert in het geheel niet
- De lading in het vuurwerk wordt losgeslagen
- De lading wordt tot poeder geslagen
- De lading reageert, wordt niet uitgeworpen, reageert in cakedoos zelf
- Het vuurwerk reageert wel, maar later dan bij initiatie
- Het vuurwerk reageert op normale wijze
- Het vuurwerk reageert heftiger dan normaal

Omdat Leertouwer te weinig resultaten gegenereerd heeft om een eenduidige conclusie te geven blijft deze nog gedeeltelijk open:

‘*Het is … onduidelijk of de reacties die het pyrotechnisch mengsel vertoont ontstaan door het schokgolffront of door de mechanische vervorming, doordat geen van beide mechanismen is uitgesloten. … Wel kan er gesteld worden dat er onomstotelijk is bewezen dat vuurwerk met een laag kruitgewicht kan reageren op een schokgolf. Voor dit type vuurwerk zijn de kritieke waarden vastgesteld.*’ [14]

## 2.7 Constructieleer

Constructieleer is de wetenschap die zich bezig houdt met berekeningen ten aanzien van stijfheid en sterkte van constructies. In deze paragraaf zal kort de basis van constructieleer besproken worden en daarna een overzicht van de voor- en nadelen van de verschillende materialen.

### 2.7.1 Sterkte, Stijfheid, Stabiliteit

Om tot een goed ontwerp te komen moeten de sterkte, stijfheid en stabiliteit van een ontwerp in orde zijn.

Sterkte: Als gevolg van het eigen gewicht en externe belastingen ontstaan er krachten in de constructie. Deze krachten leiden tot inwendige spanningen in het materiaal. Elk materiaal heeft een eigen bezwijkspanning. Indien deze bezwijkspanning groter is dan de inwendige spanningen, is de constructie sterk genoeg.

Stijfheid: Door belastingen op de constructie kunnen delen van of de gehele constructie doorzakken of verbuigen. Hierdoor kunnen de parameters van de proef niet goed worden ingesteld in de constructie en worden de meetgegevens minder betrouwbaar. Omdat deze constructie te maken krijgt met hoge belastingen van de explosie, moet deze zeer stijf worden ontworpen.

Stabiliteit: Stabiliteit wordt verdeeld in vormvastheid en standzekerheid. Standzekerheid is de uitwendige stabiliteit, zoals kantelen, zakken of schuiven. Vormvastheid is de inwendige stabiliteit, zoals rotatie, schranken, kippen of knikken. [15]

### 2.7.2 Materialen

Hieronder zullen slechts hout en staal besproken worden. Dit zijn de meest voor de hand liggende materialen omdat deze goed verkrijgbaar en redelijk makkelijk bewerkbaar zijn.

| Hout | |
|---|---|
| Voordelen | Nadelen |
| - Laag soortelijk gewicht<br>- Makkelijk bewerkbaar<br>- Goedkoop in aanschaf<br>- Bestand tegen weersinvloeden | - Niet homogeen (groeistoringen)<br>- Sterkte afhankelijk van houtsoort<br>- Verschillende sterkte in verschillende richting |

| Staal | |
|---|---|
| Voordelen | Nadelen |
| - Homogeen materiaal<br>- Lange termijn (RVS) | - Zwaar<br>- Minder makkelijk bewerkbaar |

Op basis van deze eigenschappen kan er een keuze gemaakt worden welke materialen geschikt zijn voor de verschillende onderdelen van de constructie.

# 3 Proefopzet

### 3.1Inleiding

De proeven zijn opgezet naar aanleiding van de gestelde hypotheses die per dag werden opgesteld. Deze hypotheses zijn opgesteld naar aanleiding van de ervaringen van de vorige testdag en zullen hieronder per dag genoemd worden.

Hieronder zullen eerst de constructies die gebruikt zijn voor de proeven worden besproken, vervolgens de verschillende testdagen.

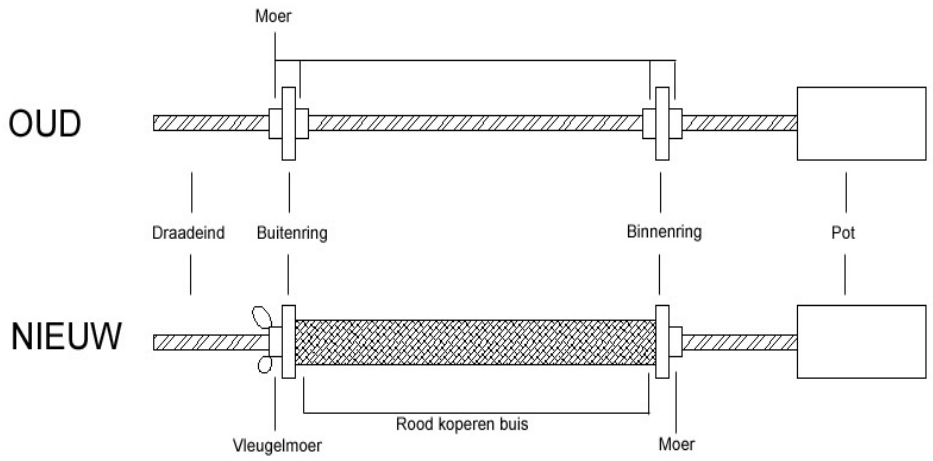
Voor alle proeven is het vuurwerk Happy Stars van fabrikant Lidu Fireworks gebruikt zoals beschreven in hoofdstuk 2.

### 3.2 Constructies

#### 3.2.1 Ringconstructie

De basis van deze ringconstructie is het model van Leertouwer [14]. Deze bestaat uit een viertal balken die rechtop staan en een kruis van balken onderin. Aan deze balken hangt een handgranaatring. Deze is bewerkt en er zijn 16 draadeindes van Ø8 een 2000mm lang doorgestoken. Aan de binnenzijde zit een pot bevestigd. In deze pot wordt het vuurwerkstuk bevestigd. De 4 dragende balken worden afgeschoord met staaldraden. Het kneed wordt in het midden aan een touw opgehangen.

Deze opstelling is aangepast met rood koperen buisjes om de stijfheid van de constructie te vergroten. Hieronder een schematisering van de aanpassing:




Afb. 3-1 Aanpassing constructie Leertouwer

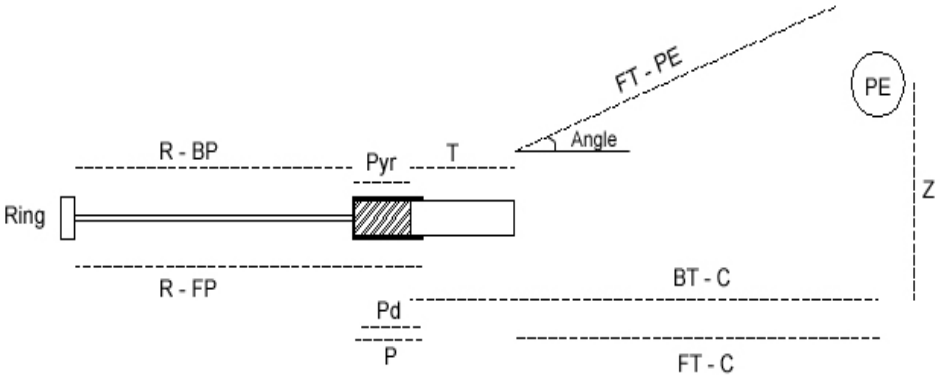
Door het vervangen van 2 moeren door een buisje werd de stijfheid en de snelheid van instellen vergroot.

Daarnaast is er op de grond middels pionnen en rood-wit lint een markering uitgezet zodat de afstand van eventuele projectie kan worden gemeten.

Afb. 3-2 Ringconstructie

Afb 3-2 Ringconstructie

De instellingen van deze constructie die worden weergegeven in onder andere de resultatentabel komen als volgt terug in de constructie:




Afb. 3-3 Overzicht parameters in ringconstructie

| **Legenda:** | |
|---|---|
| P | Length of pot |
| Pd | Depth of pot |
| R - BP | Distance Ring - Back of the pot |
| R - FP | Distance Ring - Front of the pot |
| Pyr. | Length of pyrotechnic substance |
| T | Length of tube |
| BT - C | Distance Back Tube - Centre |
| FT - C | Distance Front Tube - Centre |
| FT - PE | Distance Front Tube - Plastic Explosive |
| Z | Distance Centre - Plastic Explosive (vertical) |
| Angle | Angle of the shockwave on the tube |

### 3.2.2 Constructie 2

De andere constructie is gebruikt bij 3 proeven op 5 december en bestaat uit een pallet, enkele paaltjes en een stuk draad. Het vuurwerkartikel staat op het pallet daarnaast staan 2 paaltjes waartussen het kneed wordt opgehangen. Kleinere paaltjes zorgen ervoor dat het vuurwerkartikel niet weg wordt geslagen door de schokgolf als het kneed afgaat.

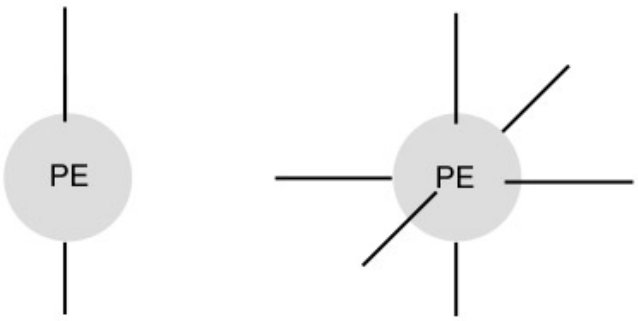
Afb. 3-4 Kneed en artikel in opstelling Afb. 3-5 Kneed en artikel in opstelling

### 3.3 Aanpassingen aan de constructie

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de aanpassingen aan de constructie tijden de testen. De aanpassingen worden per testdag weergegeven.

#### 3.3.1 Aanpassingen 2 november

Na de eerste proef werd er al geconstateerd dat het kneed bewoog en daarom is de ringconstructie aangepast en is het kneed in plaats van met een, met drie touwen in het midden gehangen.




Afb. 3-6 Aanpassing ophanging kneed

Na de derde proef werden er twee veranderingen in de ringconstructie aangebracht. Het slagpijpje werd in plaats van de voorkant nu vanaf de onderkant in het kneed geplaatst. Daarnaast werden de potten handmatig op het kneed gericht, omdat bleek dat de ring vervormd was, en de potten, met daarin het vuurwerk, niet recht op het midden gericht stonden.

#### 3.3.2 Aanpassingen 5 december

Na de vierde test is de ringconstructie aangepast. Ondanks de stalen strippen die de ring horizontaal moeten houden, was de strip vervormd en gaan hangen. Door nieuwe gaten te boren hoger in de staande balken, kan de ring weer rechtgetrokken worden.

#### 3.3.3 Aanpassingen 20 december

Op deze dag zijn geen aanpassingen gemaakt aan de constructie.

### 3.4 Model van toetsing

Om een zinnig antwoord te kunnen geven over de gevoeligheid van vuurwerk moet er een model worden opgesteld.

#### 3.4.1 Model van testen

De testen worden gedaan in de opstellingen zoals deze hierboven beschreven zijn. De instelbare parameters in deze constructie zijn: de afstand FT – PE, de lengte van de tube en de hoek van inval.

De druk neemt af over de afstand FT-PE, het model van Brode is geschikt om de piekoverdruk op de front tube te bepalen:

$$p_S = \frac{6.7}{Z^3} + 1[bar] \quad \text{als } p_s > 10 \text{ bar}$$

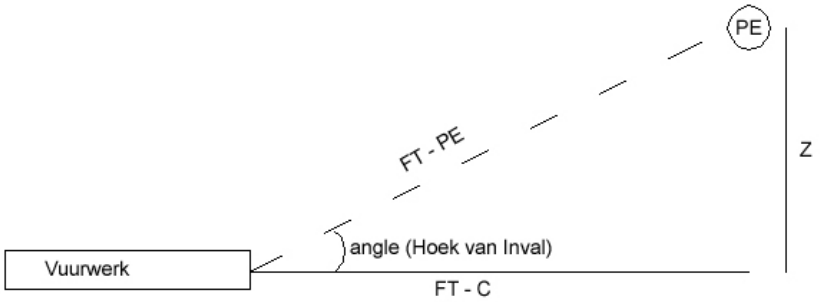
Zodra de schokgolf de schokbuis in gaat, neemt de sterkte van de schokgolf af door de wrijving met de binnenkant van de buis.

Met de berekeningen uit bijlage G komt het volgende model tot stand voor de berekening van een schokgolf door een tube:

$kPa_{einde\ tube} = kPa_{begin\ tube} * (1 - \text{lengte tube})$

$0 < \text{lengte tube in meters} < 1$

De hoek van inval wordt als volgt bepaald:




Afb. 3-7 Hoek van inval op het buisje

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{Z}{FT - C}\right)$$

$\alpha$ = de hoek van inval

### 3.4.2 Model voor toetsing van de hypothese

Het model voor toetsing van de hypothese zal op basis van de gegevens een uitspraak moeten doen over de grenswaarden bij bepaalde instellingen. In dit model moeten verschillende parameters terugkomen:

- [A] Percentage dat voldoet aan de stelling
- [B] Lengte tube
- [C] Afstand tot kneed ,omgerekend naar kPa
- [D] Hoek van inval

De vorm van het model wordt daardoor als volgt:

*'[A]% van de vuurwerkbuisjes met tube lengte [B] reageert/reageert niet bij een schokgolf van [C] kPa die invalt onder een hoek van [D] graden'*

### 3.4.3 Statistische analyse

Belangrijke punten om de risico's van het vuurwerk in te kunnen schatten zijn:

- Het punt waar 50% van de buisjes reageert
- Het punt waar 90% zeker reageert
- Het punt waar 90 % niet meer reageert
- Het punt waar 100% niet gaat

Deze kunnen worden bepaald door de reacties en de niet-reacties uit te zetten tegen de afstand tot het kneed waarop deze geplaatst waren. Door een reactie een waarde van 1 te geven en de niet-reacties een waarde van –1 kunnen, na het uitsluiten van de onbetrouwbare gegevens, de waarden worden bepaald.

# 4 Resultaten

### 4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de proeven weergegeven en besproken. Een volledig overzicht van de resultaten staat in bijlage H, J en M. De daarbij behorende legenda is opgenomen in bijlage E.

Er zijn tijdens de proeven een aantal aanpassingen gedaan aan de constructie. De verandering van het richten van de potten en de plaatsing van het slagpijpje is weergegeven in de tabel in de kolommen aimed en blast cap.

Daarnaast is geconstateerd dat de vuurbol van het kneed 0,08s zichtbaar is. Dit als basis van de interpretatie van de resultaten.

De dagen zullen worden besproken in een vaste volgorde. Eerst wordt nogmaals kort het doel van de springdag weergegeven, vervolgens bijzonderheden uit de proeven gedaan op deze springdag.

### 4.2 Testdag 2 november

De eerste testdag is opgezet op basis van de resultaten van Leertouwer. Het doel van de proeven was:

- Het testen van de functionaliteit van de constructies
- Het vaststellen van de afstand tot het kneed waarbij het vuurwerk met en zonder tube nog net reageert
- Het testen van de invloed van de tubelengte

Hypothesen:

1) ‘*het vuurwerk zal alleen reageren op een schokgolf met een piekoverdruk hoger dan 3000 kPa*’
2) ‘*de tube werkt als een schokbuis, de piekoverdruk zal alleen afnemen door de wrijving met de wand van de tube*’

De berekeningen achter deze hypothese staan in bijlage G.

Om het doel van de proeven te halen zijn er 5 proeven uitgevoerd met afwisselend buisjes met en zonder tube, op verschillende afstanden van het kneed. Door te bepalen op welke afstand een buisje wel of niet reageert kan bepaald worden wat de grenswaarde is voor het reageren van het vuurwerk. Door de waarde van met en zonder tube te vergelijken kan worden bepaald wat de invloed van de tube op de schokgolf is.

In totaal reageerde er bij de eerste 3 proeven 1 buisjes. Door nog eens goed naar de opstelling te kijken bleek dat de potten doordat ze verbogen waren niet meer recht op het kneed waren gericht. Het ene buisje dat wel reageerde was VW 2005-11-02 / 2 b3, welke op 62 cm van het kneed hing. Omdat er nog buisjes waren die dichterbij het kneed geplaatst waren en niet reageerde, ontstond het vermoeden dat er iets anders de oorzaak was van de reactie van dit buisje. Deze werd gevonden in de plaatsingsrichting van het slagpijpje.

De laatste twee proeven van deze testdag werden uitgevoerd met de handmatig gerichte potten. Hieruit konden redelijke grenswaarden worden aangegeven voor de buisjes met een tube van 15cm en die zonder tube. Buisjes zonder tube VW 2005-11-02 / 2 b2 en VW 2005-11-02 / 2 b11 waren allebei op 42cm van het kneed geplaatst en reageerde. Daarnaast stonden buisjes VW 2005-11-02 / 2 b3 en VW 2005-11-02 / 2 b10 op 44 cm van het kneed en deze beide buisjes reageerde niet. Soortgelijke gegevens werden gevonden voor de buisjes met een tube van 15 cm. De buisjes 5 en 8 van de vierde proef van die dag reageerde op een afstand van 37 cm van het kneed, terwijl de buisjes 1 en 12 van de vijfde proef niet reageerde op een afstand van 39 cm.

Hierbij wordt al opgemerkt dat er een verschil is in de afstand waarop de buisjes met en zonder tube reageren. Dit zal in de analyse nader worden bekeken.

Een volledig overzicht en een beschrijving van de reacties van de buisjes van de proeven van deze dag staat in bijlage H en I.

**4.3 Springdag 5 december**

Op basis van de ervaringen van de testdag op 2 november zijn er voor de springdag van 5 december de volgende doelen opgesteld:

- Het testen van de functionaliteit van de constructies
- Het testen van het effect van een schokgolf op regulier afgestoken vuurwerk
- Het testen van de gevoeligheid van vuurwerk op de hoek van inval van de schokgolf

Hypothesen:

3) ‘*de reactie van regulier afgestoken vuurwerk door een invallende schokgolf is groter dan die bij niet afgestoken vuurwerk*’
4) ‘*de gevoeligheid van vuurwerk voor een schokgolf neemt af naarmate de hoek van inval groter wordt*’

Op de testdag werd geconstateerd dat bij een kleine afwijking in het richten van de potten op het midden, er een groot verschil in reacties optrad. Daarom is er voor gekozen om de gevoeligheid van vuurwerk op de hoek van inval van de schokgolf nader onder de loep te nemen.

Om het doel van de proeven te halen zijn er 8 proeven gedaan. De eerste twee proeven zijn voor de opname van de normale effecten van exploderend kneed en de normale effecten van een afgaand artikel Happy Stars 100 shots. Daarna worden er twee testen gedaan op afgaand vuurwerk en tenslotte vier proeven in de ringconstructie voor het testen van de gevoeligheid van vuurwerk op de hoek van inval van de schokgolf.

De eerste twee proeven van deze dag waren ten behoeve van de opname van de effecten van de detonatie van het kneedspringstof en van het regulier afgestoken vuurwerk Happy Stars.

Vervolgens werden er twee testen gedaan waarbij regulier afgestoken vuurwerk werd blootgesteld aan een schokgolf. De eerste proef leverde een versnelling van de schoten op, waarbij de constructie van het vuurwerk heel bleef. Bij de tweede proef, waar het kneed dichter op het vuurwerk werd geplaatst, werd de constructie kapotgeslagen en werden buisjes alle kanten op geworpen. Ook reageerde buisjes op de reflected impulse van de schokgolf.

De laatste vier proeven hadden ten doel inzicht te verkrijgen in het effect van de hoek van inval op de reactie van vuurwerk. De eerste test was met een verhoging van 0 cm. Hierbij reageerde 10 van de 12 buisjes op de schokgolf. Opmerkelijk is het daarom dat bij de proef daarna met dezelfde FT-C maar met een Z van 5cm, er slechts 2 van de 12 buisjes reageren. Waarna vervolgens bij een Z van 10 weer 10 van de 12 buisjes reageren. Bij de afsluitende proef met een Z van 15 cm reageerde de helft van alle buisjes.

Dit is opmerkelijk omdat werd aangenomen dat er bij een hogere hoek van inval, minder buisjes reageren en hieruit blijkt dat er een soort patroon is waarbij buisjes minder gevoelig zijn voor een schokgolf als deze invalt onder een hoek van tussen de 5 en 7 graden.

Een volledig overzicht en een beschrijving van de reacties van de buisjes van de proeven van deze dag staat in bijlage K en L.

### 4.4 Springdag 20 december

Op basis van de ervaringen van de testdag op 5 december zijn er voor de springdag van 20 december de volgende doelen opgesteld:

- Het testen van de functionaliteit van de constructies
- Het testen van de gevoeligheid van vuurwerk op de hoek van inval van de schokgolf
- Het testen van de invloed van de tubelengte

Hypothesen:

5) '*Er is een patroon in de gevoeligheid van vuurwerk op de hoek van inval van de schokgolf, hierbij is vuurwerk minder gevoelig als de hoek van inval rond de 10 graden is*'

Op de springdag van 5 december werd geconstateerd dat er bij een hoek van inval rond de 10 graden, het vuurwerk verminderd gevoelig was voor de schokgolf. Omdat er weinig nog weinig gegevens beschikbaar waren, zijn er meer proeven gedaan en is het gebied rond de 10 graden nader onderzocht.

Er zijn acht proeven gedaan naar de invloed van de tube, en de gevoeligheid van vuurwerk op de hoek van inval van de schokgolf. Hierbij werden buisjes gebruikt met hele, halve en zonder tubes.

Door een beter beeld te krijgen van het effect van de hoek van inval op de gevoeligheid van vuurwerk op een schokgolf zijn er op deze dag testen gedaan met een Z van 0, 5, 7.5, 10, 12.5 en 17.5 cm. Waarbij de eerste drie proeven gedaan zijn met een Z van 0 om meer gegevens te verzamelen voor het bepalen van de grenswaarde waarbij het vuurwerk reageert op een schokgolf.

De proeven met een Z van 0 gaven een redelijke indicatie van de grenswaarde voor buisjes met een tube van 0, 8 en 15 cm. De proef met buisjes met een tube van 8 cm gaf was heel duidelijk, alles verder van het kneed dan 44cm reageerde niet, alles daaronder reageerde wel. Hier zal in de analyse uitgebreider op worden ingegaan.

Bij de proeven waarbij het kneed verhoogd werd geplaatst ontstond een beeld dat afwijkt van de vorig springdag. Bij proef VW 2005-12-20 / 4 met een hoek van inval tussen de 5 en 7 graden reageerde 11 van de 12 buisjes. Bij hogere hoeken van inval reageerde er minder buisjes. In de analyse zullen deze gegevens naast de gegevens van de springdag van 5

december worden gehouden om een duidelijk beeld te krijgen van het effect van de hoek van inval.

Een volledig overzicht en een beschrijving van de reacties van de buisjes van de proeven van deze dag staat in bijlage M en N.

**4.5 Bevindingen constructie**

In deze paragraaf komt een samenvatting van de ervaring met de constructie tijdens de proeven. Deze ervaringen worden meegenomen in het ontwerp van een nieuwe constructie.

1) Ondanks de aanpassingen neemt deze constructie teveel tijd in bij het instellen van de draadeinde op de juiste afstand.

2) De constructie moet geplaatst worden op een ongelijke grond. Doordat deze constructie staat op vier vaste, niet in hoogte verstelbare steunpunten, kan de constructie moeilijk recht worden geplaatst op de ongelijke grond. Hierdoor komen er spanningen in de constructie die kunnen leiden tot de vervorming van de ringen en de buisjes doen afwijken.

3) Bij de proeven van de hoek van inval wordt het kneed hoger geplaatst dan het horizontale vlak waar de ring en de potten zich in bevinden. Doordat de schokgolf hierdoor schuin van boven komt, ontstaat er een verticale kracht op de potten. Deze wordt niet opgevangen in de constructie en de potten buigen naar beneden.

4) Doordat de vuurwerkstukken in de potten worden geplaatst zitten deze in een opgesloten ruimte. Dit kan de resultaten beïnvloeden.

5) De markering op de grond voor het schatten van de afstand die een projectie aflegt is niet bestand tegen de kracht van een schokgolf. Deze wordt weggeblazen bij het detoneren van het kneed. Deze moet een meer permanente oplossing krijgen.

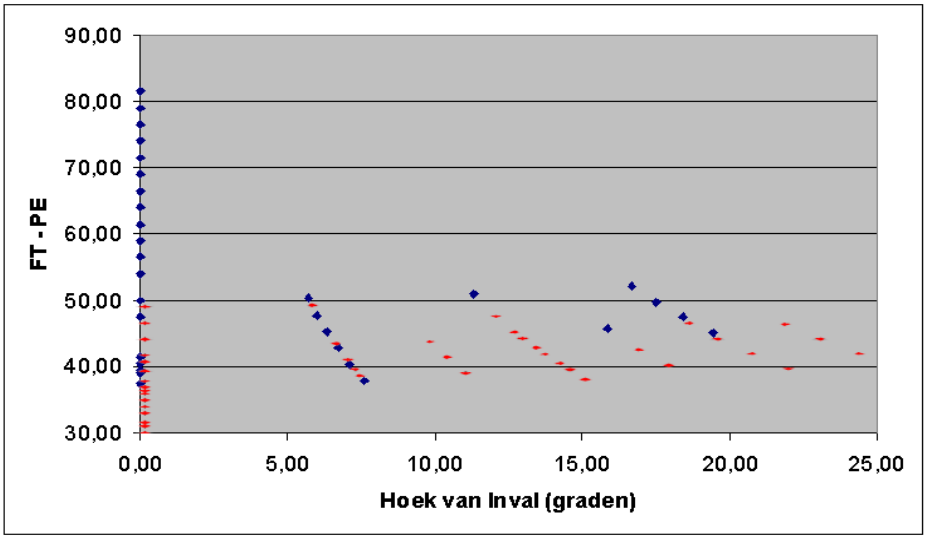
6) De constructie is niet stijf genoeg. Door het juist afschoren van de constructie kan er wel een redelijke stijfheid worden bereikt, maar deze is niet voldoende. Bij het afgaan van het kneed bewegen de potten teveel, hierdoor kan onzuiverheid in de resultaten ontstaan.

7) Het laswerk van de potten was van matige kwaliteit, hierdoor gingen er veel potten verloren tijden de proeven. Dit ging ten koste van het aantal meetresultaten.

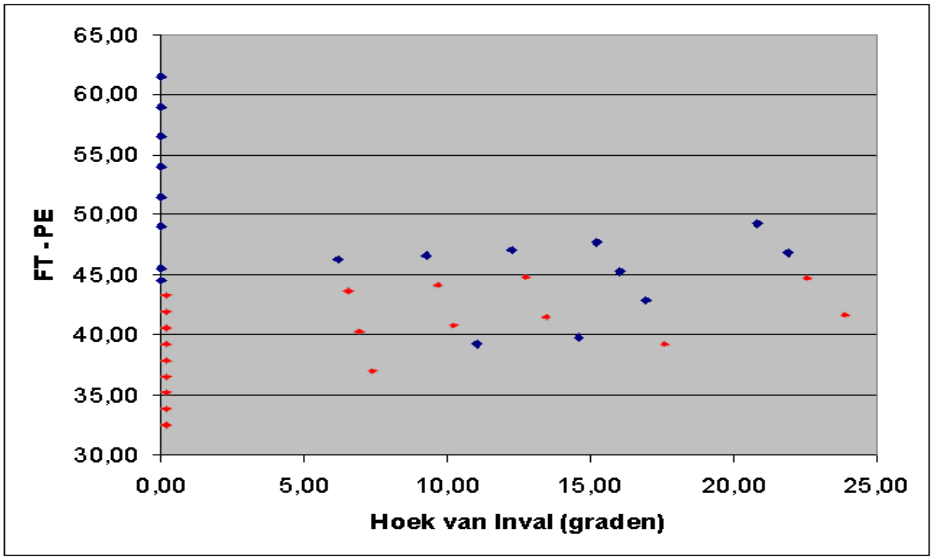
### 4.6 Overzicht van de resultaten

Hieronder staat een overzicht van alle resultaten van de ringconstructie. De resultaten staan in een grafiek waar de afstand staat uitgezet tegen de hoek van inval.

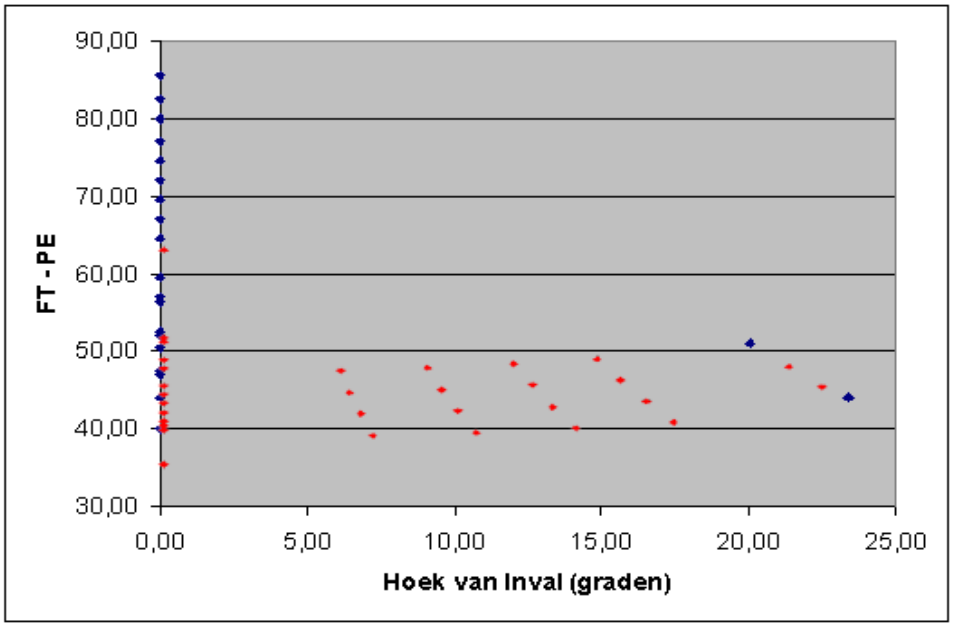
Rode punten zijn buisjes waar een reactie optrad, blauwe zijn punten waarbij er geen reactie optrad.




Afb. 4-1 Resultaten buisjes met een tube van 15 cm.




Afb. 4-2 Resultaten buisjes met een tube van 8 cm.




Afb. 4-3 Resultaten buisjes met een tube van 0 cm.

# 5 Analyse

In dit hoofdstuk zullen de resultaten uit hoofdstuk 4 worden geanalyseerd. Dit hoofdstuk is ingedeeld in de verschillende factoren van invloed zoals deze zijn onderkent tijdens de proeven:

- grenswaarde waarop het vuurwerk met verschillende tubelengtes nog net reageert op een schokgolf
- effect van een tubelengte op de gevoeligheid van vuurwerk op een schokgolf
- effect van de hoek van inval van een schokgolf op de gevoeligheid van vuurwerk
- plaatsing van het slagpijpje
- de reactie van afgaand vuurwerk op een schokgolf
- opstelling

Metingen van de eerste 3 proeven van 11 november zijn niet meegenomen in de analyse, deze gegevens zijn onzuiver omdat de potten niet op het kneed waren gericht. Daardoor geven ze geen representatief resultaat voor de instellingen.

## 5.1 Reactie op een schokgolf

Het vuurwerk gebruikt bij dit onderzoek reageert op een schokgolf van een bepaalde sterkte. Door de parameters van het model besproken in hoofdstuk 3 in te vullen, kunnen we een duidelijker beeld krijgen bij welke waarden het vuurwerk wel en niet reageert.

### 5.1.1 Tube 15cm

Voor de buisjes met een tubelengte van 15 cm zijn er 84 resultaten beschikbaar waarbij de hoek van inval 0 is. De afstand van de achterkant van de tube tot het kneed varieert hierbij van 45,5 tot 96,5 cm. Op de volgende pagina staat de afstand BT – C afgezet tegen het aantal reacties (rood) en geen reacties (blauw) op die afstand.

Het model voor de grenswaarde kan nu worden ingevuld. Door de niet-reacties af te trekken van de reacties kan uit de grafiek worden bepaald dat 50% van de buisjes gaat op een afstand van 61cm van het kneed.

Uit de grafiek bleek ook dat de niet-reactie waarden van de proef VW 2005-12-20 / 3 uit de toom vielen in vergelijking met de andere resultaten. Het is nog onduidelijk waarom deze waarden anders zijn, wellicht door de het erg gedateerde kneed. Daarom is besloten deze buiten beschouwing te laten bij de analyse.

Het model komt er dan als volgt uit te zien:
*50% van de vuurwerkbuisjes met tube lengte 15 cm reageert bij een schokgolf van 1700 kPa die invalt onder een hoek van 0 graden.*

### 5.1.2 Tube 8cm

Voor de buisjes met een tubelengte van 8 cm zijn er 37 resultaten beschikbaar waarbij de hoek van inval 0 is. De afstand van de achterkant van de tube tot het kneed varieert hierbij van 43,50 tot 71 cm. Op de volgende pagina staat de afstand BT – C afgezet tegen het aantal reacties (rood) en geen reacties (blauw) op die afstand.

Het model voor de grenswaarde kan nu worden ingevuld. Door de niet-reacties af te trekken van de reacties kan uit de grafiek worden bepaald dat 50% van de buisjes gaat op een afstand van 52,5cm van het kneed.

Uit de grafiek bleek ook dat de reactie waarden van de proef VW 2005-07-20 / 4 uit de toom vielen in vergelijking met de andere resultaten. Doordat dit resultaten van Leertouwer zijn is het moeilijk na te gaan waarom deze niet stroken met de rest van de gegevens. Daarom is besloten deze buiten beschouwing te laten bij de analyse.
Het model komt er dan als volgt uit te zien:

*50% van de vuurwerkbuisjes met tube lengte 8 cm reageert bij een schokgolf van 2350 kPa die invalt onder een hoek van 0 graden.*

### 5.1.3 Tube 0cm

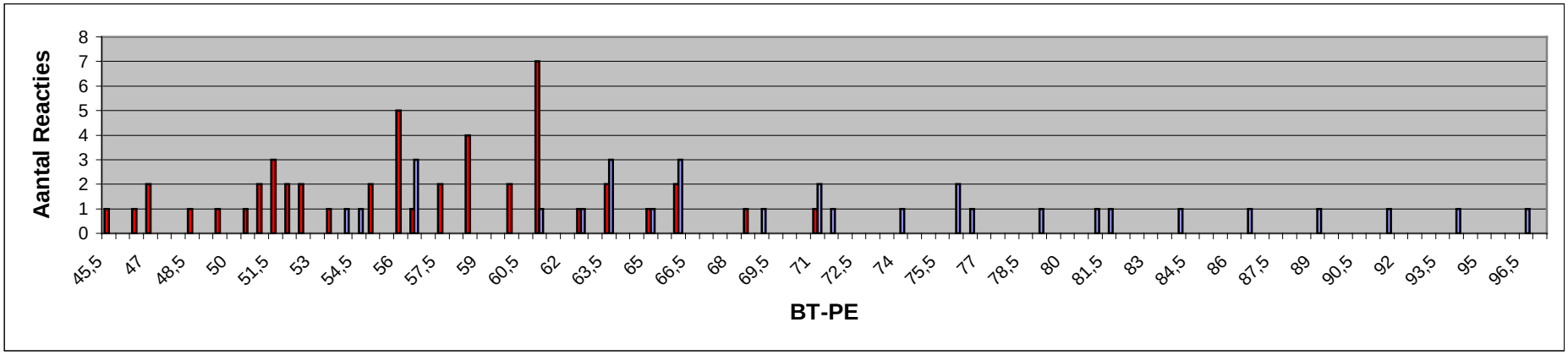
Voor de buisjes met een tubelengte van 0 cm zijn er 37 resultaten beschikbaar waarbij de hoek van inval 0 is. De afstand van de achterkant van de tube tot het kneed varieert hierbij van 37,50 tot 85,5 cm. Twee pagina's verder staat de afstand FT - C afgezet tegen het aantal reacties (rood) en geen reacties (blauw) op die afstand.

Het model voor de grenswaarde kan nu worden ingevuld. Door de niet-reacties af te trekken van de reacties kan uit de grafiek worden bepaald dat 50% van de buisjes gaat op een afstand van 52 cm van het kneed.

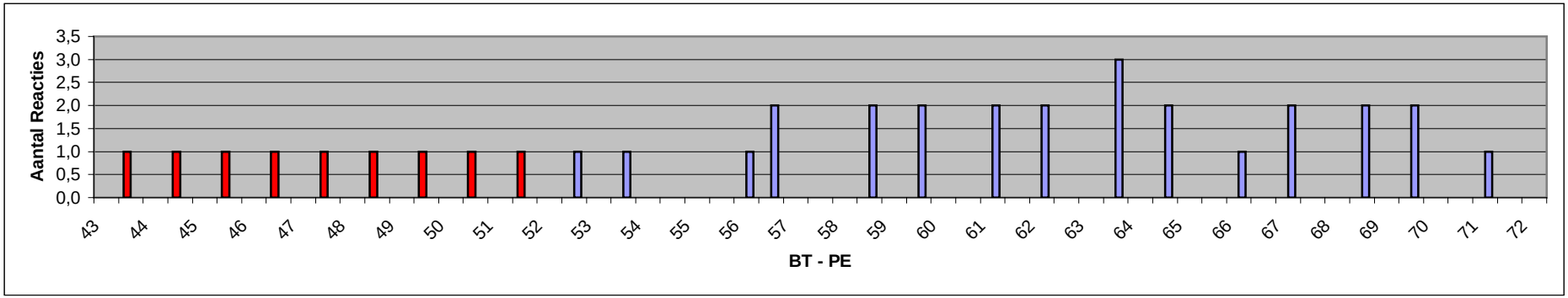
Uit de grafiek bleek ook dat de reactie waarden van de proef VW 2005-11-02 / 2 en de niet-reactie waarden van VW 2005-11-02 / 5 uit de toom vielen in vergelijking met de andere resultaten. Bij VW 2005-11-02 / 2 is de plaatsing van het slagpijpje geweest dat voor deze afwijking heeft gezorgd. Bij VW 2005-11-02 / 5 is het onduidelijk wat de oorzaak is, wellicht speelt het erg gedateerde kneed een rol. Daarom is besloten deze buiten beschouwing te laten bij de analyse.

Het model komt er dan als volgt uit te zien:

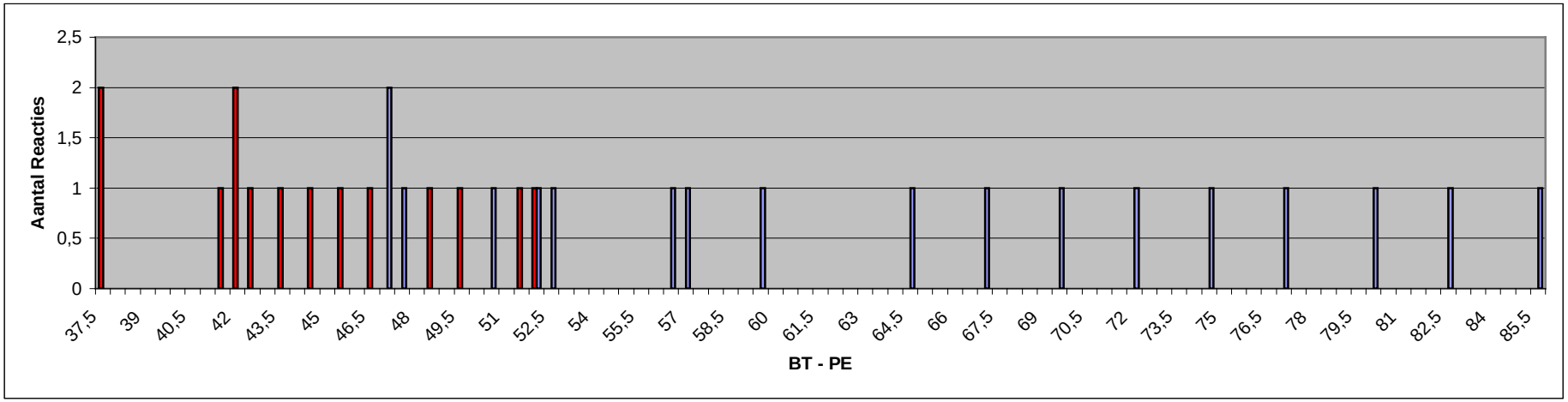
*50% van de vuurwerkbuisjes met tube lengte 0 cm reageert bij een schokgolf van 2300 kPa die invalt onder een hoek van 0 graden.*




Afb. 5-1 Tube 15 cm




Afb. 5-2 Tube 8 cm




Afb. 5-3 Tube 0 cm

### 5.2 Effect van een tube

Om te bepalen wat het effect van een tube is, worden de resultaten van de proeven met en zonder tube vergeleken.

Als de modellen van de vorige paragraaf naast elkaar worden gelegd, valt op dat er verschillende grenswaarden voor de verschillende tubelengtes uitkomen. De tube heeft dus effect op het wel of niet reageren van een buisje.

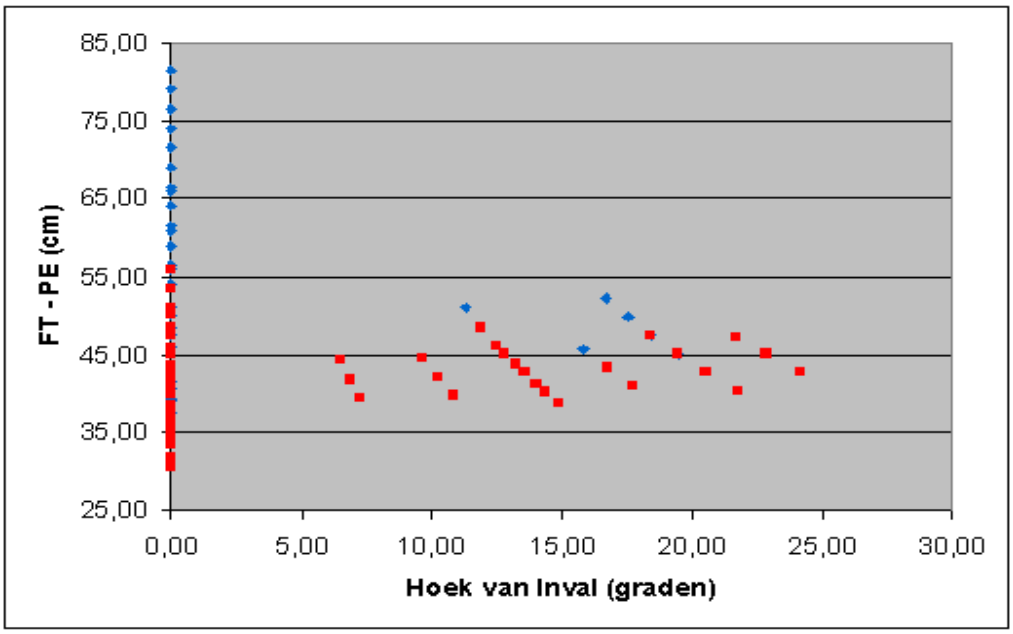
Als de resultaten van de buisjes met tubelengte 0 cm en 8 cm worden vergeleken, is er geen significant verschil te zien in de grenswaarde waarbij 50% van de buisjes reageert van 8cm. De afstand van het pyrotechnisch mengsel tot het kneed is dus bij beide buisjes gelijk. Het lijkt er daarom op dat de afname van de piekoverdruk door de demping van de tube in dit geval evenveel is als bij de normale expansie van de schokgolf over 8 cm.

Als de resultaten van de buisjes met tubelengte 0 cm en 15 cm worden vergeleken, is er een verschil te zien in de grenswaarde waarbij 50% van de buisjes reageert van 7 cm. De afstand van het pyrotechnisch mengel tot het kneed is dus bij de buisjes met een tube van 15cm groter dan bij de buisjes zonder tube. Dit wijst er dus op dat de afname van de piekoverdruk door de demping van de tube bij een tubelengte van 15 cm, minder groot is dan de afname bij de normale expansie van de schokgolf over 15cm.

Uit deze resultaten blijkt daarnaast dat de buisjes met een tube van 15cm zorgen voor een kleinere afname van de piekoverdruk dan de buisjes met een tube van 8cm. Omdat dit in de literatuur niet wordt onderbouwt, lijkt het erop dat de significante afname van de piekoverdruk met gebeurd bij de intrede van de schokgolf in het buisje en dat de lengte van het buisje minder van invloed.

### 5.3 Effect van de hoek van inval

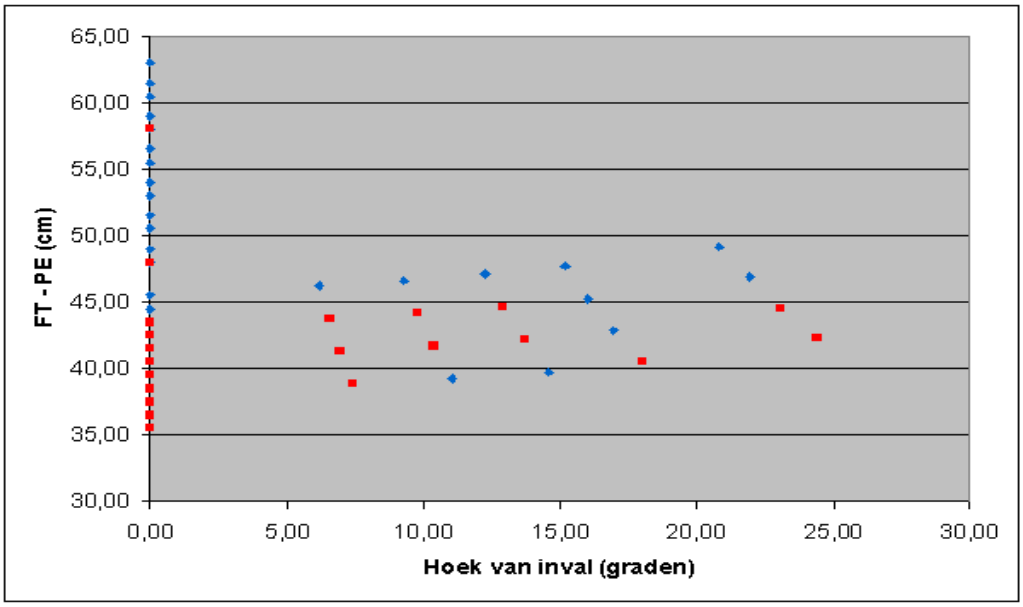
Hieronder staan de resultaten weergegeven van de testen naar de gevoeligheid van vuurwerk op de hoek van inval van een schokgolf. Deze grafieken zijn niet gelijk aan die van hoofdstuk 4. Hier zijn alleen de betrouwbare gegevens gebruikt. De waarden van proef VW 2005-12-05 / 6 strookten niet met de overige waarden, dit is waarschijnlijk te wijten aan het gedateerde kneed.




*Afb. 5-4 De grafiek van buisjes met een tube van 15cm. Hierin staat de FT –PE uitgezet tegen de hoek van inval. Blauw staat voor een reactie, rood voor geen reactie.*

Bij deze gegevens is het opvallend dat de buisjes die niet reageren zonder hoek van inval op een afstand van het kneed staan van 38cm en groter. Als de hoek van inval groter wordt, tot de 10 graden, zijn er geen buisjes die niet reageren. Ook niet op afstanden van 45 cm van het kneed. Als de hoek van inval nog groter wordt, boven de 10 graden, zijn er weer buisjes die niet reageren geplaatst op een afstand van 45 cm en groter.

Dit zou betekenen dat bij een kleinere hoek van inval, het vuurwerk met een tube van 15cm reageert op een zwakkere schokgolf, dan wanneer de hoek van inval groter is. Dit wordt bevestigd door de theorie van Borgers en van den Heuvel. [7]




Afb. 5-5 De grafiek van buisjes met een tube van 8cm. Hierin staat de FT –PE uitgezet tegen de hoek van inval. Rood staat voor een reactie, blauw voor geen reactie.

Bij deze gegevens is het opvallend dat de buisjes die niet reageren bij een lage hoek van inval op een afstand van het kneed staan van 45cm en groter. Als de hoek van inval groter wordt, boven de 10 graden, zijn de buisjes die niet reageren geplaatst op een afstand van 38 cm en groter.

Dit zou betekenen dat bij een kleinere hoek van inval, het vuurwerk met een tube van 8cm reageert op een zwakkere schokgolf, dan wanneer de hoek van inval groter is. Dit wordt bevestigd door de theorie van Borgers en van den Heuvel. [7]

### 5.4 Plaatsing van het slagpijpje

In de proef VW 2005-11-02 / 2 gebeurde er iets opmerkelijks.

| Name | no. | FT - PE | Z | Angle | Bl. Cap | Aimed | Reaction | What reaction |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VW 2005-11-02 / 2 | b1 | 57,00 | 0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 2 | b2 | 59,50 | 0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 2 | b3 | 62,00 | 0 | 0,00 | F | N | Y | Reaction, Projection |
| VW 2005-11-02 / 2 | b4 | 64,50 | 0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction, Loose powdertube |
| VW 2005-11-02 / 2 | b5 | 67,00 | 0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |

Een buisje reageerde, terwijl de andere eromheen niet reageerden. Zelfs degene die dichter bij het kneed waren geplaatst reageerden niet. Naderhand bleek dat het reagerende buisje in het verlengde lag van de richting waarin het slagpijpje in het kneed is geplaatst.

De schokgolf in het verlengde van de richting van het slagpijpje is sterker dan in andere richtingen. Dat dit nog effect heeft op een afstand ban 62cm is verrassend. Verondersteld werd dat de schokgolf dan in alle richtingen al homogeen was. In deze test was dit waarschijnlijk niet het geval en daarom reageerde buisje 3 op de versterkte schokgolf in zijn richting.

### 5.5 Vergelijking met onderzoek Jacobs en Leertouwer

Jacobs heeft proeven gedaan met hetzelfde vuurwerk als in dit onderzoek, Happy Stars. Daar is kneed op een afstand van 46,5 en de 60,5 cm van het vuurwerk met een tube van 15cm gehangen onder een hoek van tussen de 0 en de 25 graden. Er treden vuurwerk reactie op. Dit komt overeen met de afstanden bij dit onderzoek. In het onderzoek van Jacobs staat niet beschreven welke buisjes uit de doos vuurwerk wel en niet reageerde waardoor er geen vergelijking kan worden gemaakt voor wat betreft de hoek van inval.

Omdat de gegevens van Leertouwers proeven met de ringconstructie vrijwel overeenkomstig waren met de gegevens uit dit onderzoek zijn deze toegevoegd aan de vorige analyses om een completer beeld te schetsen. Een onderlinge vergelijking van deze twee gegevenssets laat zien dat de afstanden op elkaar aansluiten en dat de grenswaarden van beide onderzoeken ook dicht bij elkaar liggen.

### 5.6 Reactie afgaand vuurwerk op schokgolf

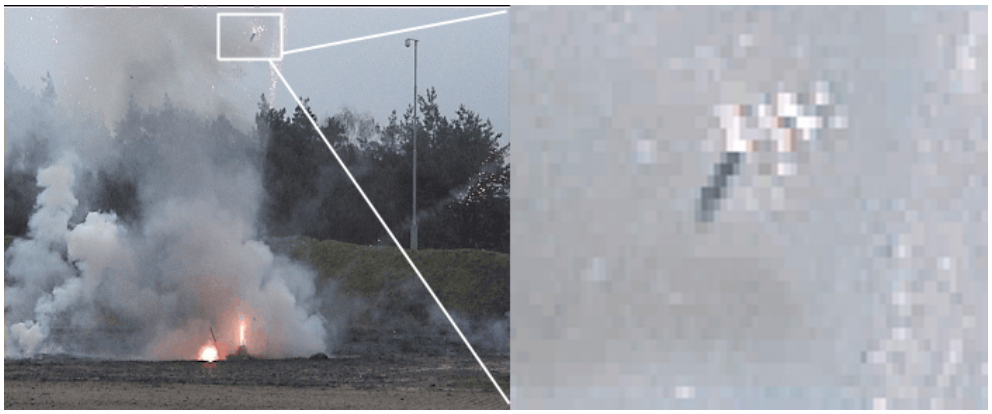
Volgens de theorie in CHAF WP4 kan een stimulus het pyrotechnisch mengsel gevoeliger maken voor een andere stimulus. [13] Doordat het vuurwerk afgaat is deze onderhevig aan de stimulus hitte. Hierdoor zou het vuurwerk gevoeliger kunnen zijn voor een schokgolf.

De resultaten van de eerste test geven aan dat er een versnelling is van het aantal schoten dat uit het artikel komt. De buisjes stonden tussen de 0,5 en 0,9 m van het kneed onder een hoek van tussen de 38 en 67 graden. Proeven in dit onderzoek hebben aangetoond dat het onwaarschijnlijk is dat de buisjes direct, dus zonder tweede stimulus, reageren op een schokgolf met een piekoverdruk behorende bij deze afstanden. Doordat dit vuurwerk al aan het afgaan was, kan het zijn dat doordat de stimulus hitte al aanwezig is, de buisjes toch reageerden op de schokgolf en dat het effect een versnelling van het aantal schoten was. Het kan echter ook niet uitgesloten worden dat de versnelling een gevolg is van het onregelmatige ritme van de schoten en dat de versnelling slechts aan toeval te wijten is.

Bij de tweede proef stond het kneed dichter op de buisjes. De buisjes stonden tussen de 0,38 en 0,68m van het kneed onder een hoek van tussen de 28 en 58 graden. Proeven in dit onderzoek hebben hier aangetoond dat buisjes wel direct, dus zonder tweede stimulus, reageren op een schokgolf met een piekoverdruk behorende bij deze afstanden. Dat is ook te zien op de beelden waar meerdere buisjes reageren op een schokgolf. Doordat de

constructie niet bestand is tegen een dergelijke schokgolf, werden de buisjes alle kanten op geblazen. Hierbij zaten zowel buisjes die reageerden op de schokgolf als buisjes die niet reageerden op de schokgolf. De buisjes die niet werden weggeblazen gingen gewoon verder af zonder te reageren op de schokgolf.

Als deze bevindingen vergeleken worden met een test van Jacobs [3], waar soortgelijke effecten optraden, kan gesteld worden dat het afgaan van het vuurwerk terwijl deze wordt getroffen door een schokgolf, niet zorgt voor een extra grote reactie.



Afb. 5.6 Een buisje wordt meter hoog de lucht in geworpen door de explosie

**5.6 Constructie**

Hieronder zullen de bevindingen van de constructie zoals vermeld in hoofdstuk 4 worden geanalyseerd en vertaald naar constructieve fouten in de constructie. Zodat deze als basis kunnen dienen voor het ontwerpen van een nieuw ontwerp.

Het instellen van de constructie neemt teveel tijd in. Het instellen gebeurd middels het handmatig verdraaien van moeren en vleugelmoeren, over een draadeind dat door de weersomstandigheden verslechterd is. Op deze wijze kunnen de instellingen tot op de millimeter nauwkeurig worden bepaald. Dit weegt echter niet op tegen de tijd die het kost de potten in te stellen. Dus zal er gekozen moeten worden voor een onnauwkeurigere, maar snellere methode.

De constructie was moeilijk recht te plaatsen door de ongelijke grond. Doordat de poten niet apart verstelbaar zijn is dit lastig op te lossen. De nieuwe constructie moet verstelbare poten hebben.

De potten buigen naar beneden door de schokgolf van boven. De verticale krachten op de potten kunnen niet worden opgevangen en worden momenten op het punt waar het draadeind de binnenste ring in gaat. Hier is het draadeind gaan buigen, waardoor de potten zijn gaan hangen. Door de verticale krachten of momenten beter op te vangen moet dit voorkomen worden.

De vuurwerkstukken zitten opgesloten in de potten, waardoor de schokgolf die langs het vuurwerk maar in de potten gaat, hoger is dan normaal. Door een systeem te ontwikkelen waarbij de buisjes worden vastgehouden zonder opsluiting wordt dit voorkomen.

De constructie is niet stijf genoeg. Door een tekort aan steunpunten en materiaal van onvoldoende sterkte in de opstelling is er buiging opgetreden waardoor de nauwkeurigheid van instellen is verslechterd.

# 6 Conclusie en aanbeveling

## 6.1 Conclusie

### 6.1.1 Centrale vraagstelling

*‘Wat is de gevoeligheid van vuurwerk op de ontsteking door een schokgolf?’*

Naar aanleiding van eerder en eigen onderzoek zijn er een aantal factoren gevonden die onderzocht zijn om vast te stellen in hoeverre deze invloed hebben op de gevoeligheid van vuurwerk op een schokgolf. Deze gevoeligheid zal dan ook worden omschreven als de invloed van de verschillende factoren op de reactie van vuurwerk op een schokgolf.

Ten eerste is gebleken dat het wel of niet reageren van vuurwerk afhangt van de sterkte van de schokgolf. De exacte gevoeligheid van deze factor is nog onduidelijk, omdat er een grillig beeld ontstaat over wanneer een stuk vuurwerk wel of niet reageert. Uit de proeven bleek dat vrijwel al het vuurwerk reageert bij een schokgolf met een piekoverdruk van 4400kPa of hoger. Dit komt overeen met een afstand van 35cm vanaf het kneed gebruikt in dit onderzoek. De plaatsing van het slagpijpje heeft invloed op de sterkte van de schokgolf. Daarom is dit ook een factor die invloed heeft op de gevoeligheid van vuurwerk.

Daarnaast heeft de lengte van de tube invloed op de gevoeligheid van vuurwerk. Door de tube expandeert de schokgolf nog maar in een richting, hierdoor is de afname van de piekoverdruk veel minder sterk dan zonder tube en zal dus een sterkere schokgolf het pyrotechnisch mengsel bereiken.

De gevoeligheid van vuurwerk hangt ook af van de hoek van inval van de schokgolf. Door tegenstrijdige resultaten bij de testen van vuurwerk met tubes van 15 en 8 centimeter is het onduidelijk of het vuurwerk gevoeliger of juist ongevoeliger is bij een grotere hoek van inval. Uit dit onderzoek blijkt dat de reactie wordt beïnvloed door de hoek van inval.

Bij de testen waarbij afgaand vuurwerk werd belast met een schokgolf, bleek dat de extra stimulus hitte in het vuurwerk geen invloed had op de gevoeligheid van het vuurwerk op een schokgolf.

Als antwoord op de centrale vraag kan er geconcludeerd worden dat de gevoeligheid van vuurwerk afhankelijk is van meerder factoren. Van de factoren die onderzocht zijn in dit onderzoek blijkt de sterkte van de schokgolf, de lengte van de tube en de hoek van inval invloed te hebben op de gevoeligheid.

### 6.1.2 Deelvragen

*‘Hoe wordt de gevoeligheid van vuurwerk op de ontsteking door een schokgolf bepaalt?’*

De gevoeligheid van vuurwerk kan worden bepaald worden door middels literatuurstudie en experimenten tot parameters te komen die verband houden met de experimenten naar vuurwerk. Deze factoren kunnen dan apart getest worden om zo een duidelijker beeld te krijgen naar de invloed die de betreffende factor heeft op de reactie van het vuurwerk op een schokgolf. Als alle factoren in kaart zijn gebracht kan er een uitspraak gedaan worden over de gevoeligheid van vuurwerk op de ontsteking door een schokgolf voor deze factoren.

*‘Welke factoren spelen er naast de reflected impulse een rol?’*

De factoren gevonden in eerder en eigen onderzoek zijn:

- grenswaarde waarop het vuurwerk met verschillende tubelengtes nog net reageert op een schokgolf
- effect van een tube op de gevoeligheid van vuurwerk op een schokgolf
- effect van de hoek van inval van een schokgolf op de gevoeligheid van vuurwerk
- plaatsing van het slagpijpje
- de reactie van afgaand vuurwerk op een schokgolf
- opstelling

*‘Welk model toets de gevoeligheid van vuurwerk?’*

Het model dat de gevoeligheid van vuurwerk op de ontsteking door een schokgolf toets moet iets zeggen over de betrouwbaarheid van de stelling, dus hoeveel procent van het geteste vuurwerk hieraan voldoet. Daarnaast moet het aangeven onder welke omstandigheden het vuurwerk voldoet aan de stelling. In dit onderzoek is er gekeken naar een aantal gekozen factoren, het model moet dus een uitspraak doen over deze factoren.

Het model opgesteld in dit onderzoek combineert dit door de volgende opbouw:

‘[A]% van de vuurwerkbuisjes met tube lengte [B] reageert bij een schokgolf van [C] kPa die invalt onder een hoek van [D] graden’

Door dit model in te vullen naar de omstandigheden van de gekozen resultaten kan er een uitspraak gedaan worden over de gevoeligheid van vuurwerk.

*‘Wat is de aard van de optredende reacties?’*

Naar aanleiding van literatuurstudie en de analyse van de proeven kan de aard van de reacties worden teruggevonden in een massa-explosie. De ontstekingsmechanismen van een massa-explosie zijn te verdelen in propagatie reactie en een sympathische reactie[7]. Beide zijn terug te vinden in de optredende reacties van het vuurwerk in dit onderzoek.

De schokgolf veroorzaakt door het kneed zorgt ervoor dat er een sympathische reactie ontstaat in het vuurwerk. Deze reactie kan de vorm hebben van een detonatie of een deflagratie, wederom komen beide voor in de reacties van het vuurwerk in dit onderzoek. Er zijn projecties zichtbaar die vrijwel gelijk vallen met het exploderende kneed. Dit wordt veroorzaakt doordat het kruit in het buisje sympathisch detoneert, met name het kruit in deel E van het buisje (zie paragraaf 2.4.2) lijkt hiervoor gevoelig. Daarnaast zijn er ook projecties en reacties te zien van vuurwerk waarbij het kruit in de buisjes sympathisch deflagreerd. Met name deel D van het buisje lijkt hiervoor gevoelig.

Naast een sympathische reactie ontstaan er ook propagatie reacties. Het kruit dat door een sympathische reactie deflagreerd, kan een ander deel ontsteken. Dit is goed te zien bij de delen D en E van het buisje. E deflagreert en ontsteekt vervolgens deel D. Ter illustratie:

Afb. 6-1deel E deflagreert … Afb. 6-2 en ontsteekt deel D dat explodeert

De ontsteking van het pyrotechnisch mengsel door de schokgolf komt door adiabatische compressie, waarbij door de wrijving tussen de korrels en de compressie van de lucht in de loze ruimte tussen de korrel de temperatuur zodanig stijgt dat het vuurwerk gaat reageren [7].

*‘Wat is een geschikte test setting inclusief opstelling voor de testen naar de gevoeligheid van vuurwerk?’*

De basis van een geschikte test setting ligt in een goede opstelling. De opstelling moet ervoor zorgen dat de omstandigheden beheersbaar en reproduceerbaar zijn. Daarnaast moet een opstelling op zo’n wijze gebouwd zijn dat onnauwkeurigheid wordt voorkomen. In de aanbevelingen staat het ontwerp van een nieuwe constructie die de gevonden problemen in deze test serie voorkomt.

Naast de constructie moet ook de overige omstandigheden zoals schokbron en type vuurwerk beheersbaar zijn. Door kneed en vuurwerk te gebruiken wat universeel wordt gebruikt, kan in een eventueel vervolg onderzoek de settings opnieuw worden gecreëerd.

### 6.1.3 Beschouwing van de hypothesen

1) ‘*het vuurwerk zal alleen reageren op een schokgolf met een piekoverdruk hoger dan 3000 kPa*’

Deze hypothese wordt verworpen. Bij de proeven met buisjes zonder tube zijn er stukken vuurwerk die reageren bij veel lagere kPa, de laagste bij 2300 kPa (VW 2005-11-02 / 4)

2) ‘*de tube werkt als een schokbuis, de piekoverdruk zal alleen afnemen door de wrijving met de wand van de tube*’

Deze hypothese wordt voor zover bevestigd dat bij een buisje met een tube de afname van de piekoverdruk veel minder sterk dan zonder tube. Er waren te weinig gegevens beschikbaar om een uitspraak te doen over de afname door wrijving met de wand.

3) ‘*de reactie van afgaand vuurwerk door een invallende schokgolf is groter dan die bij niet afgaand vuurwerk*’

Hypothese 3 wordt verworpen, er is geen aanwijzing in de resultaten dat deze reactie wordt versterkt door het afgaan van het vuurwerk.

4) ‘*de gevoeligheid van vuurwerk voor een schokgolf neemt af naarmate de hoek van inval groter wordt*’

Deze hypothese geld niet in alle gevallen. Ondanks dat er geen heel duidelijk beeld zichtbaar wordt van de effecten van de hoek van inval, kwamen er twee tegenstrijdige patronen naar voren. De een bevestigd de hypothese, de ander verwerpt deze.

5) *‘Er is een patroon in de gevoeligheid van vuurwerk op de hoek van inval van de schokgolf, hierbij is vuurwerk minder gevoelig als de hoek van inval rond de 10 graden is*’

Het is nog onduidelijk of deze hypothese bevestigd wordt dan wel verworpen moet worden. Dat er een patroon zichtbaar is, is zeker. Welke vorm het patroon aan gaat nemen is nog onduidelijk en dient verder onderzocht te worden.

## 6.2 Aanbevelingen

### 6.2.1 Onderzoek

Aan het einde van dit onderzoek bleven er nog een aantal vragen onbeantwoord. Om een volledig beeld te krijgen over de gevoeligheid van vuurwerk op een schokgolf dienen deze nader onderzocht te worden.

Het is nog onduidelijk welk kruit, welke reactie geeft. Er zijn in dit onderzoek aannames gedaan naar de werking van de verschillende soorten kruit. Deze dienen bevestigd te worden met een proef waarbij het kruit uit het vuurwerk wordt gescheiden en apart wordt ontstoken.

Er zijn nog onvoldoende gegevens gegenereerd om een harde uitspraak te doen over het effect van de hoek van inval op de gevoeligheid van vuurwerk op een schokgolf. Dat er een invloed is, is wel geconstateerd. Er zijn echter te weinig gegevens beschikbaar om precies aan te geven welk verband er is tussen de hoek van inval en het reageren van het vuurwerk.

Gebleken is dat de tube de schokgolf versterkt en dus een factor is in de gevoeligheid van het vuurwerk. Tot nu toe zijn er alleen testen gedaan met een tube van 15, 8 en 0 cm. Het zou meer inzicht geven in de invloed van de tube als deze in een vervolgonderzoek verlengt zou worden om te kijken of het effect versterkt wordt.

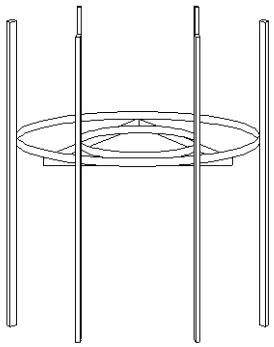
De richting van het slagpijpje in het kneed bleek nog invloed te hebben op grotere afstanden. Dat de blastgolf niet in alle richtingen even sterk is, is essentieel voor het interpreteren van de resultaten. Het zal daarom van belang zijn om te onderzoeken tot op welke afstand het slagpijpje invloed heeft. Met andere woorden op welke afstand de schokgolf homogeen is.

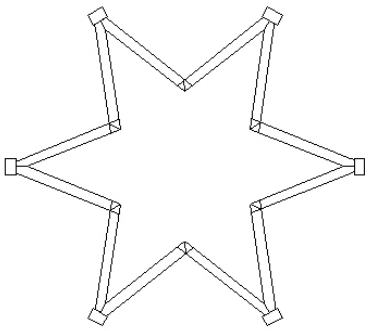
Tenslotte is het niet bekend of er een verband is tussen de massa van het kruit in het vuurwerk en de sterkte van de schokgolf waarop dit nog net reageert. De hypothese daarbij is dat vuurwerk met een hoger kruitgewicht al reageert bij een schokgolf met een lagere piekoverdruk.

### 6.2.2 Constructie

De constructie gebruikt in dit onderzoek vertoonde enkele mankementen. Op basis van de problemen ondervonden tijdens de proeven is een programma van eisen opgesteld voor een nieuwe constructie. Een volledig overzicht van het ontwerpproces staat in bijlage P. Hieronder zal kort een overzicht worden gegeven van het resultaat van dit ontwerpproces.

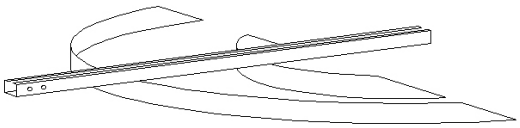
De basis van de opstelling is gelijk gebleven. Door een ringconstructie te gebruiken kan met een schokbron meerdere stukken vuurwerk gelijk worden belast. Er is gekozen voor meer steunpunten zodat de ring minder snel zal vervormen. Daarnaast zal er een driehoek onder de ringen worden gelast die voor extra stijfheid zorgt. Links staat een afbeelding van de staande balken met de ringen en de driehoeken. De steunen die de binnenring dragen en aan de staande balken worden bevestigd zijn hier niet ingetekend. Rechts is een bovenaanzicht te zien van de staande balken met de steunen voor de binnenring.

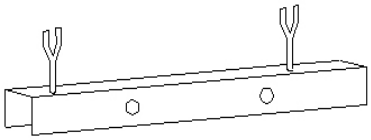




Afb. 6-3 Staande balken plus ring Afb. 6-4 Steunen bovenaanzicht

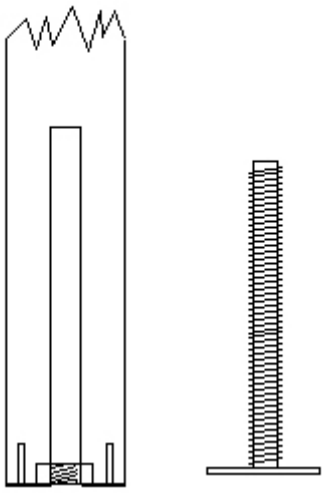
Op de ringen zullen 12 buisprofielen worden gemonteerd. In deze buisprofielen komen gaten waarmee uiteindelijk de houder van het vuurwerk op de juiste afstand kan worden ingesteld. Links staat een voorbeeld van hoe een buisprofiel op de ringen moet worden gemonteerd. Dit voorbeeld heeft slechts 2 gaten, in de werkelijkheid zullen dat er meer moeten zijn zodat de houder op meerdere afstanden instelbaar is. Rechts staat een voorbeeld van de houder. Hier zitten ook gaten in die qua afstand overeenkomen met de gaten in het buisprofiel. Door pennen door het buisprofiel en de houder te steken kan deze op de gewenste afstand worden vergrendeld.





Afb. 6-5 Buisprofiel op ring Afb. 6-6 U-profiel met grijpers

Om de constructie recht te laten staan op ongelijke grond zullen de onderkanten van de staande balken worden gemodificeerd. Er zal een koker in worden geboord, met onderaan een moer die op zijn plaats word gehouden door een plaatje. Door op een voetje een draadeind te lassen kan de voet per staande balk in hoogte worden versteld. Hieronder een overzicht van deze modificatie.



Afb. 6-7 Detail instelbare voet

De geraamde kosten komen op 240€ en de bouwtijd zal ongeveer 9 ½ dag bedragen.

## Referenties:


[1] Eindrapport van de vuurwerkramp
Commissie onderzoek vuurwerkramp / Commissie Oosting
28 februari 2001

[2] Eindrapport Onderzoek naar de vuurwerkramp in Enschede
Bas van den Heuvel / Dave Boers
27 februari 2001

[3] Schokkend vuurwerk
M.A.M. Jacobs
April 2005

[4] Regeling Nadere eisen aan vuurwerk 2004
Regeling van de Staatssecretaris van VROM
20 februari 2004

[5] CONWEP
TM 5-855-1
20 augustus 1992

[6] Collegedictaat: Pyrotechniek en Beschermingsconstructies
TNO Prins Maurits Laboratorium
29 september 2001

[7] Rapport: Schokinitiatie van vuurwerk
Jody Borgers / Bas van den Heuvel
Oktober 2004

[8] Exacte wetenschap – wikipedia
http://wikipedia.nl

[9] Karl Popper – wikipedia
http://wikipedia.nl

[10] Falsifieerbaarheid – wikipedia
http://wikipedia.nl

[11] Recommendations on the transport of dangerous goods
United Nations
2005

[12] http://www.chaf.info
16-01-2005

[13] CHAF WP4 report:
Literature review of fireworks compositions, propagation mechanism, storage legislation and environmental effects.
A. von Oertzen e.a.
Juni 2003

[14] Cakedoos onder de loep
S.T. Leerouwer
2005

[15] Dictaat: Constructieve Bouwkunde
T. Hommel
September 2001

# Bijlagen

- Bijlage A Samenstelling Kneed
- Bijlage B Samenstelling Slagpijpje
- Bijlage C Samenstelling Vuurkoord
- Bijlage D Samenstelling Vuurwerk
- Bijlage E Uitleg resultatentabel
- Bijlage F Resultaten Leertouwer
- Bijlage G Berekening Testdag 2 november
- Bijlage H Resultaten Testdag 2 november
- Bijlage I Analyse Testdag 2 november
- Bijlage J Resultaten Springdag 5 december
- Bijlage K Analyse Springdag 5 december
- Bijlage L Berekeningen Springdag 20 december
- Bijlage M Resultaten Springdagen 20 december
- Bijlage N Analyse Springdagen 20 december
- Bijlage O Internetpagina’s
- Bijlage P Ontwerp nieuwe constructie

**Bijlage A Samenstelling Kneed**



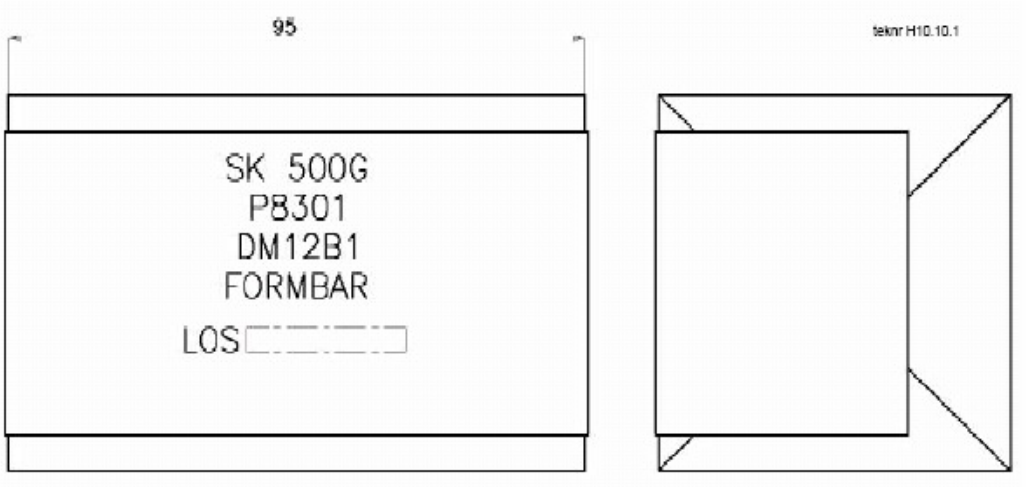
**Kneedspringstofblokje DM12B1 500 g**

| | |
|---|---|
| NOV-code | : 6371 |
| NOV | : 1375-17-M643 |
| NOV-benaming | : CHG DEM 500 G PLASTIC EXPL |
| Benaming | : CHARGE, DEMOLITION: DM12B1, 500 G (PLASTIC EXPLOSIVE) |

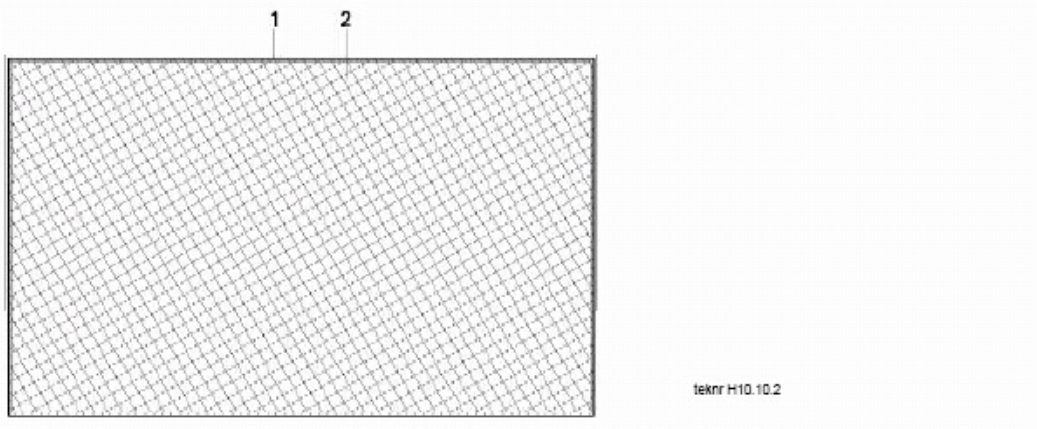
foto 1 Kneedspringstofblokje DM12B1 500 g

| Titel: | Versie/Status/datum: | Vastgesteld door/datum: | XPCOT-nr: |
|---|---|---|---|
| Kneedspringstofblokje DM12B1, 500 g | 1.1, Definitief, 28 oktober 2005 | HM I&T, 28 oktober 2005 | MUAD005/57969 |

VS 9-855
H10.10
Bladzijde 2 van 4




afb 1 aanzicht




afb 2 doorsnede

1 *kunststof/aluminium wikkel*
2 *kneedspringstof*

| Titel: | Versie/Status/datum: | Vastgesteld door/datum: | KPOST-nr: |
|---|---|---|---|
| Kneedspringstofblokje DM12B1, 500 g | 1.1, Definitief, 26 oktober 2005 | Hfd I&T, 26 oktober 2005 | MUN2005/57989 |

## 1 Gebruik/doel

Het kneedspringstofblokje DM12B1, 500 g wordt gebruikt voor vernielingsdoeleinden.

## 2 Samenstelling/beschrijving

Het kneedspringstofblokje DM12B1, 500 g bestaat uit kneedbaar pentriet. Het blokje komt in gebruik en samenstelling overeen met het kneedspringstofblokje nr 6, 500 g, met dien verstande dat hier de kneedspringstof roze gekleurd is en dat de maatvoering van het blokje iets afwijkend is. De kneedspringstof is verpakt in groene aluminium verpakkingsfolie die de springstof beschermt tegen externe invloeden, zoals inwerking van vocht, oliën en vetten. Om de folie heen is een geweven kleefband aangebracht waarop de merken zijn vermeld.

## 3 Technische gegevens

*Afmetingen*
Lengte.....95 mm
Breedte.....62 mm
Hoogte.....58 mm

*Massa*
- kneedspringstofblokje DM12B1.....500 g

*Merkwijze/herkenning*
Grondkleur.....roze
Aluminium wikkel.....groen

*Samenstelling*
Minimaal .....86% pentriet
Maximaal .....13% siliconenweekmaker
Maximaal..... 1% metaalzeep

## 4 Werking

Kneedspringstof is in iedere gewenste vorm te kneden.
Ingeleid door b.v. slagsnoer, een slagpijpje of een verbindingsplug vernieling nr 24-serie zal het tot volledige detonatie komen.

## 5 Uitwerking

De detonatie van het kneedspringstofblokje zorgt voor vernieling van (een deel van) het object waarop het is aangebracht.

## 6 Veiligheidsaspecten

Dit artikel geeft geen aanleiding tot specifieke aanwijzingen, anders dan vermeld in punt 9: Verwijzingen.

## 7 Weigeraars/blindgangers

Het kneedspringstofblokje DM12B1 wordt gebruikt in combinatie met ontstekingsmiddelen. Zie de betreffende artikelbeschrijvingen en publikaties vermeld in punt 9: Verwijzingen.

## 8 Specificaties

Geen.

## 9 Verwijzingen

| | |
|---|---|
| IK 9-4 | Visuele inspectiepunten t.a.v. munitieartikelen |
| NC 9-65 | Naam- en Codelijst Munitie en overige Klasse V-goederen. |

| Titel: | Versie/Status/datum: | Vastgesteld door/datum: | XPOST-nr: |
|---|---|---|---|
| Kneedspringstofblokje DM12B1, 500 g | 1.1, Definitief, 26 oktober 2005 | Hfd I&T, 26 oktober 2005 | MUN2005/57989 |

VS 9-855
H10.10
Bladzijde 4 van 4

foto 2 1 kneedspringstofblokje DM12B1 500 g/wikkel

foto 3 50 wikkels/houten kist DM751

NSN : 1375-12-196-3641 (17-M643)
LOTCODE : 6371-02-XXX

| Titel: | Versie/Status/datum: | Vastgesteld door/datum: | KPOST-nr: |
|---|---|---|---|
| Kneedspringstofblokje DM12B1, 500 g | 1.1, Definitief, 26 oktober 2005 | Hfd I&T, 26 oktober 2005 | MUN2005/57989 |

**Bijlage B Samenstelling Slagpijpje**

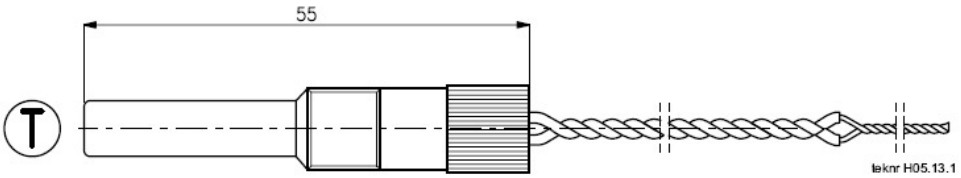
VS 9-855
H05.13
Bladzijde 1 van 8

**Elektrisch slagpijpje DM42**

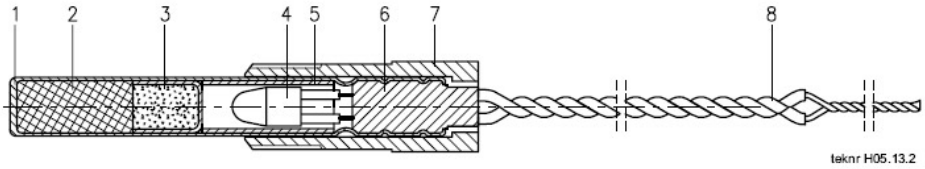
| | |
|---|---|
| NOV-code | : 6912 |
| NOV | : 1375-17-M452 |
| NOV-benaming | : CAP BLAST ELEC |
| Benaming | : CAP, BLASTING: ELECTRIC, DM42 |

foto 1 Electrisch slagpijpje DM 42

| Titel: | Versie/Status/datum: | Vastgesteld door/datum: | XPOST-nr: |
|---|---|---|---|
| Elektrisch slagpijpje DM42 | 1.1, Definitief, 14 januari 2004 | C-MUN, 15 maart 2004 | MUN2004/7145 |




afb 1, aanzicht




afb 2, doorsnede

1 *aluminium huis*
2 *secundaire lading*
3 *primaire lading*
4 *ontsteekpil*
5 *isoleerhuls*
6 *afdichtstop*
7 *opsluitschroef*
8 *stroomdraden ("twistspoed" = 6 cm)*

| Titel: | Versie/Status/datum: | Vastgesteld door/datum: | XPOST-nr: |
|---|---|---|---|
| Elektrisch slagpijpje DM42 | 1.1, Definitief, 14 januari 2004 | C-MUN, 15 maart 2004 | MUN2004/7145 |

## 1 Gebruik/doel

Het elektrische slagpijpje DM42 wordt gebruikt voor het inleiden van vernielingsmiddelen. Dit slagpijpje is de opvolger van het slagpijpje nr 2-serie. Het slagpijpje DM42 is minder gevoelig voor elektromagnetische straling uit de omgeving, vereist om deze reden echter een hogere ontsteekstroom.

## 2 Samenstelling/beschrijving

*Algemeen*
Het elektrische slagpijpje bestaat uit een aluminium huls gevuld met een primaire lading (loodazide), een secundaire lading (geperst pentriet), een ontsteekpil en een afdichtstop. In de ontsteekpil is een gloeidraad met ontsteeksas aanwezig. Aan de ontsteekpil zijn stroomdraden bevestigd.
Aan de buitenzijde is een opsluitschroef aanwezig waarmee het slagpijpje in een vernielingslading vastgezet kan worden.
Het elektrische slagpijpje is voorzien van een isoleerhuls. Deze bevindt zich aan de binnenzijde van het slagpijpje ter hoogte van de ontsteekpil en beveiligt tegen elektrostatische ontladingen naar de huls. Aan de buitenkant, in de bodem van het slagpijpje, is de beginletter "T" van de firma Dynamit Nobel te Troisdorf ingeslagen.

## 3 Technische gegevens

*Afmetingen*
Lengte.....54 mm
Diameter.....6,9 mm
Lengte stroomdraden.....1000 mm
Schroefdraad opsluitschroef.....M10x1

*Massa*
- slagpijpje.....34 g
- primaire springstoflading.....0,30 g
- secundaire springstoflading.....0,55 g

*Merkwijze/herkenning*
Grondkleur.....aluminiumkleurig
Merken.....“T” ingeslagen in de bodem
Kleur stroomdraden.....bronsgroen

*Overige gegevens*
Weerstand.....0,25 - 0,44 Ohm

## 4 Werking

**LET OP!**
**Het elektrische slagpijpje DM42 mag alleen met een daartoe gekwalificeerd ontsteektoestel worden ontstoken (zie hiervoor punt 6, Veiligheidsaspecten).**

*Electrisch circuit impuls*
Het betrouwbaar functioneren van het elektrische slagpijpje DM42 (zowel enkel als in serie geschakeld) wordt gegarandeerd bij een gelijkstroom van 4 Ampère, de ontsteekimpuls dient daarbij minimaal 192 mJ/Ohm te bedragen.
Het elektrische slagpijpje DM42 functioneert niet bij een gelijkstroom kleiner dan 1,2 Ampère.

De elektrische stroom verhit de gloeidraad in de ontsteekpil. Door de warmte ontsteekt het sas waarna achtereenvolgens de primaire en de secundaire lading worden geïnitieerd en het slagpijpje detoneert.

## 5 Uitwerking

De detonatie van het slagpijpje is krachtig genoeg om de gebruikelijke militaire springstoffen in te leiden.

## 6 Veiligheidsaspecten

Er is een lot slagpijpjes DM42 aangetroffen waarbij de ontsteekdraden van enkele slagpijpjes **niet getwist** waren. De gegevens van het betreffende munitielot zijn:
Lotnummer : T 99-5
Lotcode : 6912-01-005
Als bovengenoemd gebrek wordt aangetroffen, moeten de ontsteekdraden **direct** na het openen van de verpakking **alsnog getwist** worden.

- Het elektrische slagpijpje DM42 wordt ontstoken met het gekwalificeerde ontsteektoestel nr 320. De weerstand van het ontsteekcircuit mag daarbij niet hoger dan 60 Ohm zijn.

De output van het ontsteektoestel Shrike MK V /L3A3 (in gebruik bij de KM) is, op basis van een output van nominaal 12 J, geschikt om het elektrische slagpijpje te ontsteken mits de weerstand van het ontsteekcircuit niet meer dan 50 Ohm bedraagt.

De output van het ontsteektoestel MK IV (in gebruik bij de KLu) is op basis van een output van nominaal 48 J, eveneens geschikt om het elektrische slagpijpje te ontsteken mits de weerstand van het ontsteekcircuit niet meer dan 85 Ohm bedraagt.

- De tijd tussen het uitpakken van het elektrische slagpijpje uit de aluminiumfolie en het gebruik ervan dient zo kort mogelijk te zijn.
- Gebruik voor het in-serie-schakelen van het elektrisch slagpijpje het onderstaande verbindingsdraad:
  Enkeladerig elektrisch draad (0,4 mm²)
  NOV-code: 7071
  NSN: 6145-17-005-2815,

- Gebruik de lasklem, NOV-code 7092, voor het maken van de verbindingen. Dit voorkomt het ontstaan van lekstromen. Door het voorkomen van lekstromen zou het aantal weigeraars kunnen verminderen.
  Lasklemmen kunnen worden aangevraagd:
  NOV-code : 7092
  NSN : 5940-17-115-7964 (17-Z821)
  LOTCODE : 7092-02-XXX
  Benaming : SPLICE, CONDUCTOR: BEND-TYPE, INSULATING

- Het in-serie-schakelen van meer dan 5 slagpijpjes is verboden.
- Bij het in-serie-schakelen van slagpijpjes mag de totale lengte van de gebruikte verbindingsdraden (inclusief de aansluitdraden van de slagpijpjes) de 160 m niet overschrijden.
- Het is verboden om elektrische slagpijpjes DM42 uit verschillende lots met elkaar in serie te schakelen.

- Voor het gebruik van het slagpijpje (vanaf het moment dat de aluminium verpakking wordt verbroken, dus hiermee wordt niet bedoeld het transport in de organieke verpakking) in de nabijheid van stralingsbronnen geldt het volgende:

- Het gebruik van het elektrische slagpijpje DM42 tijdens of bij dreigend onweer is niet toegestaan.
- Trek de verbindingsdraden bij het maken van de verbindingen over maximaal 20 cm uit elkaar (aanbeveling).
- Houd verbindingen uit een vochtige omgeving.
- Bij aanwezigheid van onbekende stralingsbronnen dient altijd een veiligheidsafstand van 500 m te worden aangehouden.
- Indien er sprake is van stralingsbronnen conform de specificatie in de tabel (zie blad 5) is de in deze tabel opgenomen veiligheidsafstand van toepassing.
  Er kan sprake zijn van meerdere in gebruikzijnde bronnen uit één bepaalde categorie; in deze situatie mag het totale vermogen van de gebruikte bronnen niet hoger zijn dan het vermogen dat in de tabel bij de betreffende categorie is vermeld. In alle andere gevallen, waarbij tegelijkertijd meerdere bronnen gebruikt worden, is de veilige afstand van minimaal 500 meter van toepassing.

## 7 Weigeraars en blindgangers

*Weigeraar*
- Bij een weigeraar een wachttijd van 5 minuten in acht nemen.
- Daarna nogmaals het elektrische slagpijpje ontsteken.
- Treedt er een nieuwe weigering op, dan de afvuurkabel kortsluiten en wederom een wachttijd van 5 minuten in acht nemen.
- Daarna het elektrische slagpijpje inleveren als geweigerde/beschadigde munitie (KL), of handelen conform de vigerende regelgeving (andere Krijgsmachtdelen).
- Meld de weigeraar conform TB MUN-005 waarbij moet worden aangegeven of de lasklemmen zijn gebruikt (zie punt 6, Veiligheidsaspecten).

*Blindganger*
N.v.t.

## 8 Specificaties

PVE 766912-01 Slagpijpje elektrisch

## 9 Verwijzingen

| | |
|---|---|
| IWK-MUN-6912 | CAP BLAST ELEC |
| NC 9-65 | Naam- en Codelijst munitie en overige klasse V-goederen |
| VS 5-3A | Handboek Geniesoldaat |
| HB 5-77 | Vernielingen met springstof |
| VS 9-842 | Mallen Onveilig Gebied |

**Veiligheidsafstanden**

*Verpakt*: Geen veiligheidsafstand

*Onverpakt*:

| Categorie | Type bron | Frequentiegebied | Maximale vermogen | Minimale afstand |
|---|---|---|---|---|
| A | **HOOGSPANNINGSLEIDINGEN** | - | - | 100 m |
| B | **HF-RADIOS:** | | | |
| | Motorola | 2 - 30 MHz | 50 W | 50 m |
| | Motorola | 2 - 30 MHz | 125 W | 75 m |
| | HF7000 | 2 - 30 MHz | 1000 W | 175 m |
| | HF7000 | 2 - 30 MHz | 400 W | 125 m |
| | HF7000 | 2 - 30 MHz | 125 W | 75 m |
| | HF7000 manpack | 2 - 30 MHz | 150 W | 75 m |
| | HF7000 manpack | 2 - 30 MHz | 20 W | 25 m |
| | KL/MRC-6062 | 2 - 30 MHz | 40 W | 50 m |
| | KL/MRC-6062 | 2 - 30 MHz | 400 W | 125 m |
| | Andere HF-radio's | 1,6 MHz - 25 MHz | 1000 W | 200 m |
| C | **GSM** | | | |
| | GSM | 900 MHz en 1800 MHz | 10 W | 2 m |
| | GSM-mast | 900 - 1800 MHz | 10 W | 10 m |
| D | **PORTOFOON/ MOBILOFOON** | | | |
| | Portofoons/mobilofoons | 66 - 88 MHz<br>138 - 156 MHz<br>440 - 450 MHz | 10 W | 2 m |
| E | **COMBAT NET RADIOS** | | | |
| | FM9000 | 30 - 88 MHz | 40 W | 50 m |
| | FM4600 | 30 - 88 MHz | 45 W | 50 m |
| | FM3600 | 26 - 70 MHz | 45 W | 50 m |
| | FM3610 | 47 - 57 MHz | 1 W | 10 m |
| | Andere Combat net radios | 25 - 80 MHz | 45 W | 100 m |
| F | **RADAR** | | | |
| | PRTL volgradar | 9 GHz | 200 W/138 kW | 25 m |
| | Flycatcher | 8,6 GHz | 220 W/200 kW | 25 m |
| | Wals | 1,2 GHz | 17,4 W/210 W | 25 m |
| | Mortier Opsporingsradar | 9,5 GHz | 260 W/26kW | 75 m |
| | Andere radar | 9 GHz - 10 GHz | 2 MW | 100 m |

tabel 1 Veiligheidsafstanden per stralingsbron

VS 9-855
H05.13
Bladzijde 6 van 8

foto 2 1/kartonnen koker

foto 3 1kartonnen koker/aluminium folie

foto 4 8 folies/kartonnen doos

| Titel: | Versie/Status/datum: | Vastgesteld door/datum: | XPOST-nr: |
|---|---|---|---|
| Elektrisch slagpijpje DM42 | 1.1, Definitief, 14 januari 2004 | C-MUN, 15 maart 2004 | MUN2004/7145 |

**Bijlage C Samenstelling Vuurkoord**



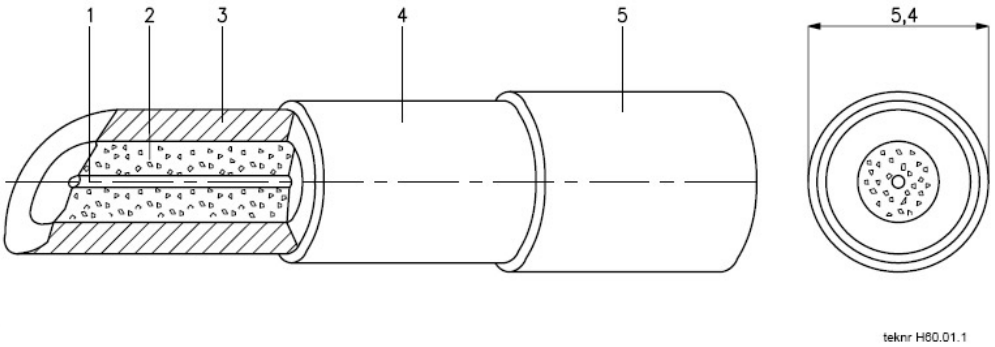
**Vuurkoord**

NOV-code : 6821
NOV : 1375-00-M670
NOV-benaming : FUSE BLAST TIME
Benaming : FUSE, BLASTING, TIME

foto 1 Zwart vuurkoord

foto 2 Bruin vuurkoord

| Titel: | Versie/Status/datum: | Vastgesteld door/datum: | XPOST-nr: |
|---|---|---|---|
| Vuurkoord | 1.0, Definitief, 18 maart 2002 | C-MUN, 26 januari 2004 | MUN2002/1004 |




afb 1 aanzicht

1 *touw*
2 *zwart buskruit*
3 *vlasvezels*
4 *rayondraden*
5 *waterdichte plastic bekleding*

| Titel: | Versie/Status/datum: | Vastgesteld door/datum: | XPOST-nr: |
|---|---|---|---|
| Vuurkoord | 1.0, Definitief, 18 maart 2002 | C-MUN, 26 januari 2004 | MUN2002/1004 |

## 1 Gebruik/doel

Vuurkoord wordt gebruikt om het slagpijpje nr 1 te ontsteken met een gewenste tijdvertraging.

## 2 Samenstelling/beschrijving

*Algemeen*
Vuurkoord bestaat uit een waterdichte mantel en een kern van poedervormig zwart buskruit (zb). De diameter van het vuurkoord is zodanig gekozen dat het past in het slagpijpje nr 1.
De brandsnelheid van het vuurkoord is ca. 1 cm/s.
De benodigde vertragingstijd in seconden kan worden bereikt door een overeenkomstig aantal centimeters vuurkoord te gebruiken.

## 3 Technische gegevens

| GEGEVENS | ZWART VUURKOORD | BRUIN VUURKOORD |
|---|---|---|
| Kleur mantel | zwart | bruin |
| Diameter | 5,4 mm | 5,0 mm |
| Explosieve inhoud | 6 g/m | ca. 6 g/m |
| Brandsnelheid | 1 cm/s | 0,83 cm/s (1 cm/1,2 s) |
| Lotnummers | PRB 59-1 t/m 64-2 | vanaf DN 94-1 en hoger |
| Lotcode | 6821-01-XXX (6821-02-XXX) | 6821-02-XXX |

## 4 Werking

Zie voor voorbereidende handelingen voor gebruik van het vuurkoord:
punt 6, Veiligheidsaspecten.
Het vuurkoord kan met een vlamontsteker of windlucifer worden geïnitieerd. Het vlamfront van het brandende zwart-buskruit plant zich met een constante snelheid voort.
Het moment van ontsteken van het slagpijpje is te beinvloeden door keuze van de lengte van het vuurkoord.

## 5 Uitwerking

De vlam van het vuurkoord is sterk genoeg om een slagpijpje nr 1 tot detonatie te brengen.

## 6 Veiligheidsaspecten

De brandtijd van het vuurkoord moet vóór gebruik gecontroleerd worden op de volgende wijze:
a. 15 cm afsnijden en later vernietigen.
b. 30 cm afsnijden en op brandtijd controleren.

| | zwart vuurkoord | bruin vuurkoord |
|---|---|---|
| Brandtijd vuurkoord | 30 ± 4,5 s | 36 ± 1,5 s |

Wordt een brandtijd gemeten die buiten de toleranties ligt dan mag de rol vuurkoord niet worden gebruikt. Indien het vuurkoord is beschadigd (b.v. doordat het met gewichten is vastgezet of doordat men er overheen heeft gelopen) kan de brandtijd aanzienlijk korter zijn. Het vuurkoord mag dan niet gebruikt worden.
De lengte van het te gebruiken stuk vuurkoord moet zodanig zijn dat de brandtijd ruimschoots voldoende is om de dekking te bereiken.
Aangezien zwart-buskruit vocht aantrekt dienen open uiteinden steeds met sluitlak (NOV-code 7101) te worden afgesloten.
Beschadigd vuurkoord en/of vuurkoord dat buiten de toleranties ligt moet vernietigd worden.

## 7 Weigeraars en blindgangers

*Weigeraar*
Bij een weigeraar dient een wachttijd van 30 minuten in acht te worden genomen.

*Blindganger:*
N.v.t.
Zie verder de publikaties vermeld in punt 9: Verwijzingen.

## 8 Specificaties

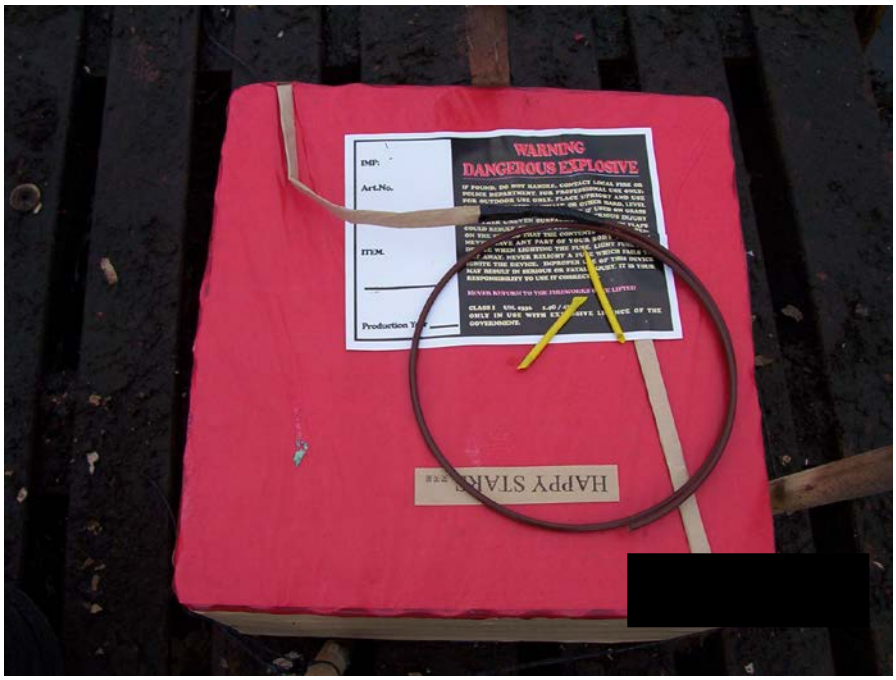
TVA 1375-2-276-001 Vuurkoord (op rol van 10 m)

## 9 Verwijzingen

| | |
|---|---|
| HB 5-77 | Vernielingen met springstof |
| IWK-MUN-6821 | FUSE BLAST TIME |
| NC 9-65 | Naam- en Codelijst munitie en overige klasse V-goederen |
| VS 5-3A | Handboek Geniesoldaat |
| VS 9-845 | Munitie Algemeen |

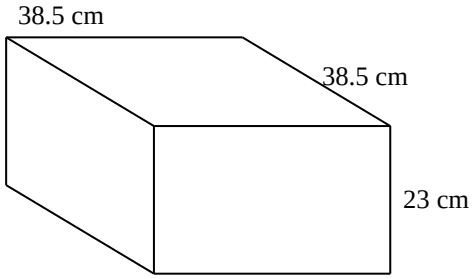
**Bijlage D Samenstelling Vuurwerk**

Het vuurwerk gebruikt bij deze testen is Happy Stars van S.E. Fireworks



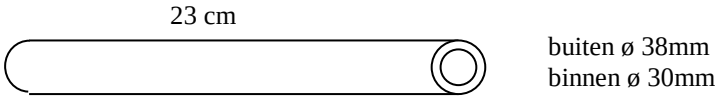

Hier afgebeeld met een vertragend vuurkoord.

De afmetingen zijn:

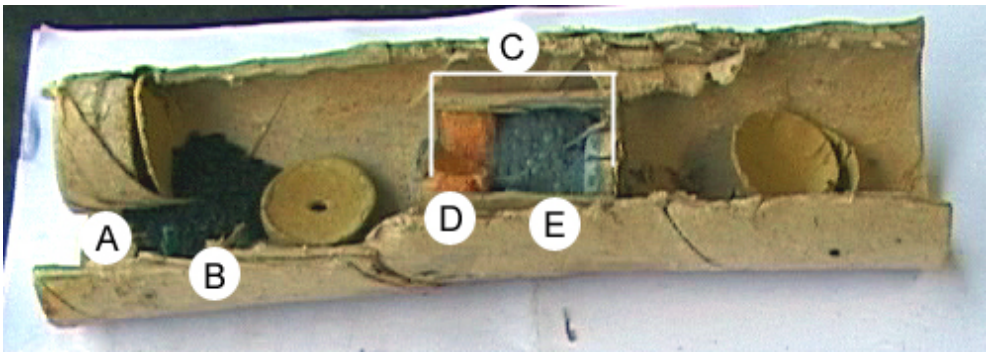



In een doos happystars zitten 100 buisjes, 10 rijen van 10.

De afmetingen van een buisje zijn:



De opbouw van de buisjes is als volgt:




F) Onder in het buisje zit een stop van geperst materiaal
G) vrij grootkorrelig (1mm) zwart kruit.
H) De kruitkoker
I) Samengeperst pyrotechnisch mengsel met rode kleur
J) Kruit met bolletjes

Werking:

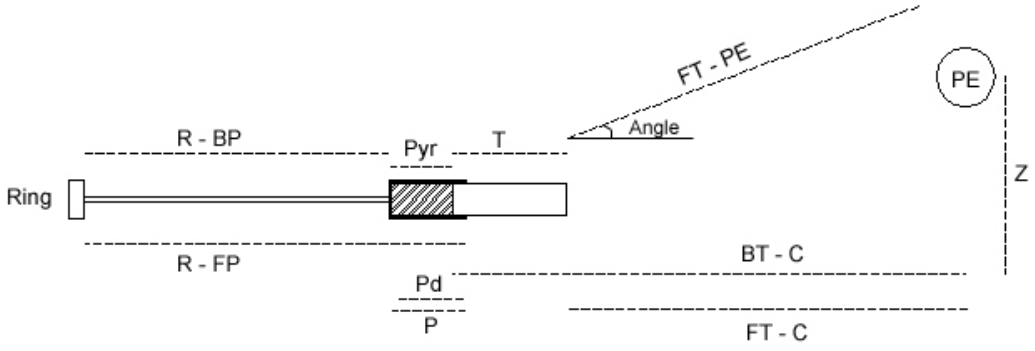
Door het lont wordt het zwarte kruit ontstoken, deze schiet  de kruitkoker de lucht in. Gelijk met het ontsteken van het zwarte kruit ontbrand het rode mengsel, deze brand langzaam op in ongeveer 2 seconden. Als de ontbranding bij het kruit met bolletjes is aangekomen, zal het kruit exploderen en de bolletjes alle kanten opschieten. De bolletjes zullen met een korte vertraging voor een kleine explosie zorgen, deze is terug te zien als de knetterende lichtflitsen.

**Bijlagen E Uitleg resultatentabel**

In de tabel zijn de waarden van leertouwer opgenomen zodat er meer data beschikbaar zijn. Hieronder de legenda:

| **Legenda:** | |
|---|---|
| Name | Name of the test |
| no. | Number of the tube |
| Constr. | Type of construction used |
| P | Length of pot |
| Pd | Depth of pot |
| R - BP | Distance Ring - Back of the pot |
| R - FP | Distance Ring - Front of the pot |
| Pyr. | Length of pyrotechnic substance |
| T | Length of tube |
| BT - C | Distance Back Tube - Centre |
| FT - C | Distance Front Tube - Centre |
| FT - PE | Distance Front Tube - Plastic Explosive |
| Z | Distance Centre - Plastic Explosive (vertical) |
| Check | Check of the distances |
| Angle | Angle of the shockwave on the tube |
| Bl. Cap | Direction in wich the blasting cap was placed |
| Aimed | Pots aimed at plastic explosive or not |
| Reaction | Did a reaction occured |
| What Reaction | What kind of reaction |

Overzicht van de afstanden in de constructie:




Uitleg opstellingen
L1 = houten opstelling zoals Leertouwer gebruikt.
L2 = Ringopstelling zoals Leertouwer gebruikt.
dS = Ringopstelling zoals de Sain gebruikt
dSwf = Ringopstelling zoals de Sain gebruikt zonder vuurwerk.

*Omrekenen van Leertouwer naar de Sain:*

| Leertouwer | De Sain |
|---|---|
| Dist Ring cm | R - BP |
| Dist S-F cm | BT – C |
| Vb. 20050608-02-08 | VW 2005-06-08 / 2 b8 |

**Bijlage F Resultaten Leertouwer**

| Name | no. | Constr. | P | Pd | R - BP | R - FP | Pyr. | T | BT - C | FT - C | FT - PE | Z | Check | Angle | Bl. Cap | Aimed | Reaction | What reaction |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VW 2005-06-07 / 1 | b1 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 136 | 121 | 121,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 1 | b2 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 123 | 108 | 108,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 1 | b3 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 107 | 92 | 92,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 1 | b4 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 100 | 85 | 85,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 1 | b5 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 112 | 97 | 97,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 1 | b6 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 129 | 114 | 114,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 1 | b7 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 117 | 102 | 102,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 1 | b8 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 112 | 97 | 97,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 1 | b9 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 97 | 82 | 82,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 1 | b10 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 110 | 95 | 95,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 2 | b1 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 136 | 121 | 121,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 2 | b2 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 123 | 108 | 108,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 2 | b3 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 107 | 92 | 92,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 2 | b4 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 100 | 85 | 85,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 2 | b5 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 112 | 97 | 97,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 2 | b6 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 129 | 114 | 114,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 2 | b7 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 117 | 102 | 102,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 2 | b8 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 112 | 97 | 97,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 2 | b9 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 97 | 82 | 82,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-07 / 2 | b10 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 110 | 95 | 95,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-08 / 1 | b1 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 126 | 111 | 111,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-08 / 1 | b2 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 110 | 95 | 95,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-08 / 1 | b3 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 102 | 87 | 87,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-08 / 1 | b4 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 103 | 88 | 88,00 | 0 | - | - | U | unkn | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-06-08 / 1 | b5 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 111 | 96 | 96,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction, Loose Powdertube |
| VW 2005-06-08 / 1 | b6 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 128 | 113 | 113,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-08 / 1 | b7 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 111 | 96 | 96,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-08 / 1 | b8 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 98 | 83 | 83,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction, Loose Powdertube |
| VW 2005-06-08 / 1 | b9 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 90 | 75 | 75,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction, Loose Powdertube |
| VW 2005-06-08 / 1 | b10 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 101 | 86 | 86,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-06-08 / 1 | b11 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 119 | 104 | 104,00 | 0 | - | - | U | unkn | N | No Reaction, Loose Powdertube |
| VW 2005-06-08 / 2 | b1 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 129 | 114 | 114,00 | 0 | - | - | U | unkn | - | - |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VW 2005-06-08 / 2 | b2 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 113 | 98 | 98,00 | 0 | - | - | U | unkn | - | - |
| VW 2005-06-08 / 2 | b3 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 105 | 90 | 90,00 | 0 | - | - | U | unkn | - | - |
| VW 2005-06-08 / 2 | b4 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 106 | 91 | 91,00 | 0 | - | - | U | unkn | - | - |
| VW 2005-06-08 / 2 | b5 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 113 | 98 | 98,00 | 0 | - | - | U | unkn | - | - |
| VW 2005-06-08 / 2 | b6 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 130 | 115 | 115,00 | 0 | - | - | U | unkn | - | - |
| VW 2005-06-08 / 2 | b7 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 114 | 99 | 99,00 | 0 | - | - | U | unkn | - | - |
| VW 2005-06-08 / 2 | b8 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 97 | 82 | 82,00 | 0 | - | - | U | unkn | - | - |
| VW 2005-06-08 / 2 | b9 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 89 | 74 | 74,00 | 0 | - | - | U | unkn | - | - |
| VW 2005-06-08 / 2 | b10 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 90 | 75 | 75,00 | 0 | - | - | U | unkn | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-06-08 / 2 | b11 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 98 | 83 | 83,00 | 0 | - | - | U | unkn | - | - |
| VW 2005-06-08 / 2 | b12 | L1 | - | - | - | - | 8 | 15 | 116 | 101 | 101,00 | 0 | - | - | U | unkn | - | - |
| VW 2005-07-19 / 1 | b1 | L2 | 10,5 | 9,5 | 40 | 50,5 | 8 | 15 | 51 | 36 | 36,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-07-19 / 1 | b2 | L2 | 10,5 | 9,5 | 35 | 45,5 | 8 | 15 | 56 | 41 | 41,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-07-19 / 1 | b3 | L2 | 10,5 | 9,5 | 30 | 40,5 | 8 | 15 | 61 | 46 | 46,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | - | - |
| VW 2005-07-19 / 1 | b4 | L2 | 10,5 | 9,5 | 25 | 35,5 | 8 | 15 | 66 | 51 | 51,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction, Tube Damaged |
| VW 2005-07-19 / 1 | b5 | L2 | 10,5 | 9,5 | 20 | 30,5 | 8 | 15 | 71 | 56 | 56,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | - | - |
| VW 2005-07-19 / 1 | b6 | L2 | 10,5 | 9,5 | 5 | 15,5 | 8 | 15 | 86 | 71 | 71,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | unkn | unknown |
| VW 2005-07-19 / 1 | b7 | L2 | 10,5 | 9,5 | 15 | 25,5 | 8 | 15 | 76 | 61 | 61,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction, Loose Powdertube |
| VW 2005-07-19 / 1 | b8 | L2 | 10,5 | 9,5 | 10 | 20,5 | 8 | 15 | 81 | 66 | 66,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction, Loose Powdertube |
| VW 2005-07-19 / 1 | b9 | L2 | 10,5 | 9,5 | 15 | 25,5 | 8 | 15 | 76 | 61 | 61,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction, Loose Powdertube |
| VW 2005-07-19 / 1 | b10 | L2 | 10,5 | 9,5 | 20 | 30,5 | 8 | 15 | 71 | 56 | 56,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | - | - |
| VW 2005-07-19 / 1 | b11 | L2 | 10,5 | 9,5 | 25 | 35,5 | 8 | 15 | 66 | 51 | 51,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-07-19 / 2 | b1 | L2 | 10,5 | 9,5 | 40 | 50,5 | 8 | 15 | 51 | 36 | 36,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| VW 2005-07-19 / 2 | b2 | L2 | 10,5 | 9,5 | 35 | 45,5 | 8 | 15 | 56 | 41 | 41,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| VW 2005-07-19 / 2 | b3 | L2 | 10,5 | 9,5 | 30 | 40,5 | 8 | 15 | 61 | 46 | 46,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-07-19 / 2 | b4 | L2 | 10,5 | 9,5 | 25 | 35,5 | 8 | 15 | 66 | 51 | 51,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | - | - |
| VW 2005-07-19 / 2 | b5 | L2 | 10,5 | 9,5 | 20 | 30,5 | 8 | 15 | 71 | 56 | 56,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | - | - |
| VW 2005-07-19 / 2 | b6 | L2 | 10,5 | 9,5 | 5 | 15,5 | 8 | 15 | 86 | 71 | 71,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | - | - |
| VW 2005-07-19 / 2 | b7 | L2 | 10,5 | 9,5 | 30 | 40,5 | 8 | 15 | 61 | 46 | 46,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| VW 2005-07-19 / 2 | b8 | L2 | 10,5 | 9,5 | 10 | 20,5 | 8 | 15 | 81 | 66 | 66,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | - | - |
| VW 2005-07-19 / 2 | b9 | L2 | 10,5 | 9,5 | 15 | 25,5 | 8 | 15 | 76 | 61 | 61,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | - | - |
| VW 2005-07-19 / 2 | b10 | L2 | 10,5 | 9,5 | 20 | 30,5 | 8 | 15 | 71 | 56 | 56,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction, Loose Powdertube |
| VW 2005-07-19 / 2 | b11 | L2 | 10,5 | 9,5 | 25 | 35,5 | 8 | 15 | 66 | 51 | 51,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction, Tube Damaged |
| VW 2005-07-20 / 1 | b1 | L2 | 10,5 | 9,5 | 25 | 35,5 | 8 | 15 | 66 | 51 | 51,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction, Loose Powdertube |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VW 2005-07-20 / 1 | b2 | L2 | 10,5 | 9,5 | 20 | 30,5 | 8 | 15 | 71 | 56 | 56,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction, Loose Powdertube |
| VW 2005-07-20 / 1 | b3 | L2 | 10,5 | 9,5 | 32,5 | 43 | 8 | 15 | 58,5 | 43,5 | 43,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| VW 2005-07-20 / 1 | b4 | L2 | 10,5 | 9,5 | 22,5 | 33 | 8 | 15 | 68,5 | 53,5 | 53,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | - | - |
| VW 2005-07-20 / 1 | b5 | L2 | 10,5 | 9,5 | 30 | 40,5 | 8 | 15 | 61 | 46 | 46,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| VW 2005-07-20 / 1 | b6 | L2 | 10,5 | 9,5 | 27,5 | 38 | 8 | 15 | 63,5 | 48,5 | 48,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction, Loose Powdertube |
| VW 2005-07-20 / 1 | b7 | L2 | 10,5 | 9,5 | 32,5 | 43 | 8 | 15 | 58,5 | 43,5 | 43,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| VW 2005-07-20 / 1 | b8 | L2 | 10,5 | 9,5 | 22,5 | 33 | 8 | 15 | 68,5 | 53,5 | 53,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | - | - |
| VW 2005-07-20 / 1 | b9 | L2 | 10,5 | 9,5 | 30 | 40,5 | 8 | 15 | 61 | 46 | 46,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction, Loose Powdertube |
| VW 2005-07-20 / 1 | b10 | L2 | 10,5 | 9,5 | 35 | 45,5 | 8 | 15 | 56 | 41 | 41,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| VW 2005-07-20 / 1 | b11 | L2 | 10,5 | 9,5 | 27,5 | 38 | 8 | 15 | 63,5 | 48,5 | 48,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction, Loose Powdertube |
| VW 2005-07-20 / 2 | b1 | L2 | 10,5 | 9,5 | 25 | 35,5 | 8 | 15 | 66 | 51 | 51,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| VW 2005-07-20 / 2 | b2 | L2 | 10,5 | 9,5 | 20 | 30,5 | 8 | 15 | 71 | 56 | 56,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | - | - |
| VW 2005-07-20 / 2 | b3 | L2 | 10,5 | 9,5 | 32,5 | 43 | 8 | 15 | 58,5 | 43,5 | 43,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| VW 2005-07-20 / 2 | b4 | L2 | 10,5 | 9,5 | 22,5 | 33 | 8 | 15 | 68,5 | 53,5 | 53,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | - | - |
| VW 2005-07-20 / 2 | b5 | L2 | 10,5 | 9,5 | 30 | 40,5 | 8 | 15 | 61 | 46 | 46,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| VW 2005-07-20 / 2 | b6 | L2 | 10,5 | 9,5 | 27,5 | 38 | 8 | 15 | 63,5 | 48,5 | 48,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| VW 2005-07-20 / 2 | b7 | L2 | 10,5 | 9,5 | 32,5 | 43 | 8 | 15 | 58,5 | 43,5 | 43,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| VW 2005-07-20 / 2 | b8 | L2 | 10,5 | 9,5 | 22,5 | 33 | 8 | 15 | 68,5 | 53,5 | 53,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| VW 2005-07-20 / 2 | b9 | L2 | 10,5 | 9,5 | 30 | 40,5 | 8 | 15 | 61 | 46 | 46,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| VW 2005-07-20 / 2 | b10 | L2 | 10,5 | 9,5 | 35 | 45,5 | 8 | 15 | 56 | 41 | 41,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| VW 2005-07-20 / 2 | b11 | L2 | 10,5 | 9,5 | 27,5 | 38 | 8 | 15 | 63,5 | 48,5 | 48,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| VW 2005-07-20 / 3 | b1 | L2 | 10,5 | 9,5 | 25 | 35,5 | 8 | 8 | 66 | 58 | 58,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-07-20 / 3 | b2 | L2 | 10,5 | 9,5 | 20 | 30,5 | 8 | 8 | 71 | 63 | 63,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-07-20 / 3 | b3 | L2 | 10,5 | 9,5 | 32,5 | 43 | 8 | 8 | 58,5 | 50,5 | 50,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-07-20 / 3 | b4 | L2 | 10,5 | 9,5 | 22,5 | 33 | 8 | 8 | 68,5 | 60,5 | 60,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-07-20 / 3 | b5 | L2 | 10,5 | 9,5 | 30 | 40,5 | 8 | 8 | 61 | 53 | 53,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-07-20 / 3 | b6 | L2 | 10,5 | 9,5 | 27,5 | 38 | 8 | 8 | 63,5 | 55,5 | 55,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-07-20 / 3 | b7 | L2 | 10,5 | 9,5 | 32,5 | 43 | 8 | 8 | 58,5 | 50,5 | 50,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-07-20 / 3 | b8 | L2 | 10,5 | 9,5 | 22,5 | 33 | 8 | 8 | 68,5 | 60,5 | 60,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-07-20 / 3 | b9 | L2 | 10,5 | 9,5 | 30 | 40,5 | 8 | 8 | 61 | 53 | 53,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-07-20 / 3 | b10 | L2 | 10,5 | 9,5 | 35 | 45,5 | 8 | 8 | 56 | 48 | 48,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-07-20 / 3 | b11 | L2 | 10,5 | 9,5 | 27,5 | 38 | 8 | 8 | 63,5 | 55,5 | 55,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-07-20 / 4 | b1 | L2 | 10,5 | 9,5 | 25 | 35,5 | 8 | 15 | 66 | 51 | 51,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | - | - |
| VW 2005-07-20 / 4 | b2 | L2 | 10,5 | 9,5 | 20 | 30,5 | 8 | 15 | 71 | 56 | 56,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |

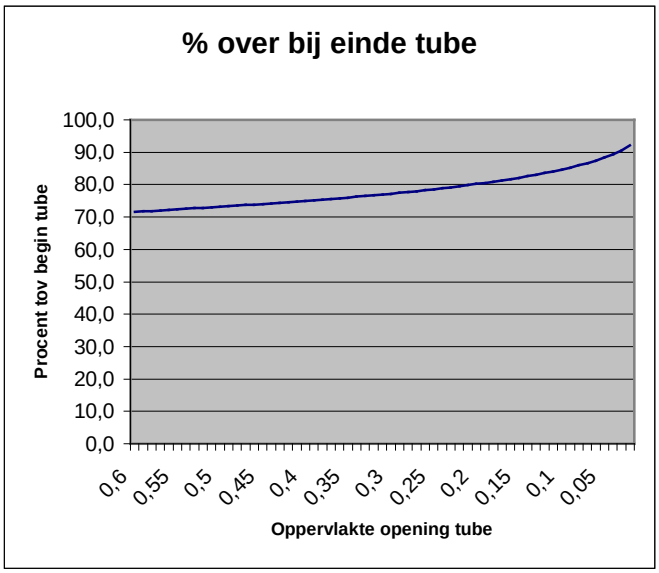
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VW 2005-07-20 / 4 | b3 | L2 | 10,5 | 9,5 | 30 | 40,5 | 8 | 8 | 61 | 53 | 53,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | - | - |
| VW 2005-07-20 / 4 | b4 | L2 | 10,5 | 9,5 | 20 | 30,5 | 8 | 8 | 71 | 63 | 63,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | - | - |
| VW 2005-07-20 / 4 | b5 | L2 | 10,5 | 9,5 | 30 | 40,5 | 8 | 15 | 61 | 46 | 46,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-07-20 / 4 | b6 | L2 | 10,5 | 9,5 | 25 | 35,5 | 8 | 8 | 66 | 58 | 58,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-07-20 / 4 | b7 | L2 | 10,5 | 9,5 | 35 | 45,5 | 8 | 15 | 56 | 41 | 41,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-07-20 / 4 | b8 | L2 | 10,5 | 9,5 | 27,5 | 38 | 8 | 15 | 63,5 | 48,5 | 48,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction |
| VW 2005-07-20 / 4 | b9 | L2 | 10,5 | 9,5 | 30 | 40,5 | 8 | 15 | 61 | 46 | 46,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Burning |
| VW 2005-07-20 / 4 | b10 | L2 | 10,5 | 9,5 | 35 | 45,5 | 8 | 8 | 56 | 48 | 48,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-07-20 / 4 | b11 | L2 | 10,5 | 9,5 | 27,5 | 38 | 8 | 8 | 63,5 | 55,5 | 55,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | unkn | N | No Reaction |

**Bijlage G Berekeningen Testdag**

Verwachtte afname kPa door tube:

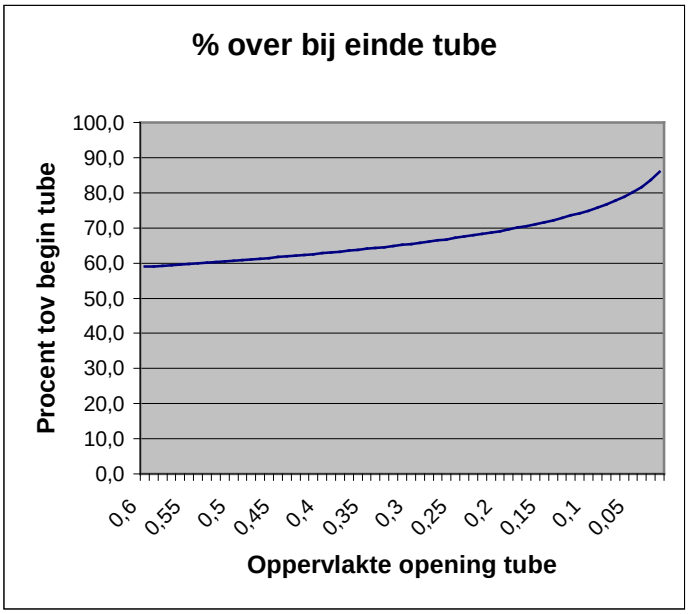
Lengte tube = 0,05m
begin Pa = 1600 kPa

| D tube m2 | kPa einde tube | % over |
|---|---|---|
| 0,4 | 1199 | 74,9 |
| 0,39 | 1203 | 75,2 |
| 0,38 | 1206 | 75,4 |
| 0,37 | 1209 | 75,6 |
| 0,36 | 1213 | 75,8 |
| 0,35 | 1216 | 76,0 |
| 0,34 | 1220 | 76,3 |
| 0,33 | 1224 | 76,5 |
| 0,32 | 1228 | 76,8 |
| 0,31 | 1231 | 76,9 |
| 0,3 | 1235 | 77,2 |
| 0,29 | 1240 | 77,5 |
| 0,28 | 1244 | 77,8 |
| 0,27 | 1248 | 78,0 |
| 0,26 | 1253 | 78,3 |
| 0,25 | 1257 | 78,6 |
| 0,24 | 1262 | 78,9 |
| 0,23 | 1267 | 79,2 |
| 0,22 | 1272 | 79,5 |
| 0,21 | 1277 | 79,8 |
| 0,2 | 1283 | 80,2 |
| 0,19 | 1289 | 80,6 |
| 0,18 | 1295 | 80,9 |
| 0,17 | 1301 | 81,3 |
| 0,16 | 1307 | 81,7 |
| 0,15 | 1314 | 82,1 |
| 0,14 | 1321 | 82,6 |
| 0,13 | 1329 | 83,1 |
| 0,12 | 1337 | 83,6 |
| 0,11 | 1345 | 84,1 |
| 0,1 | 1354 | 84,6 |
| 0,09 | 1364 | 85,3 |
| 0,08 | 1375 | 85,9 |
| 0,07 | 1386 | 86,6 |
| 0,06 | 1399 | 87,4 |
| 0,05 | 1414 | 88,4 |
| 0,04 | 1430 | 89,4 |
| 0,03 | 1450 | 90,6 |
| 0,02 | 1474 | 92,1 |



Lengte tube = 0,10m
begin Pa = 1600 kPa

| D tube m2 | kPa einde tube | % over |
|---|---|---|
| 0,4 | 1005 | 62,8 |
| 0,39 | 1008 | 63,0 |
| 0,38 | 1012 | 63,3 |
| 0,37 | 1016 | 63,5 |
| 0,36 | 1020 | 63,8 |
| 0,35 | 1025 | 64,1 |
| 0,34 | 1029 | 64,3 |
| 0,33 | 1033 | 64,6 |
| 0,32 | 1038 | 64,9 |
| 0,31 | 1043 | 65,2 |
| 0,3 | 1047 | 65,4 |
| 0,29 | 1052 | 65,8 |
| 0,28 | 1058 | 66,1 |
| 0,27 | 1063 | 66,4 |
| 0,26 | 1068 | 66,8 |
| 0,25 | 1074 | 67,1 |
| 0,24 | 1080 | 67,5 |
| 0,23 | 1086 | 67,9 |
| 0,22 | 1092 | 68,3 |
| 0,21 | 1099 | 68,7 |
| 0,2 | 1106 | 69,1 |
| 0,19 | 1113 | 69,6 |
| 0,18 | 1121 | 70,1 |
| 0,17 | 1129 | 70,6 |
| 0,16 | 1137 | 71,1 |
| 0,15 | 1146 | 71,6 |
| 0,14 | 1155 | 72,2 |
| 0,13 | 1165 | 72,8 |
| 0,12 | 1176 | 73,5 |
| 0,11 | 1187 | 74,2 |
| 0,1 | 1199 | 74,9 |
| 0,09 | 1213 | 75,8 |
| 0,08 | 1228 | 76,8 |
| 0,07 | 1244 | 77,8 |
| 0,06 | 1262 | 78,9 |
| 0,05 | 1283 | 80,2 |
| 0,04 | 1307 | 81,7 |
| 0,03 | 1337 | 83,6 |
| 0,02 | 1375 | 85,9 |




Deze waarden zijn uitgerekend met Conwep [5]. Omdat dit programma een beperking heeft wat betreft het oppervlakte van de opening van de tube, is er een reeks gegevens gemaakt die loopt naar het oppervlakte dat gebruikt gaat worden in de proeven. Op basis van deze gegeven is geschat dat bij een tubeoppervlakte zoals gebruikt in de proef, het verlies aan kPa ong. ligt op 5% bij een tube van 5 cm, en dat het verlies bij een dubbel zo lange afstand 2x zoveel is dus 10% omdat de schokgolf zich in de buis expandeert volgens 1/r, in plaats van $1/r^3$. Op basis van deze gegevens zijn de parameters van de testdag bepaald.

**Bijlage H Resultaten Testdag**

| Name | no. | Constr. | P | Pd | R - BP | R - FP | Pyr. | T | BT - C | FT - C | FT - PE | Z | Check | Angle | Bl. Cap | Aimed | Reaction | What reaction |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VW 2005-11-02 / 1 | b1 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 22 | 32,5 | 8 | 15 | 69 | 54 | 54,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 1 | b2 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 19,5 | 30 | 8 | 15 | 71,5 | 56,5 | 56,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction, Tube Damaged |
| VW 2005-11-02 / 1 | b3 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 17 | 27,5 | 8 | 15 | 74 | 59 | 59,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 1 | b4 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 14,5 | 25 | 8 | 15 | 76,5 | 61,5 | 61,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 1 | b5 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 12 | 22,5 | 8 | 15 | 79 | 64 | 64,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction, Little loose powder |
| VW 2005-11-02 / 1 | b6 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 9,5 | 20 | 8 | 15 | 81,5 | 66,5 | 66,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction, Little loose powder |
| VW 2005-11-02 / 1 | b7 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 7 | 17,5 | 8 | 15 | 84 | 69 | 69,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 1 | b8 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 4,5 | 15 | 8 | 15 | 86,5 | 71,5 | 71,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 1 | b9 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 2 | 12,5 | 8 | 15 | 89 | 74 | 74,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 1 | b10 | dS1 | 10,5 | 9,5 | -0,5 | 10 | 8 | 15 | 91,5 | 76,5 | 76,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 1 | b11 | dS1 | 10,5 | 9,5 | -3 | 7,5 | 8 | 15 | 94 | 79 | 79,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 1 | b12 | dS1 | 10,5 | 9,5 | -5,5 | 5 | 8 | 15 | 96,5 | 81,5 | 81,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 2 | b1 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 34 | 44,5 | 8 | 0 | 57 | 57 | 57,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 2 | b2 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 31,5 | 42 | 8 | 0 | 59,5 | 59,5 | 59,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 2 | b3 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 29 | 39,5 | 8 | 0 | 62 | 62 | 62,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | Y | Reaction, Projection |
| VW 2005-11-02 / 2 | b4 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 26,5 | 37 | 8 | 0 | 64,5 | 64,5 | 64,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction, Loose powdertube |
| VW 2005-11-02 / 2 | b5 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 24 | 34,5 | 8 | 0 | 67 | 67 | 67,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 2 | b6 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 21,5 | 32 | 8 | 0 | 69,5 | 69,5 | 69,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 2 | b7 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 19 | 29,5 | 8 | 0 | 72 | 72 | 72,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 2 | b8 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 16,5 | 27 | 8 | 0 | 74,5 | 74,5 | 74,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 2 | b9 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 14 | 24,5 | 8 | 0 | 77 | 77 | 77,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 2 | b10 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 11 | 21,5 | 8 | 0 | 80 | 80 | 80,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction, Tube Damaged |
| VW 2005-11-02 / 2 | b11 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 8,5 | 19 | 8 | 0 | 82,5 | 82,5 | 82,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 2 | b12 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 5,5 | 16 | 8 | 0 | 85,5 | 85,5 | 85,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | F | N | N | No Reaction, Little loose powder |
| VW 2005-11-02 / 3 | b1 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 34 | 44,5 | 8 | 8 | 57 | 49 | 49,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 3 | b2 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 31,5 | 42 | 8 | 8 | 59,5 | 51,5 | 51,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | N | N | No Reaction, Loose powdertube |
| VW 2005-11-02 / 3 | b3 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 29 | 39,5 | 8 | 8 | 62 | 54 | 54,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 3 | b4 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 26,5 | 37 | 8 | 8 | 64,5 | 56,5 | 56,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 3 | b5 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 24 | 34,5 | 8 | 8 | 67 | 59 | 59,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | N | N | No Reaction, Loose powdertube |
| VW 2005-11-02 / 3 | b6 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 21,5 | 32 | 8 | 8 | 69,5 | 61,5 | 61,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 3 | b7 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 34 | 44,5 | 8 | 8 | 57 | 49 | 49,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | N | N | No Reaction, Loose powdertube |
| VW 2005-11-02 / 3 | b8 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 31,5 | 42 | 8 | 8 | 59,5 | 51,5 | 51,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | N | N | No Reaction |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VW 2005-11-02 / 3 | b9 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 29 | 39,5 | 8 | 8 | 62 | 54 | 54,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 3 | b10 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 26,5 | 37 | 8 | 8 | 64,5 | 56,5 | 56,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 3 | b11 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 24 | 34,5 | 8 | 8 | 67 | 59 | 59,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 3 | b12 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 21,5 | 32 | 8 | 8 | 69,5 | 61,5 | 61,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | N | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 4 | b1 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 44 | 54,5 | 8 | 0 | 47 | 47 | 47,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 4 | b2 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 44 | 54,5 | 8 | 15 | 47 | 32 | 32,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-11-02 / 4 | b3 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 39,5 | 50 | 8 | 15 | 51,5 | 36,5 | 36,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-11-02 / 4 | b4 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 39 | 49,5 | 8 | 0 | 52 | 52 | 52,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction, Loose powdertube |
| VW 2005-11-02 / 4 | b5 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 39 | 49,5 | 8 | 15 | 52 | 37 | 37,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-11-02 / 4 | b6 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 34,5 | 45 | 8 | 0 | 56,5 | 56,5 | 56,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 4 | b7 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 34,5 | 45 | 8 | 15 | 56,5 | 41,5 | 41,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 4 | b8 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 39 | 49,5 | 8 | 15 | 52 | 37 | 37,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-11-02 / 4 | b9 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 39 | 49,5 | 8 | 0 | 52 | 52 | 52,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-11-02 / 4 | b10 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 39,5 | 50 | 8 | 15 | 51,5 | 36,5 | 36,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-11-02 / 4 | b11 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 44 | 54,5 | 8 | 15 | 47 | 32 | 32,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-11-02 / 4 | b12 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 44 | 54,5 | 8 | 0 | 47 | 47 | 47,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction, Loose powdertube |
| VW 2005-11-02 / 5 | b1 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 37 | 47,5 | 8 | 15 | 54 | 39 | 39,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 5 | b2 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 49 | 59,5 | 8 | 0 | 42 | 42 | 42,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Projection |
| VW 2005-11-02 / 5 | b3 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 47 | 57,5 | 8 | 0 | 44 | 44 | 44,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 5 | b4 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 34,5 | 45 | 8 | 15 | 56,5 | 41,5 | 41,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 5 | b5 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 51 | 61,5 | 8 | 0 | 40 | 40 | 40,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 5 | b6 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 53,5 | 64 | 8 | 0 | 37,5 | 37,5 | 37,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-11-02 / 5 | b7 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 53,5 | 64 | 8 | 0 | 37,5 | 37,5 | 37,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Projection |
| VW 2005-11-02 / 5 | b8 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 51 | 61,5 | 8 | 0 | 40 | 40 | 40,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 5 | b9 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 34,5 | 45 | 8 | 15 | 56,5 | 41,5 | 41,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction, Tube gone, Powdertube on ground |
| VW 2005-11-02 / 5 | b10 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 47 | 57,5 | 8 | 0 | 44 | 44 | 44,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-11-02 / 5 | b11 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 49 | 59,5 | 8 | 0 | 42 | 42 | 42,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-11-02 / 5 | b12 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 37 | 47,5 | 8 | 15 | 54 | 39 | 39,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction, Loose powdertube, Tube Damaged |

**Bijlage I Analyse Testdag**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Testname:* | VW 2005-11-02 / 1 | | | | | |
| *General Parameters:* | | | | | | |
| Aimed: | No | Blast. Cap: | Front | Construction: | Ring construction | |
| *Parameters:* | | | | *Results:* | | |
| No. | R - FP | T | FT - PE | Angle | Reaction | What reaction |
| b1 | 32,5 | 15 | 54,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b2 | 30 | 15 | 56,50 | 0,00 | N | No Reaction, Tube Damaged |
| b3 | 27,5 | 15 | 59,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b4 | 25 | 15 | 61,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b5 | 22,5 | 15 | 64,00 | 0,00 | N | No Reaction, Little loose powder |
| b6 | 20 | 15 | 66,50 | 0,00 | N | No Reaction, Little loose powder |
| b7 | 17,5 | 15 | 69,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b8 | 15 | 15 | 71,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b9 | 12,5 | 15 | 74,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b10 | 10 | 15 | 76,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b11 | 7,5 | 15 | 79,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b12 | 5 | 15 | 81,50 | 0,00 | N | No Reaction |

*Description video footage:*

Op de beelden van proef 1 is te zien dat het kneed ontploft, hierbij ontstaat een vuurbal met een diameter van ong. 3,5 meter. De vuurbal is zichtbaar voor 0,1 seconden. Er ontstaat donkere rook. Verder is er te zien hoe de vuurwerkstukken die zijn vast getaped omhoog bewegen door de schokgolf tot een hoek van ongeveer 35 graden ten opzichte van de oorspronkelijke positie. Er zijn geen effecten van vuurwerk zichtbaar.

*Pictures:*

Afb. I-1 Vuurbol als gevolg van het kneed

Afb. I-2 Geen vuurwerkeffecten

| *Testname:* | VW 2005-11-02 / 2 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *General Parameters:* | | | | | | |
| Aimed: | No | Blast. Cap: | Front | Construction: | Ring construction | |
| *Parameters:* | | | | | *Results:* | |
| No. | R - FP | T | FT - PE | Angle | Reaction | What reaction |
| b1 | 44,5 | 0 | 57,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b2 | 42 | 0 | 59,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b3 | 39,5 | 0 | 62,00 | 0,00 | Y | Reaction, Projection |
| b4 | 37 | 0 | 64,50 | 0,00 | N | No Reaction, Loose powdertube |
| b5 | 34,5 | 0 | 67,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b6 | 32 | 0 | 69,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b7 | 29,5 | 0 | 72,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b8 | 27 | 0 | 74,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b9 | 24,5 | 0 | 77,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b10 | 21,5 | 0 | 80,00 | 0,00 | N | No Reaction, Tube Damaged |
| b11 | 19 | 0 | 82,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b12 | 16 | 0 | 85,50 | 0,00 | N | No Reaction, Little loose powder |

*Description video footage:*

De vuurbal ontstaan door het kneed heeft een diameter van ongeveer 3,15 meter. Vuurwerk uit buis 3 reageert op het kneed, er is te zien hoe de vuurbal langer zichtbaar is dan bij proef 1, ongeveer voor 0,1 seconde langer. De reactie van buis 3 wordt zichtbaar door een brandend projectiel dat voor zover te zien op de video minimaal 7 meter ver vliegt, naar schatting 15 meter. Naast dit projectiel worden er ongeveer 100 kleine projectielen uitgeworpen over een afstand van 1 tot 5 meter, maar voornamelijk tussen 1 en 2 meter. Deze reageren over een tijdspan van 1,5 seconde, ze zorgen voor kleine ontploffingen. Er ontstaat zowel donkere als lichte rook, de donkere in dezelfde vorm als bij proef 1, de lichte in buurt van buis 3 en nadat de projectielen weg zijn geschoten, ook in dezelfde richting als waar de projectielen heen gingen.

*Pictures:*

Afb. I-3 Over gebleven vuurbal, 0,2sec na initiatie

Afb. I-4 Projectie uit buisje 3, afstand +/- 15m

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Testname:* | VW 2005-11-02 / 3 | | | | | |
| *General Parameters:* | | | | | | |
| Aimed: | No | Blast. Cap: | | Under | Construction: | Ring construction |
| *Parameters:* | | | | | *Results:* | |
| No. | R - FP | T | FT - PE | Angle | Reaction | What reaction |
| b1 | 44,5 | 8 | 49,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b2 | 42 | 8 | 51,50 | 0,00 | N | No Reaction, Loose powdertube |
| b3 | 39,5 | 8 | 54,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b4 | 37 | 8 | 56,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b5 | 34,5 | 8 | 59,00 | 0,00 | N | No Reaction, Loose powdertube |
| b6 | 32 | 8 | 61,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b7 | 44,5 | 8 | 49,00 | 0,00 | N | No Reaction, Loose powdertube |
| b8 | 42 | 8 | 51,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b9 | 39,5 | 8 | 54,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b10 | 37 | 8 | 56,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b11 | 34,5 | 8 | 59,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b12 | 32 | 8 | 61,50 | 0,00 | N | No Reaction |

*Description video footage:*

Door de explosie van het kneed ontstaat er een vuurbal met een zelfde diameter als hiervoor, ong. 3,5 meter. Deze is zichtbaar voor 0,12 seconde. Er ontstaat donkere rook. Verder is er een object te zien dat uit de opstelling valt ter hoogte van buis 12. Er vliegen pionnen op. Er zijn geen effecten van vuurwerk zichtbaar.

*Pictures:*

Afb. I-5 Vuurbol als gevolg van het kneed

Afb. I-6 Geen vuurwerkeffecten

| *Testname:* | VW 2005-11-02 / 4 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *General Parameters:* | | | | | | |
| Aimed: | Yes | Blast. Cap: | | Under | Construction: | Ring construction |
| *Parameters:* | | | | | *Results:* | |
| No. | R - FP | T | FT - PE | Angle | Reaction | What reaction |
| b1 | 54,5 | 0 | 47,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b2 | 54,5 | 15 | 32,00 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b3 | 50 | 15 | 36,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off |
| b4 | 49,5 | 0 | 52,00 | 0,00 | N | No Reaction, Loose powdertube |
| b5 | 49,5 | 15 | 37,00 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b6 | 45 | 0 | 56,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b7 | 45 | 15 | 41,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b8 | 49,5 | 15 | 37,00 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b9 | 49,5 | 0 | 52,00 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b10 | 50 | 15 | 36,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b11 | 54,5 | 15 | 32,00 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b12 | 54,5 | 0 | 47,00 | 0,00 | N | No Reaction, Loose powdertube |

*Description video footage:*

Door de explosie van het kneed ontstaat er een vuurbal met een diameter van ong. 3,5 meter. Er ontstaat naast donkere ook witte rook. Er blijft een felle lichtrode vuurbal zichtbaar met een diameter van 1,5 meter die 0,5 seconde na de explosie van het kneed van het midden van de opstelling, naar de grond zakt. In de lichtrode vuurbal zijn verschillende oranje flitsen zichtbaar. 0,5 seconde nadat de vuurbal de naar is gezakt, is er aan de rechterkant van de vuurbal een ontploffing te zien waardoor er brandende projectielen naar rechts worden geschoten tot ongeveer 2 meter vanaf het beginpunt, vanuit deze explosie ontstaat een extra witte rookpluim. Hierna verkleint de vuurbal zich tot een diameter van ong. 0,5 meter, en veranderd de kleur meer naar oranje. Als de vuurbal bijna weg is ontstaat er een explosie in het midden van de opstelling op de grond, dit is 2 seconde nadat het kneed is geëxplodeerd. Door deze explosie ontstaat een vuurbal met een diameter van ongeveer 3 meter. Deze is maar 0,02 seconde te zien. Met deze explosie schieten er brandende projectielen uit de opstelling naar links. Er ontstaat nog een ontploffing. Hieruit schiet een groter projectiel, en vele kleine projectielen die kleine ontploffingen veroorzaken. Het grotere projectiel ontploft op ong. 1,5 meter van het middelpunt en er schieten vanuit dit projectiel vele kleine projectielen uit naar links, deze komen ong. 10 meter ver. Dan zijn er voor 1,5 seconde vele kleine ontploffingen zichtbaar en hoorbaar, welke allemaal een kleine witte rookpluim achterlaten. Ondertussen wordt de vuurbal op de grond steeds kleiner tot het helemaal weg is. 8 seconde nadat het kneed is geëxplodeerd, ontploffen de laatste kleine deeltjes vuurwerk. Als je naar het hele filmpje luistert, zijn er na de explosie van het kneed nog 3 knallen te horen, deze komen overeen met de 2 explosies op de grond, en het ontploffen van het grotere projectiel.

*Pictures:*

Afb. I-7 Vuurbol zichtbaar na 0,2 sec

Afb. I-8 Explosie met projectie naar links

| *Testname:* | VW 2005-11-02 / 5 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *General Parameters:* | | | | | | |
| Aimed: | Yes | Blast. Cap: | | Under | Construction: | Ring construction |
| *Parameters:* | | | | | *Results:* | |
| No. | R - FP | T | FT - PE | Angle | Reaction | What reaction |
| b1 | 47,5 | 15 | 39,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b2 | 59,5 | 0 | 42,00 | 0,00 | Y | Reaction, Projection |
| b3 | 57,5 | 0 | 44,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b4 | 45 | 15 | 41,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b5 | 61,5 | 0 | 40,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b6 | 64 | 0 | 37,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off |
| b7 | 64 | 0 | 37,50 | 0,00 | Y | Reaction, Projection |
| b8 | 61,5 | 0 | 40,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b9 | 45 | 15 | 41,50 | 0,00 | N | No Reaction, Tube gone, Powdertube on ground |
| b10 | 57,5 | 0 | 44,00 | 0,00 | N | No Reaction |
| b11 | 59,5 | 0 | 42,00 | 0,00 | Y | Reaction, Went off |
| b12 | 47,5 | 15 | 39,00 | 0,00 | N | No Reaction, Loose powdertube, Tube Damaged |

*Description video footage:*

Doordat het kneed explodeert ontstaat er een vuurbal van ong. 3,5 meter. Als deze kleiner wordt ontstaat er door de reactie van het vuurwerk een nieuwe vuurbal van gelijke grote. Hierbij ontstaat zowel donkere als lichte rook. Vrijwel onmiddellijk na de explosie schieten er 4 brandende projectielen weg, waarvan een grote, deze komt waarschijnlijk uit buis 7. Deze komen ong. 6 meter ver. De projectie wordt meteen gevolgd door een nieuwe vuurbal in het midden van de ring, met een diameter van ong. 2,5 meter. Er is opnieuw projectie van kleinere en een groot projectiel, deze komt waarschijnlijk uit buis 2. Deze komt weer ong. 6 meter ver. Vervolgens zien we op het kleine beeldje nog een reactie van buis 8, er komt een vuurbal uit. Ondertussen zijn er wederom allemaal kleine ontploffingen hoorbaar en zichtbaar. De 2 grote projectielen stuiteren al brandend nog een meter verder en doven daar. Als de diameter van de vuurbal in het midden nog maar 0,5 meter is, ontstaat er een nieuwe explosie waarbij vele kleine projectielen rond worden geschoten, tot een afstand van ong. 7 meter. Deze kleine projectielen zorgen voor kleine ontploffingen. Er is een grote witte rookpluim ontstaan.

*Pictures:*

Afb. I-9 Twee grote projecties

Afb. I-10 Explosie waaruit knetterende lichtflitsen schieten

**Bijlage J Resultaten Springdag 5 december**

| Name | no. | Constr. | P | Pd | R - BP | R - FP | Pyr. | T | BT - C | FT - C | FT - PE | Z | Check | Angle | Bl. Cap | Aimed | Reaction | What reaction |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VW 2005-12-05 / 1 | - | dS1wf | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | U | NVT | Y | Plastic explosive explodes |
| VW 2005-12-05 / 2 | - | AD | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | NVT | NVT | Y | Fireworks went off |
| VW 2005-12-05 / 3 | - | AD | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | F | NVT | Y | Plastic explosive explodes, Fireworks went off |
| VW 2005-12-05 / 4 | - | AD | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | F | NVT | Y | Plastic explosive explodes, Fireworks went off |
| VW 2005-12-05 / 5 | b1 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 26 | 36,5 | 8 | 15 | 65 | 50 | 50,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| VW 2005-12-05 / 5 | b2 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 28,5 | 39 | 8 | 15 | 62,5 | 47,5 | 47,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 5 | b3 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 31 | 41,5 | 8 | 15 | 60 | 45 | 45,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 5 | b4 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 33,5 | 44 | 8 | 15 | 57,5 | 42,5 | 42,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 5 | b5 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 36 | 46,5 | 8 | 15 | 55 | 40 | 40,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 5 | b6 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 38,5 | 49 | 8 | 15 | 52,5 | 37,5 | 37,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 5 | b7 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 38,5 | 49 | 8 | 15 | 52,5 | 37,5 | 37,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 5 | b8 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 36 | 46,5 | 8 | 15 | 55 | 40 | 40,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 5 | b9 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 33,5 | 44 | 8 | 15 | 57,5 | 42,5 | 42,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 5 | b10 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 31 | 41,5 | 8 | 15 | 60 | 45 | 45,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 5 | b11 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 28,5 | 39 | 8 | 15 | 62,5 | 47,5 | 47,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-05 / 5 | b12 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 26 | 36,5 | 8 | 15 | 65 | 50 | 50,00 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-05 / 6 | b1 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 26 | 36,5 | 8 | 15 | 65 | 50 | 50,25 | 5 | 100,0 | 5,71 | U | Y | N | No Reaction, Loose powdertube, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 6 | b2 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 28,5 | 39 | 8 | 15 | 62,5 | 47,5 | 47,76 | 5 | 100,0 | 6,01 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-05 / 6 | b3 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 31 | 41,5 | 8 | 15 | 60 | 45 | 45,28 | 5 | 100,0 | 6,34 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-05 / 6 | b4 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 33,5 | 44 | 8 | 15 | 57,5 | 42,5 | 42,79 | 5 | 100,0 | 6,71 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-05 / 6 | b5 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 36 | 46,5 | 8 | 15 | 55 | 40 | 40,31 | 5 | 100,0 | 7,13 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 6 | b6 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 38,5 | 49 | 8 | 15 | 52,5 | 37,5 | 37,83 | 5 | 100,0 | 7,59 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-05 / 6 | b7 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 38,5 | 49 | 8 | 15 | 52,5 | 37,5 | 37,83 | 5 | 100,0 | 7,59 | U | Y | N | No Reaction, Tube Damaged |
| VW 2005-12-05 / 6 | b8 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 36 | 46,5 | 8 | 15 | 55 | 40 | 40,31 | 5 | 100,0 | 7,13 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-05 / 6 | b9 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 33,5 | 44 | 8 | 15 | 57,5 | 42,5 | 42,79 | 5 | 100,0 | 6,71 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-05 / 6 | b10 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 31 | 41,5 | 8 | 15 | 60 | 45 | 45,28 | 5 | 100,0 | 6,34 | U | Y | N | No Reaction, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 6 | b11 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 28,5 | 39 | 8 | 15 | 62,5 | 47,5 | 47,76 | 5 | 100,0 | 6,01 | U | Y | N | No Reaction, Tube Damaged |
| VW 2005-12-05 / 6 | b12 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 26 | 36,5 | 8 | 15 | 65 | 50 | 50,25 | 5 | 100,0 | 5,71 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 7 | b1 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 26 | 36,5 | 8 | 15 | 65 | 50 | 50,99 | 10 | 100,0 | 11,31 | U | Y | N | No Reaction, Tube Damaged |
| VW 2005-12-05 / 7 | b2 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 28,5 | 39 | 8 | 15 | 62,5 | 47,5 | 48,54 | 10 | 100,0 | 11,89 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 7 | b3 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 31 | 41,5 | 8 | 15 | 60 | 45 | 46,10 | 10 | 100,0 | 12,53 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 7 | b4 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 33,5 | 44 | 8 | 15 | 57,5 | 42,5 | 43,66 | 10 | 100,0 | 13,24 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VW 2005-12-05 / 7 | b5 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 36 | 46,5 | 8 | 15 | 55 | 40 | 41,23 | 10 | 100,0 | 14,04 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 7 | b6 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 38,5 | 49 | 8 | 15 | 52,5 | 37,5 | 38,81 | 10 | 100,0 | 14,93 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 7 | b7 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 38,5 | 49 | 8 | 15 | 52,5 | 37,5 | 38,81 | 10 | 100,0 | 14,93 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 7 | b8 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 36 | 46,5 | 8 | 15 | 55 | 40 | 41,23 | 10 | 100,0 | 14,04 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 7 | b9 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 33,5 | 44 | 8 | 15 | 57,5 | 42,5 | 43,66 | 10 | 100,0 | 13,24 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 7 | b10 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 31 | 41,5 | 8 | 15 | 60 | 45 | 46,10 | 10 | 100,0 | 12,53 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 7 | b11 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 28,5 | 39 | 8 | 15 | 62,5 | 47,5 | 48,54 | 10 | 100,0 | 11,89 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 7 | b12 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 26 | 36,5 | 8 | 15 | 65 | 50 | 50,99 | 10 | 100,0 | 11,31 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-05 / 8 | b1 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 26 | 36,5 | 8 | 15 | 65 | 50 | 52,20 | 15 | 100,0 | 16,70 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-05 / 8 | b2 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 28,5 | 39 | 8 | 15 | 62,5 | 47,5 | 49,81 | 15 | 100,0 | 17,53 | U | Y | N | No Reaction, Tube Damaged |
| VW 2005-12-05 / 8 | b3 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 31 | 41,5 | 8 | 15 | 60 | 45 | 47,43 | 15 | 100,0 | 18,43 | U | Y | N | No Reaction, Tube Damaged |
| VW 2005-12-05 / 8 | b4 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 33,5 | 44 | 8 | 15 | 57,5 | 42,5 | 45,07 | 15 | 100,0 | 19,44 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 8 | b5 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 36 | 46,5 | 8 | 15 | 55 | 40 | 42,72 | 15 | 100,0 | 20,56 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 8 | b6 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 38,5 | 49 | 8 | 15 | 52,5 | 37,5 | 40,39 | 15 | 100,0 | 21,80 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 8 | b7 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 38,5 | 49 | 8 | 15 | 52,5 | 37,5 | 40,39 | 15 | 100,0 | 21,80 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 8 | b8 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 36 | 46,5 | 8 | 15 | 55 | 40 | 42,72 | 15 | 100,0 | 20,56 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 8 | b9 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 33,5 | 44 | 8 | 15 | 57,5 | 42,5 | 45,07 | 15 | 100,0 | 19,44 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-05 / 8 | b10 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 31 | 41,5 | 8 | 15 | 60 | 45 | 47,43 | 15 | 100,0 | 18,43 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-05 / 8 | b11 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 28,5 | 39 | 8 | 15 | 62,5 | 47,5 | 49,81 | 15 | 100,0 | 17,53 | U | Y | N | No Reaction, Tube Damaged |
| VW 2005-12-05 / 8 | b12 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 26 | 36,5 | 8 | 15 | 65 | 50 | 52,20 | 15 | 100,0 | 16,70 | U | Y | N | No Reaction |

**Bijlage K Analyse Springdag 5 dec**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Testname:* | VW 2005-12-05 / 1 | | | | |
| *General Parameters:* | | | | | |
| Aimed: | - | Blast. Cap: | Under | Construction: | Ring construction wf |
| *Parameters:* | | | *Results:* | | |
| No firework | | | | | |
| *Description video footage:* | | | | | |
| Kneed ontploft, vuurwerk niet aanwezig dus geen reactie. Er ontstaat een vuurbal met en diameter van 3 ½ meter. Deze is vrijwel verdwenen na 0,08 sec. Er ontstaat donkere rook. | | | | | |
| *Pictures:* | | | | | |

Afb. K-1 Vuurbal

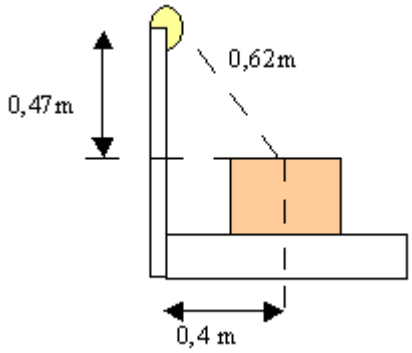
Afb. K-2 Donkere rook

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Testname:* | VW 2005-12-05 / 2 | | | | |
| *General Parameters:* | | | | | |
| Aimed: | - | Blast. Cap: | - | Construction: | Construction 2 |
| *Parameters:* | | | *Results:* | | |
| Only Happy Stars | | | | | |
| *Description video footage:* | | | | | |
| Nadat het vuurkoord het lont heeft bereikt begint de doos te werken. Gedurende 40 sec worden er buisjes ontstoken waardoor er een vuurwerkeffect zichtbaar is, in dit geval een projectie. De buisjes worden met een zeer onregelmatige interval ontstoken. De verpakking en tubes worden niet vernield door de uitwerking van het vuurwerk. | | | | | |
| *Pictures:* | | | | | |

Afb. K-3 Vuurpluim met projectie

Afb. K-4 Veel witte rook bij afgaan vuurwerk

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Testname:* | VW 2005-12-05 / 3 | | | | |
| *General Parameters:* | | | | | |
| Aimed: | - | Blast. Cap: | under | Construction: | Construction 2 |
| *Parameters:* | | | *Results:* | | |




Afb. K-5

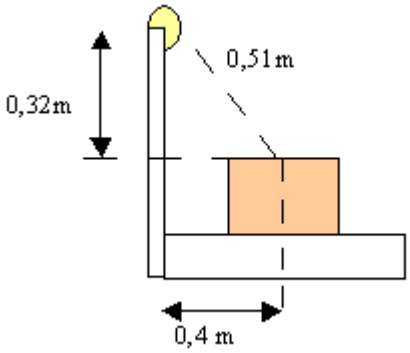
*Description video footage:*

Het afgaan van het vuurwerk duurde ongeveer 30 seconde, in deze tijd schoten er, met een onregelmatig interval tussen de schoten, meerdere projecties uit het artikel de lucht in. Bij zo'n projectie ontstond er een vuurpluim zichtbaar van ongeveer 75cm. De projectie vlogen 20 tot 30 meter de lucht in voor deze explodeerde, uit deze explosie schoten knetterende lichtflitsen. Terwijl het vuurwerk afging werd het kneed afgezet. Het ritme van de schoten versnelde voor ongeveer 15 schoten. Verder geen afwijkende gedragingen van het vuurwerk. De verpakking en de constructie van het vuurwerk bleef heel, slechts de hoek die het verst van het kneed verwijderd was werd enigszins los geslagen.

*Pictures:*

Afb. K-6 Het artikel na de test

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Testname:* | VW 2005-12-05 / 4 | | | | |
| *General Parameters:* | | | | | |
| Aimed: | - | Blast. Cap: | under | Construction: | Construction 2 |
| *Parameters:* | | | *Results:* | | |




Afb. K-7

*Description video footage:*

In het begin worden de buisjes op eenzelfde onregelmatige manier ontstoken als bij proef 2. Na vier seconde wordt het kneed tot ontploffing gebracht. Er ontstaat een vuurbal met een hoogte van ong. drie meter en een diameter in het horizontale vlak van ongeveer anderhalve meter. Na 0,08 sec i deze vuurbal vrijwel verdwenen maar zien wede eerste lichteffecten van het vuurwerk verschijnen. Er ontstaat direct nadat de vuurbol van het kneed weg is een vuurbol met een diameter van 1 meter op de plek van het vuurwerk. Na 0,08 sec is ook deze vrijwel verdwenen en op de beeldjes erna zien we kleine flitsen op de plek van het vuurwerk. Daarna krijgen we de eerste projectie te zien naar linksboven, en 0,2 seconden later naar boven en naar rechts. Met de projectie naar linksboven komt iets mee dat 0,42 sec nadat deze projectie voor het eerst in beeld kwam ontploft aan de linkerkant van het vuurwerk. Hieruit wordt iets geprojecteerd dat 0,12 seconde later zelf explodeert en een projectie naar boven veroorzaakt. Tegelijkertijd ontstaat er een nieuwe projectie vanuit de doos ook naar boven. Op beide plekken ontstaat een rode vuurbal zoals deze gezien wordt bij het op de normale manier afsteken van het vuurwerk. Vervolgens ontstaat er vanuit de doos in de volgende 2 seconde meer ong. 15 tot 20 projecties in alle richtingen. Hierbij komen ook de vuurwerk effecten tot uiting zoals het geknetter van kleine ontploffingen. Zes seconde na het kneed ontstaat er een rode bal die uit de doos wordt geprojecteerd richting de camera. Deze ontploft links buiten beeld en er ontstaan knetterende deeltjes. Hierna ontsteekt het restant van de doos zich zoals voor de explosie van het kneed. Bij dit hele proces ontstaat veel witte rook, en bij de ontploffing van het kneed ook donkere rook.

*Pictures:*

Next page

Afb. K-8 Projectie in alle richtingen na de explosie

Afb. K-9+K-10 Constructie kapot geslagen en buisjes verspreid

Afb. K-11 Linker buisje heeft gereageerd, rechter niet. Lont tussen de twee buisjes nog aanwezig

Afb. K-12 Lont is bij sommige buisjes nog aanwezig

| *Testname:* | VW 2005-12-05 / 5 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *General Parameters:* | | | | | | |
| Aimed: | Yes | Blast. Cap: | | Under | Construction: | Ring construction |
| *Parameters:* | | | | | *Results:* | |
| No. | R - FP | T | FT - PE | Angle | Reaction | What reaction |
| b1 | 36,5 | 15 | 50,00 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube Damaged |
| b2 | 39 | 15 | 47,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b3 | 41,5 | 15 | 45,00 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b4 | 44 | 15 | 42,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b5 | 46,5 | 15 | 40,00 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b6 | 49 | 15 | 37,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b7 | 49 | 15 | 37,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b8 | 46,5 | 15 | 40,00 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b9 | 44 | 15 | 42,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b10 | 41,5 | 15 | 45,00 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b11 | 39 | 15 | 47,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b12 | 36,5 | 15 | 50,00 | 0,00 | N | No Reaction |

*Description video footage:*

Na het ontploffen van het kneed ontstaat er een vuurbal met een diameter van 3 ½ meter. Deze verkleind zich in de komende halve seconde tot een rode vuurbol met een diameter van 1 meter. Hierin zijn al ontbrandingen in waar te nemen. Hierna valt het uiteen in 3 brandende delen. Er wordt nu ook geknetter van kleine lichtflitsen waargenomen. Uit het meest rechtse deel ontstaat nog een lichtflits met een diameter van 1 ½ meter. Waarna de linkse twee brandende delen uitbranden en de rechter veranderd in een aantal knetterende lichtflitsen. Hierna ontbrand op ongeveer dezelfde plek weer een deel in kleine rode bol, deze brand voor ong. twee seconde. Er ontstaat witte en donkere rook.

*Pictures:*

Afb. K-13 Vuurbal na 0,14 sec

Afb. K-14 Vuurwerkeffecten en projectie naar links

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Testname:* | VW 2005-12-05 / 6 | | | | | |
| *General Parameters:* | | | | | | |
| Aimed: | Yes | Blast. Cap: | | Under | Construction: | Ring construction |
| *Parameters:* | | | | | *Results:* | |
| No. | R - FP | T | FT - PE | Angle | Reaction | What reaction |
| b1 | 36,5 | 15 | 50,25 | 5,71 | N | No Reaction, Loose powdertube, Tube gone |
| b2 | 39 | 15 | 47,76 | 6,01 | N | No Reaction |
| b3 | 41,5 | 15 | 45,28 | 6,34 | N | No Reaction |
| b4 | 44 | 15 | 42,79 | 6,71 | N | No Reaction |
| b5 | 46,5 | 15 | 40,31 | 7,13 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b6 | 49 | 15 | 37,83 | 7,59 | N | No Reaction |
| b7 | 49 | 15 | 37,83 | 7,59 | N | No Reaction, Tube Damaged |
| b8 | 46,5 | 15 | 40,31 | 7,13 | N | No Reaction |
| b9 | 44 | 15 | 42,79 | 6,71 | N | No Reaction |
| b10 | 41,5 | 15 | 45,28 | 6,34 | N | No Reaction, Tube gone |
| b11 | 39 | 15 | 47,76 | 6,01 | N | No Reaction, Tube Damaged |
| b12 | 36,5 | 15 | 50,25 | 5,71 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |

*Description video footage:*

Na het ontploffen van het kneed ontstaat er een vuurbal met een diameter van 3 ½ meter. Deze verkleind zich in de komende 0.16seconde tot een klein vuurballetje wat lijkt op de ontbranding van een van de tubes. Hier komt een rode vuurbal uit die op de grond valt. Tegelijk met geknetter van kleine lichtflitsen. Er ontstaat in de ring een kleine vuurbal voor 0,10 seconde terwijl de rode vuurbal die op de grond is gevallen blijft branden voor 1seconde. Na deze seconde ontploft dit deel en ontstaan er knetterende lichtflitsen. Ook hier ontstaat witte en donkere rook

*Pictures:*

Afb. K-15 Vuurbal na 0,10 seconde

Afb. K-16 Projectie uit buisje 12

Afb. K-17 Knetterende lichtflitsen

| *Testname:* | VW 2005-12-05 / 7 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *General Parameters:* | | | | | | |
| Aimed: | Yes | Blast. Cap: | | Under | Construction: | Ring construction |
| *Parameters:* | | | | | *Results:* | |
| No. | R - FP | T | FT - PE | Angle | Reaction | What reaction |
| b1 | 36,5 | 15 | 50,99 | 11,31 | N | No Reaction, Tube Damaged |
| b2 | 39 | 15 | 48,54 | 11,89 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b3 | 41,5 | 15 | 46,10 | 12,53 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b4 | 44 | 15 | 43,66 | 13,24 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b5 | 46,5 | 15 | 41,23 | 14,04 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b6 | 49 | 15 | 38,81 | 14,93 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b7 | 49 | 15 | 38,81 | 14,93 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b8 | 46,5 | 15 | 41,23 | 14,04 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b9 | 44 | 15 | 43,66 | 13,24 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b10 | 41,5 | 15 | 46,10 | 12,53 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b11 | 39 | 15 | 48,54 | 11,89 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b12 | 36,5 | 15 | 50,99 | 11,31 | N | No Reaction |

*Description video footage:*

Na het ontploffen van het kneed ontstaat er een vuurbal met een diameter van 3 ½ meter. Deze verkleind zich in de komende 0.3 seconde tot een rode vuurbol met een diameter van 1 meter. Hierin zijn al ontbrandingen in waar te nemen. 0,08 seconde na het ontploffen van het kneed is al de eerste projectie uit de vuurbal waar te nemen. Uit de overgebleven rode vuurbol ontstaat een rode bal die naar links wordt geprojecteerd, en het overgebleven deel valt uit elkaar en brand weg op de grond in ong 4 seconde. Ook hierbij zijn enkele knetterende lichtflitsen te zien, en er ontstaat witte en donkere rook.

*Pictures:*

Afb. K-18 Projectie na 0,10 seconde

Afb. K-19 Brandende vuurwerkdelen vallen op de grond

| *Testname:* | VW 2005-12-05 / 8 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *General Parameters:* | | | | | | |
| Aimed: | Yes | Blast. Cap: | | Under | Construction: | Ring construction |
| *Parameters:* | | | | | *Results:* | |
| No. | R - FP | T | FT - PE | Angle | Reaction | What reaction |
| b1 | 36,5 | 15 | 52,20 | 16,70 | N | No Reaction |
| b2 | 39 | 15 | 49,81 | 17,53 | N | No Reaction, Tube Damaged |
| b3 | 41,5 | 15 | 47,43 | 18,43 | N | No Reaction, Tube Damaged |
| b4 | 44 | 15 | 45,07 | 19,44 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b5 | 46,5 | 15 | 42,72 | 20,56 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b6 | 49 | 15 | 40,39 | 21,80 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b7 | 49 | 15 | 40,39 | 21,80 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b8 | 46,5 | 15 | 42,72 | 20,56 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b9 | 44 | 15 | 45,07 | 19,44 | N | No Reaction |
| b10 | 41,5 | 15 | 47,43 | 18,43 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b11 | 39 | 15 | 49,81 | 17,53 | N | No Reaction, Tube Damaged |
| b12 | 36,5 | 15 | 52,20 | 16,70 | N | No Reaction |

*Description video footage:*

Na het ontploffen van het kneed ontstaat er een vuurbal met een diameter van 3 ½ meter. Deze verkleind zich in de komende 0.35 seconde tot een rode vuurbol met een diameter van 1 meter en een deel projecteert eruit aan de linkerkant. Er zijn in de bol vele ontploffingen te zien en ook ontstaat er geknetter van kleine lichtflitsen. Vlak na de eerste projectie op links komt er een tweede over de grond. Deze branden rustig uit links van de opstelling in ongeveer 1 seconde. Nadat deze twee delen zich uit de bol hebben geprojecteerd valt het restant op de grond en brand daar in ongeveer 1 seconde uit. Zodra het vuur niet meer zichtbaar is, ontploft het en projecteren er zich deeltjes uit die later zullen ontploffen als geknetter van kleine lichtflitsen.

*Pictures:*

Afb. K-20 Vuurwerkeffecten

Afb. K-21 Knetterende lichtflitsen

**Bijlage L Berekeningen Springdag 20 dec**

| 5cm | R-P | P-CK | T-CK | affs K - T | kPa T | kPa P | tanhoek | hoek gra |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Heel | 47,5 | 48,5 | 35,5 | 35,9 | 4653 | 3955 | 0,141 | 8,03 |
| Heel | 45 | 51 | 38 | 38,3 | 4145 | 3523 | 0,132 | 7,52 |
| Heel | 42,5 | 53,5 | 40,5 | 40,8 | 3691 | 3137 | 0,123 | 7,01 |
| Heel | 40 | 56 | 43 | 43,3 | 3301 | 2806 | 0,116 | 6,62 |
| Half | 55 | 41 | 35 | 35,4 | 4769 | 4411 | 0,143 | 8,14 |
| Half | 52,5 | 43,5 | 37,5 | 37,8 | 4244 | 3926 | 0,133 | 7,58 |
| Half | 50 | 46 | 40 | 40,3 | 3776 | 3493 | 0,125 | 7,13 |
| Half | 47,5 | 48,5 | 42,5 | 42,8 | 3374 | 3121 | 0,118 | 6,73 |
| Zonder | 61 | 35 | 35 | 35,4 | 4769 | 4769 | 0,143 | 8,14 |
| Zonder | 58,5 | 37,5 | 37,5 | 37,8 | 4244 | 4244 | 0,133 | 7,58 |
| Zonder | 56 | 40 | 40 | 40,3 | 3776 | 3776 | 0,125 | 7,13 |
| Zonder | 53,5 | 42,5 | 42,5 | 42,8 | 3374 | 3374 | 0,118 | 6,73 |

| 7,5cm | R-P | P-CK | T-CK | affs K - T | kPa T | kPa P | tanhoek | hoek gra |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Heel | 47,5 | 48,5 | 35,5 | 36,3 | 4653 | 3955 | 0,211 | 11,91 |
| Heel | 45 | 51 | 38 | 38,7 | 4145 | 3523 | 0,197 | 11,14 |
| Heel | 42,5 | 53,5 | 40,5 | 41,2 | 3691 | 3137 | 0,185 | 10,48 |
| Heel | 40 | 56 | 43 | 43,6 | 3301 | 2806 | 0,174 | 9,87 |
| Half | 55 | 41 | 35 | 35,8 | 4769 | 4411 | 0,214 | 12,08 |
| Half | 52,5 | 43,5 | 37,5 | 38,2 | 4244 | 3926 | 0,200 | 11,31 |
| Half | 50 | 46 | 40 | 40,7 | 3776 | 3493 | 0,188 | 10,65 |
| Half | 47,5 | 48,5 | 42,5 | 43,2 | 3374 | 3121 | 0,176 | 9,98 |
| Zonder | 61 | 35 | 35 | 35,8 | 4769 | 4769 | 0,214 | 12,08 |
| Zonder | 58,5 | 37,5 | 37,5 | 38,2 | 4244 | 4244 | 0,200 | 11,31 |
| Zonder | 56 | 40 | 40 | 40,7 | 3776 | 3776 | 0,188 | 10,65 |
| Zonder | 53,5 | 42,5 | 42,5 | 43,2 | 3374 | 3374 | 0,176 | 9,98 |

| 10cm | R-P | P-CK | T-CK | affs K - T | kPa T | kPa P | tanhoek | hoek gra |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Heel | 47,5 | 48,5 | 35,5 | 36,9 | 4653 | 3955 | 0,282 | 15,75 |
| Heel | 45 | 51 | 38 | 39,3 | 4145 | 3523 | 0,263 | 14,74 |
| Heel | 42,5 | 53,5 | 40,5 | 41,7 | 3691 | 3137 | 0,247 | 13,89 |
| Heel | 40 | 56 | 43 | 44,1 | 3301 | 2806 | 0,233 | 13,12 |
| Half | 55 | 41 | 35 | 36,4 | 4769 | 4411 | 0,286 | 15,96 |
| Half | 52,5 | 43,5 | 37,5 | 38,8 | 4244 | 3926 | 0,267 | 14,95 |
| Half | 50 | 46 | 40 | 41,2 | 3776 | 3493 | 0,250 | 14,04 |
| Half | 47,5 | 48,5 | 42,5 | 43,7 | 3374 | 3121 | 0,235 | 13,22 |
| Zonder | 61 | 35 | 35 | 36,4 | 4769 | 4769 | 0,286 | 15,96 |
| Zonder | 58,5 | 37,5 | 37,5 | 38,8 | 4244 | 4244 | 0,267 | 14,95 |
| Zonder | 56 | 40 | 40 | 41,2 | 3776 | 3776 | 0,250 | 14,04 |
| Zonder | 53,5 | 42,5 | 42,5 | 43,7 | 3374 | 3374 | 0,235 | 13,22 |

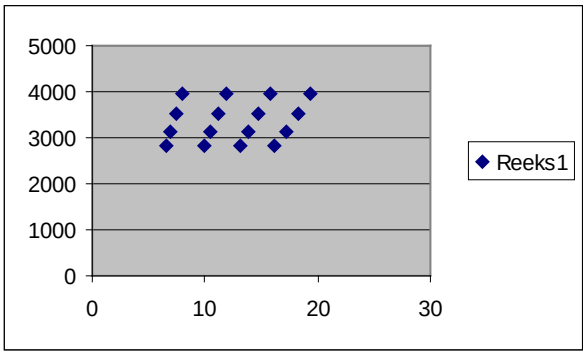
| 12,5cm | R-P | P-CK | T-CK | affs K - T | kPa T | kPa P | tanhoek | hoek gra |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Heel | 47,5 | 48,5 | 35,5 | 37,6 | 4653 | 3955 | 0,352 | 19,39 |
| Heel | 45 | 51 | 38 | 40,0 | 4145 | 3523 | 0,329 | 18,21 |
| Heel | 42,5 | 53,5 | 40,5 | 42,4 | 3691 | 3137 | 0,309 | 17,17 |
| Heel | 40 | 56 | 43 | 44,8 | 3301 | 2806 | 0,291 | 16,22 |
| Half | 55 | 41 | 35 | 37,2 | 4769 | 4411 | 0,357 | 19,65 |
| Half | 52,5 | 43,5 | 37,5 | 39,5 | 4244 | 3926 | 0,333 | 18,42 |
| Half | 50 | 46 | 40 | 41,9 | 3776 | 3493 | 0,313 | 17,38 |
| Half | 47,5 | 48,5 | 42,5 | 44,3 | 3374 | 3121 | 0,294 | 16,38 |
| Zonder | 61 | 35 | 35 | 37,2 | 4769 | 4769 | 0,357 | 19,65 |
| Zonder | 58,5 | 37,5 | 37,5 | 39,5 | 4244 | 4244 | 0,333 | 18,42 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zonder | 56 | 40 | 40 | 41,9 | 3776 | 3776 | 0,313 | 17,38 |
| Zonder | 53,5 | 42,5 | 42,5 | 44,3 | 3374 | 3374 | 0,294 | 16,38 |

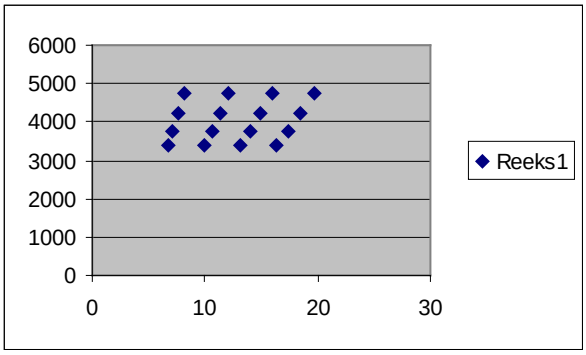
| 17,5cm | R-P | P-CK | T-CK | affs K - T | kPa T | kPa P | tanhoek | hoek gra |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Heel | 47,5 | 48,5 | 35,5 | 39,6 | 3900 | 3315 | 0,493 | 26,24 |
| Heel | 45 | 51 | 38 | 41,8 | 3528 | 2999 | 0,461 | 24,74 |
| Heel | 42,5 | 53,5 | 40,5 | 44,1 | 3188 | 2710 | 0,432 | 23,36 |
| Heel | 40 | 56 | 43 | 46,4 | 2890 | 2457 | 0,407 | 22,15 |
| Half | 55 | 41 | 35 | 39,1 | 3992 | 3693 | 0,500 | 26,57 |
| Half | 52,5 | 43,5 | 37,5 | 41,4 | 3592 | 3323 | 0,467 | 25,03 |
| Half | 50 | 46 | 40 | 43,7 | 3244 | 3001 | 0,438 | 23,65 |
| Half | 47,5 | 48,5 | 42,5 | 46,0 | 2939 | 2719 | 0,412 | 22,39 |
| zonder | 61 | 35 | 35 | 39,1 | 3992 | 3992 | 0,500 | 26,57 |
| zonder | 58,5 | 37,5 | 37,5 | 41,4 | 3592 | 3592 | 0,467 | 25,03 |
| zonder | 56 | 40 | 40 | 43,7 | 3244 | 3244 | 0,438 | 23,65 |
| zonder | 53,5 | 42,5 | 42,5 | 46,0 | 2939 | 2939 | 0,412 | 22,39 |

Overzicht in grafiek:

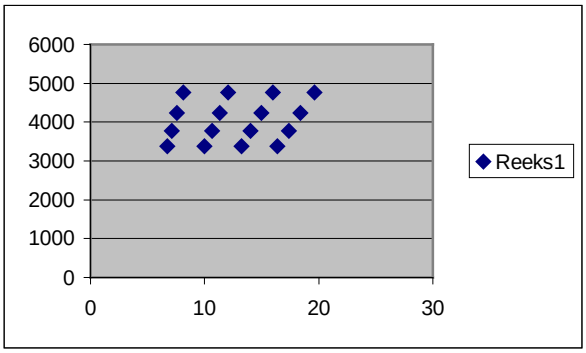
Hele Tube:




Halve Tube:



Zonder Tube:



**Bijlage M Resultaten Springdagen 20 december**

| Name | no. | Constr. | P | Pd | R - BP | R - FP | Pyr. | T | BT - C | FT - C | FT - PE | Z | Check | Angle | Bl. Cap | Aimed | Reaction | What reaction |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VW 2005-12-20 / 1 | b1 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 38,5 | 49 | 8 | 0 | 52,5 | 52,5 | 52,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-20 / 1 | b2 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 39,5 | 50 | 8 | 0 | 51,5 | 51,5 | 51,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 1 | b3 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 40,5 | 51 | 8 | 0 | 50,5 | 50,5 | 50,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-20 / 1 | b4 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 41,5 | 52 | 8 | 0 | 49,5 | 49,5 | 49,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 1 | b5 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 42,5 | 53 | 8 | 0 | 48,5 | 48,5 | 48,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 1 | b6 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 43,5 | 54 | 8 | 0 | 47,5 | 47,5 | 47,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-20 / 1 | b7 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 44,5 | 55 | 8 | 0 | 46,5 | 46,5 | 46,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 1 | b8 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 45,5 | 56 | 8 | 0 | 45,5 | 45,5 | 45,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 1 | b9 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 46,5 | 57 | 8 | 0 | 44,5 | 44,5 | 44,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 1 | b10 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 47,5 | 58 | 8 | 0 | 43,5 | 43,5 | 43,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 1 | b11 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 48,5 | 59 | 8 | 0 | 42,5 | 42,5 | 42,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 1 | b12 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 49,5 | 60 | 8 | 0 | 41,5 | 41,5 | 41,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 2 | b1 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 40,5 | 51 | 8 | 8 | 50,5 | 42,5 | 42,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 2 | b2 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 41,5 | 52 | 8 | 8 | 49,5 | 41,5 | 41,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 2 | b3 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 42,5 | 53 | 8 | 8 | 48,5 | 40,5 | 40,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 2 | b5 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 43,5 | 54 | 8 | 8 | 47,5 | 39,5 | 39,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 2 | b6 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 44,5 | 55 | 8 | 8 | 46,5 | 38,5 | 38,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 2 | b7 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 45,5 | 56 | 8 | 8 | 45,5 | 37,5 | 37,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 2 | b8 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 46,5 | 57 | 8 | 8 | 44,5 | 36,5 | 36,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 2 | b9 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 47,5 | 58 | 8 | 8 | 43,5 | 35,5 | 35,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 2 | b10 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 37,5 | 48 | 8 | 8 | 53,5 | 45,5 | 45,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-20 / 2 | b11 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 38,5 | 49 | 8 | 8 | 52,5 | 44,5 | 44,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction, Tube Damaged |
| VW 2005-12-20 / 2 | b12 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 39,5 | 50 | 8 | 8 | 51,5 | 43,5 | 43,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 3 | b1 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 40,5 | 51 | 8 | 15 | 50,5 | 35,5 | 35,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off |
| VW 2005-12-20 / 3 | b2 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 41,5 | 52 | 8 | 15 | 49,5 | 34,5 | 34,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 3 | b3 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 42,5 | 53 | 8 | 15 | 48,5 | 33,5 | 33,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 3 | b5 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 44,5 | 55 | 8 | 15 | 46,5 | 31,5 | 31,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 3 | b6 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 45,5 | 56 | 8 | 15 | 45,5 | 30,5 | 30,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 3 | b7 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 34,5 | 45 | 8 | 15 | 56,5 | 41,5 | 41,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 3 | b8 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 35,5 | 46 | 8 | 15 | 55,5 | 40,5 | 40,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-20 / 3 | b9 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 36,5 | 47 | 8 | 15 | 54,5 | 39,5 | 39,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-20 / 3 | b10 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 37,5 | 48 | 8 | 15 | 53,5 | 38,5 | 38,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 3 | b11 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 38,5 | 49 | 8 | 15 | 52,5 | 37,5 | 37,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-20 / 3 | b12 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 39,5 | 50 | 8 | 15 | 51,5 | 36,5 | 36,50 | 0 | 100,0 | 0,00 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 4 | b1 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 37 | 47,5 | 8 | 15 | 54 | 39 | 39,32 | 5 | 100,0 | 7,31 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 4 | b2 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 34,5 | 45 | 8 | 15 | 56,5 | 41,5 | 41,80 | 5 | 100,0 | 6,87 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 4 | b3 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 32 | 42,5 | 8 | 15 | 59 | 44 | 44,28 | 5 | 100,0 | 6,48 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 4 | b5 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 44,5 | 55 | 8 | 8 | 46,5 | 38,5 | 38,82 | 5 | 100,0 | 7,40 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VW 2005-12-20 / 4 | b6 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 42 | 52,5 | 8 | 8 | 49 | 41 | 41,30 | 5 | 100,0 | 6,95 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 4 | b7 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 39,5 | 50 | 8 | 8 | 51,5 | 43,5 | 43,79 | 5 | 100,0 | 6,56 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 4 | b8 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 37 | 47,5 | 8 | 8 | 54 | 46 | 46,27 | 5 | 100,0 | 6,20 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-20 / 4 | b9 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 50,5 | 61 | 8 | 0 | 40,5 | 40,5 | 40,81 | 5 | 100,0 | 7,04 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 4 | b10 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 48 | 58,5 | 8 | 0 | 43 | 43 | 43,29 | 5 | 100,0 | 6,63 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 4 | b11 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 45,5 | 56 | 8 | 0 | 45,5 | 45,5 | 45,77 | 5 | 100,0 | 6,27 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 4 | b12 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 43 | 53,5 | 8 | 0 | 48 | 48 | 48,26 | 5 | 100,0 | 5,95 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 5 | b1 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 37 | 47,5 | 8 | 15 | 54 | 39 | 39,71 | 7,5 | 100,0 | 10,89 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off |
| VW 2005-12-20 / 5 | b2 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 34,5 | 45 | 8 | 15 | 56,5 | 41,5 | 42,17 | 7,5 | 100,0 | 10,24 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 5 | b3 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 32 | 42,5 | 8 | 15 | 59 | 44 | 44,63 | 7,5 | 100,0 | 9,67 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off |
| VW 2005-12-20 / 5 | b5 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 44,5 | 55 | 8 | 8 | 46,5 | 38,5 | 39,22 | 7,5 | 100,0 | 11,02 | U | Y | N | No Reaction, Loose powdertube |
| VW 2005-12-20 / 5 | b6 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 42 | 52,5 | 8 | 8 | 49 | 41 | 41,68 | 7,5 | 100,0 | 10,37 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 5 | b7 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 39,5 | 50 | 8 | 8 | 51,5 | 43,5 | 44,14 | 7,5 | 100,0 | 9,78 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 5 | b8 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 37 | 47,5 | 8 | 8 | 54 | 46 | 46,61 | 7,5 | 100,0 | 9,26 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-20 / 5 | b9 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 50,5 | 61 | 8 | 0 | 40,5 | 40,5 | 41,19 | 7,5 | 100,0 | 10,49 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 5 | b10 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 48 | 58,5 | 8 | 0 | 43 | 43 | 43,65 | 7,5 | 100,0 | 9,89 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 5 | b11 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 45,5 | 56 | 8 | 0 | 45,5 | 45,5 | 46,11 | 7,5 | 100,0 | 9,36 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off |
| VW 2005-12-20 / 5 | b12 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 43 | 53,5 | 8 | 0 | 48 | 48 | 48,58 | 7,5 | 100,0 | 8,88 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off |
| VW 2005-12-20 / 6 | b1 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 37 | 47,5 | 8 | 15 | 54 | 39 | 40,26 | 10 | 100,0 | 14,38 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off |
| VW 2005-12-20 / 6 | b2 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 34,5 | 45 | 8 | 15 | 56,5 | 41,5 | 42,69 | 10 | 100,0 | 13,55 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 6 | b3 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 32 | 42,5 | 8 | 15 | 59 | 44 | 45,12 | 10 | 100,0 | 12,80 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off |
| VW 2005-12-20 / 6 | b5 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 44,5 | 55 | 8 | 8 | 46,5 | 38,5 | 39,78 | 10 | 100,0 | 14,56 | U | Y | N | No Reaction, Loose powdertube |
| VW 2005-12-20 / 6 | b6 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 42 | 52,5 | 8 | 8 | 49 | 41 | 42,20 | 10 | 100,0 | 13,71 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 6 | b7 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 39,5 | 50 | 8 | 8 | 51,5 | 43,5 | 44,63 | 10 | 100,0 | 12,95 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 6 | b8 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 37 | 47,5 | 8 | 8 | 54 | 46 | 47,07 | 10 | 100,0 | 12,26 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-20 / 6 | b9 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 50,5 | 61 | 8 | 0 | 40,5 | 40,5 | 41,72 | 10 | 100,0 | 13,87 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 6 | b10 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 48 | 58,5 | 8 | 0 | 43 | 43 | 44,15 | 10 | 100,0 | 13,09 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 6 | b11 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 45,5 | 56 | 8 | 0 | 45,5 | 45,5 | 46,59 | 10 | 100,0 | 12,40 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off |
| VW 2005-12-20 / 6 | b12 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 43 | 53,5 | 8 | 0 | 48 | 48 | 49,03 | 10 | 100,0 | 11,77 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off |
| VW 2005-12-20 / 7 | b1 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 37 | 47,5 | 8 | 15 | 54 | 39 | 40,95 | 12,5 | 100,0 | 17,77 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 7 | b2 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 34,5 | 45 | 8 | 15 | 56,5 | 41,5 | 43,34 | 12,5 | 100,0 | 16,76 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 7 | b3 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 32 | 42,5 | 8 | 15 | 59 | 44 | 45,74 | 12,5 | 100,0 | 15,86 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-20 / 7 | b5 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 44,5 | 55 | 8 | 8 | 46,5 | 38,5 | 40,48 | 12,5 | 100,0 | 17,99 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 7 | b6 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 42 | 52,5 | 8 | 8 | 49 | 41 | 42,86 | 12,5 | 100,0 | 16,96 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-20 / 7 | b7 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 39,5 | 50 | 8 | 8 | 51,5 | 43,5 | 45,26 | 12,5 | 100,0 | 16,03 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-20 / 7 | b8 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 37 | 47,5 | 8 | 8 | 54 | 46 | 47,67 | 12,5 | 100,0 | 15,20 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-20 / 7 | b9 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 50,5 | 61 | 8 | 0 | 40,5 | 40,5 | 42,39 | 12,5 | 100,0 | 17,15 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 7 | b10 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 48 | 58,5 | 8 | 0 | 43 | 43 | 44,78 | 12,5 | 100,0 | 16,21 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 7 | b11 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 45,5 | 56 | 8 | 0 | 45,5 | 45,5 | 47,19 | 12,5 | 100,0 | 15,36 | U | Y | Y | Reaction, Went off |
| VW 2005-12-20 / 7 | b12 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 43 | 53,5 | 8 | 0 | 48 | 48 | 49,60 | 12,5 | 100,0 | 14,60 | U | Y | Y | Reaction, Went off |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VW 2005-12-20 / 8 | b1 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 37 | 47,5 | 8 | 15 | 54 | 39 | 42,75 | 17,5 | 100,0 | 24,17 | U | Y | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 8 | b2 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 34,5 | 45 | 8 | 15 | 56,5 | 41,5 | 45,04 | 17,5 | 100,0 | 22,86 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 8 | b3 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 32 | 42,5 | 8 | 15 | 59 | 44 | 47,35 | 17,5 | 100,0 | 21,69 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 8 | b5 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 44,5 | 55 | 8 | 8 | 46,5 | 38,5 | 42,29 | 17,5 | 100,0 | 24,44 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 8 | b6 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 42 | 52,5 | 8 | 8 | 49 | 41 | 44,58 | 17,5 | 100,0 | 23,11 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off, Tube gone |
| VW 2005-12-20 / 8 | b7 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 39,5 | 50 | 8 | 8 | 51,5 | 43,5 | 46,89 | 17,5 | 100,0 | 21,91 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-20 / 8 | b8 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 37 | 47,5 | 8 | 8 | 54 | 46 | 49,22 | 17,5 | 100,0 | 20,83 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-20 / 8 | b9 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 50,5 | 61 | 8 | 0 | 40,5 | 40,5 | 44,12 | 17,5 | 100,0 | 23,37 | U | Y | N | No Reaction |
| VW 2005-12-20 / 8 | b10 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 48 | 58,5 | 8 | 0 | 43 | 43 | 46,42 | 17,5 | 100,0 | 22,15 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off |
| VW 2005-12-20 / 8 | b11 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 45,5 | 56 | 8 | 0 | 45,5 | 45,5 | 48,75 | 17,5 | 100,0 | 21,04 | U | Y | Y | Reaction, Front part went off |
| VW 2005-12-20 / 8 | b12 | dS1 | 10,5 | 9,5 | 43 | 53,5 | 8 | 0 | 48 | 48 | 51,09 | 17,5 | 100,0 | 20,03 | U | Y | N | No Reaction |

**Bijlage N Analyse Springdagen 20 dec.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Testname:* | VW 2005-12-20 / 1 | | | | | |
| *General Parameters:* | | | | | | |
| Aimed: | Yes | Blast. Cap: | | Under | Construction: | Ring construction |
| *Parameters:* | | | | | *Results:* | |
| No. | R - FP | T | FT - PE | Angle | Reaction | What reaction |
| b1 | 49 | 0 | 52,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b2 | 50 | 0 | 51,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off |
| b3 | 51 | 0 | 50,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b4 | 52 | 0 | 49,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off |
| b5 | 53 | 0 | 48,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off |
| b6 | 54 | 0 | 47,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b7 | 55 | 0 | 46,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off |
| b8 | 56 | 0 | 45,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off |
| b9 | 57 | 0 | 44,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off |
| b10 | 58 | 0 | 43,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off |
| b11 | 59 | 0 | 42,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off |
| b12 | 60 | 0 | 41,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off |

*Description video footage:*

Door de explosie van het kneed ontstaat er een vuurbal met een diameter van ong. 4 meter. Terwijl de vuurbol kleiner wordt, schiet er na 0,12sec een rode vuurbal uit de linker kant van de grote vuurbol (op het kleine beeldje). En ongeveer 0,06 seconde erna een projectie naar rechts op het grote beeld. Hierna lijkt er een ontploffing te zijn waarbij de grotere vuurbol in het midden opdeelt in 3 delen, een schiet links omhoog, en twee delen vallen op de grond. Het deel wat omhoog schiet, gaat uit beeld en valt niet op de grond dus is snel uitgebrand. Het deel wat op de grond valt brand op een stukje na uit in 1,5 seconde nadat het de grond raakt. Het laatste brandende deel geeft nog wat kleine ontploffingen en waarvan uit de laatste veel knetterende kleine lichtflitsen komen. Daarna dooft de bol zich. Er ontstaat witte en donkere rook.

*Pictures:*

Afb. N-1 Brandend vuurwerk valt uiteen Afb. N-2 Explosie laatste brandende deel

| *Testname:* | VW 2005-12-20 / 2 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *General Parameters:* | | | | | | |
| Aimed: | Yes | Blast. Cap: | | Under | Construction: | Ring construction |
| *Parameters:* | | | | | *Results:* | |
| No. | R - FP | T | FT - PE | Angle | Reaction | What reaction |
| b1 | 51 | 8 | 42,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b2 | 52 | 8 | 41,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b3 | 53 | 8 | 40,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b5 | 54 | 8 | 39,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b6 | 55 | 8 | 38,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b7 | 56 | 8 | 37,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b8 | 57 | 8 | 36,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b9 | 58 | 8 | 35,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b10 | 48 | 8 | 45,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b11 | 49 | 8 | 44,50 | 0,00 | N | No Reaction, Tube Damaged |
| b12 | 50 | 8 | 43,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |

*Description video footage:*

Door de explosie van het kneed ontstaat er een vuurbal met een diameter van ong. 4 meter. Terwijl deze vuurbal kleiner wordt, veranderd de kleur naar rood en schieten er 4 projecties uit, twee aan de linkervoorzijde van de opstelling en 2 aan de rechtervoorzijde van de opstelling (op het grote beeld). Alle vier de projecties zijn rode ballen. Op het moment dat deze eruit schieten zijn er knetterende lichtflitsen te zien op de plek van de opstelling. Deze 4 projecties landen op plekken tussen de 4 en de 10 meter vanaf het middelpunt. Waar ze uitbranden. Het deel wat op de grond viel brand in 3 seconde uit. Een halve seconde voordat het uit gaat is er nog een laatste kleine ontploffing. Er ontstaat witte en donkere rook.

*Pictures:*

Afb. N-3 Vuurbal na 0,12 sec

Afb. N-4 Projectie van 4 delen brandend vuurwerk

| *Testname:* | VW 2005-12-20 / 3 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *General Parameters:* | | | | | | |
| Aimed: | Yes | Blast. Cap: | | Under | Construction: | Ring construction |
| *Parameters:* | | | | | *Results:* | |
| No. | R - FP | T | FT - PE | Angle | Reaction | What reaction |
| b1 | 51 | 15 | 35,50 | 0,00 | Y | Reaction, Front part went off |
| b2 | 52 | 15 | 34,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b3 | 53 | 15 | 33,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b5 | 55 | 15 | 31,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b6 | 56 | 15 | 30,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b7 | 45 | 15 | 41,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b8 | 46 | 15 | 40,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b9 | 47 | 15 | 39,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b10 | 48 | 15 | 38,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b11 | 49 | 15 | 37,50 | 0,00 | N | No Reaction |
| b12 | 50 | 15 | 36,50 | 0,00 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |

*Description video footage:*

Door de explosie van het kneed ontstaat er een vuurbal met een diameter van ong. 4 meter. Terwijl deze vuurbal kleiner wordt, veranderd de kleur naar rood en schiet er een projectie uit naar de rechterkant van de opstelling op het grote beeld. Deze projectie is een rode bal. Deze projectie wordt gevolgd door een ontploffing in de vuurbal waardoor deze uiteen valt. Er ontstaat een projectie naar rechts op het kleine beeld, ook deze projectie is een rode bal. Daarnaast vallen er drie brandende delen op de grond voor de opstelling op het grote beeld en zijn er veel knetterende kleine lichtflitsen te zien. De drie brandende delen op de grond branden uit in ong. een seconde. 0,2 seconde nadat het laatste deeltje is uitgebrand ontbrand er op een andere plaats een gevallen deeltje in een rode gloed. Deze brand voor ongeveer 1 ½ seconde. Er ontstaat witte en donkere rook.

*Pictures:*

Afb. N-5 De sporen van de twee projecties (kleine beeld naar rechts en links) met de knetterende lichtflitsen.

| *Testname:* | VW 2005-12-20 / 4 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *General Parameters:* | | | | | | |
| Aimed: | Yes | Blast. Cap: | | Under | Construction: | Ring construction |
| *Parameters:* | | | | | *Results:* | |
| No. | R - FP | T | FT - PE | Angle | Reaction | What reaction |
| b1 | 47,5 | 15 | 39,32 | 7,31 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b2 | 45 | 15 | 41,80 | 6,87 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b3 | 42,5 | 15 | 44,28 | 6,48 | Y | Reaction, Went off |
| b5 | 55 | 8 | 38,82 | 7,40 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b6 | 52,5 | 8 | 41,30 | 6,95 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b7 | 50 | 8 | 43,79 | 6,56 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b8 | 47,5 | 8 | 46,27 | 6,20 | N | No Reaction |
| b9 | 61 | 0 | 40,81 | 7,04 | Y | Reaction, Went off |
| b10 | 58,5 | 0 | 43,29 | 6,63 | Y | Reaction, Went off |
| b11 | 56 | 0 | 45,77 | 6,27 | Y | Reaction, Went off |
| b12 | 53,5 | 0 | 48,26 | 5,95 | Y | Reaction, Went off |

*Description video footage:*

Door de explosie van het kneed ontstaat er een vuurbal met een diameter van ong. 4 meter. Terwijl deze vuurbal kleiner wordt, veranderd de kleur naar rood en schieten 3 kleine brandende delen en 1 grote projectie uit naar de rechterkant van de opstelling op het grote beeld. Er zijn knetterende lichtflitsen. Direct gevolgd op de eerste projectie schiet er een rode bol uit naar het midden van de opstelling op het grote beeld, en direct daarop gevolgd nog een projectie naar de linkerkant van de opstelling op het grote beeld. Hierna is er een ontploffing in de overgebleven vuurbal en er schiet nog een vuurbal weg naar de rechterkant van de opstelling op het grote beeld, deze schiet uit beeld. Het overgebleven brandende materiaal valt op de grond. De projecties naar rechts en naar het midden branden in een seconde uit. De projectie naar links ontploft in ongeveer 1,1 seconde waarbij er veel knetterende lichtflitsen ontstaan. Het overgebleven brandende materiaal in het midden van de opstelling dooft zich 2 seconde na de ontploffing van de linker projectie. Er ontstaat witte en donkere rook.

*Pictures:*

Afb. N-6 Vuurbal na 0,2 sec

Afb. N-7 Explosie (links) waarbij knetterende lichtflitsen wegschieten

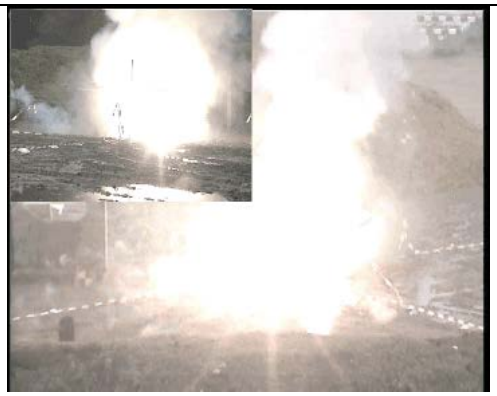
| *Testname:* | VW 2005-12-20 / 5 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *General Parameters:* | | | | | | |
| Aimed: | Yes | Blast. Cap: | | Under | Construction: | Ring construction |
| *Parameters:* | | | | | *Results:* | |
| No. | R - FP | T | FT - PE | Angle | Reaction | What reaction |
| b1 | 47,5 | 15 | 39,71 | 10,89 | Y | Reaction, Front part went off |
| b2 | 45 | 15 | 42,17 | 10,24 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b3 | 42,5 | 15 | 44,63 | 9,67 | Y | Reaction, Front part went off |
| b5 | 55 | 8 | 39,22 | 11,02 | N | No Reaction, Loose powdertube |
| b6 | 52,5 | 8 | 41,68 | 10,37 | Y | Reaction, Went off |
| b7 | 50 | 8 | 44,14 | 9,78 | Y | Reaction, Front part went off, Tube gone |
| b8 | 47,5 | 8 | 46,61 | 9,26 | N | No Reaction |
| b9 | 61 | 0 | 41,19 | 10,49 | Y | Reaction, Went off |
| b10 | 58,5 | 0 | 43,65 | 9,89 | Y | Reaction, Went off |
| b11 | 56 | 0 | 46,11 | 9,36 | Y | Reaction, Front part went off |
| b12 | 53,5 | 0 | 48,58 | 8,88 | Y | Reaction, Front part went off |

*Description video footage:*

Door de explosie van het kneed ontstaat er een vuurbal met een diameter van ong. 4 meter. Terwijl deze vuurbal kleiner wordt, ontstaat er een tweede explosie vanuit de vuurbol in het midden van de opstelling, dit is ongeveer 0,2 seconde nadat het kneed explodeerde. Hierdoor wordt de vuurbal weer groter en groeit tot ongeveer een vuurbal met een diameter van ongeveer 4 meter. Hierna wordt deze bal weer kleiner, en krijgt deze een rode gloed. Dan schieten er twee delen naar de voorkant van de opstelling op het grote beeld en tegelijkertijd vallen er twee delen op de grond in het midden van de opstelling, hierbij ontstaan veel knetterende lichtflitsen. De eerste projectie dooft vrijwel direct de tweede, een rode bal, brand nog even, maar verdwijnt dan uit beeld. De brandende delen op de grond blijven branden, ongeveer 1,4 seconde nadat het linker (op het grote beeld) deel de grond heeft geraakt ontploft het en ontstaan er veel knetterende lichtflitsen. Tegelijk met het kleiner worden van de vuurbal van deze ontploffing doven de twee op de grond gevallen delen. nadat het laatste deeltje is uitgebrand ontbrand er op een andere plaats een gevallen deeltje in een rode gloed. Deze brand voor ongeveer 1,6 seconde. Er ontstaat witte en donkere rook.

*Pictures:*

Afb. N-8 Projectie na 0,5 sec



Afb. N-9 Explosie waarbij knetterende lichtflitsen wegschieten

| *Testname:* | VW 2005-12-20 / 6 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *General Parameters:* | | | | | | |
| Aimed: | Yes | Blast. Cap: | | Under | Construction: | Ring construction |
| *Parameters:* | | | | | *Results:* | |
| No. | R - FP | T | FT - PE | Angle | Reaction | What reaction |
| b1 | 47,5 | 15 | 40,26 | 14,38 | Y | Reaction, Front part went off |
| b2 | 45 | 15 | 42,69 | 13,55 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b3 | 42,5 | 15 | 45,12 | 12,80 | Y | Reaction, Front part went off |
| b5 | 55 | 8 | 39,78 | 14,56 | N | No Reaction, Loose powdertube |
| b6 | 52,5 | 8 | 42,20 | 13,71 | Y | Reaction, Went off |
| b7 | 50 | 8 | 44,63 | 12,95 | Y | Reaction, Front part went off, Tube gone |
| b8 | 47,5 | 8 | 47,07 | 12,26 | N | No Reaction |
| b9 | 61 | 0 | 41,72 | 13,87 | Y | Reaction, Went off |
| b10 | 58,5 | 0 | 44,15 | 13,09 | Y | Reaction, Went off |
| b11 | 56 | 0 | 46,59 | 12,40 | Y | Reaction, Front part went off |
| b12 | 53,5 | 0 | 49,03 | 11,77 | Y | Reaction, Front part went off |

*Description video footage:*

Door de explosie van het kneed ontstaat er een vuurbal met een diameter van ong. 4 meter. Terwijl deze vuurbal kleiner wordt, ontstaat er een tweede explosie vanuit de vuurbol in het midden van de opstelling, dit is ongeveer 0,2 seconde nadat het kneed explodeerde. Hierdoor wordt de vuurbal weer groter en groeit tot ongeveer een vuurbal met een diameter van ongeveer 4 meter. Terwijl deze vuurbal weer groeit schiet er een rode bal uit aan de linkerkant van de opstelling op het grote beeld. Deze schiet tegen de betonnen constructie na de opstelling aan, en valt op de grond. Hierna wordt deze bal weer kleiner, en krijgt deze een rode gloed. Dan vallen er twee delen vanuit het midden van de opstelling op de grond. Deze branden in ongeveer 0,8 seconde uit. Het deel dat achtergebleven is ontploft en creëert een vuurbal met een diameter van ongeveer 2 meter. Dit deel valt als de vuurbal weer kleiner wordt uit elkaar in drie delen waarvan er een op de grond valt en twee ongeveer 2 meter naar voren schieten (op het grote beeld). Een seconde nadat deze twee delen eruit zijn geschoten, is er een gedoofd en ontploft de ander, hieruit ontstaan knetterende lichtflitsen. Een halve seconde na deze ontploffing ontploft het laatste achtergebleven deel op de grond, ook hieruit ontstaan knetterende lichtflitsen. Er ontstaat witte en donkere rook.

*Pictures:*

Afb. N-10 Eerste projectie

Afb. N-11 Knetterende lichtflitsen

| *Testname:* | VW 2005-12-20 / 7 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *General Parameters:* | | | | | | |
| Aimed: | Yes | Blast. Cap: | | Under | Construction: | Ring construction |
| *Parameters:* | | | | | *Results:* | |
| No. | R - FP | T | FT - PE | Angle | Reaction | What reaction |
| b1 | 47,5 | 15 | 40,95 | 17,77 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b2 | 45 | 15 | 43,34 | 16,76 | Y | Reaction, Front part went off, Tube gone |
| b3 | 42,5 | 15 | 45,74 | 15,86 | N | No Reaction |
| b5 | 55 | 8 | 40,48 | 17,99 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b6 | 52,5 | 8 | 42,86 | 16,96 | N | No Reaction |
| b7 | 50 | 8 | 45,26 | 16,03 | N | No Reaction |
| b8 | 47,5 | 8 | 47,67 | 15,20 | N | No Reaction |
| b9 | 61 | 0 | 42,39 | 17,15 | Y | Reaction, Went off |
| b10 | 58,5 | 0 | 44,78 | 16,21 | Y | Reaction, Went off |
| b11 | 56 | 0 | 47,19 | 15,36 | Y | Reaction, Went off |
| b12 | 53,5 | 0 | 49,60 | 14,60 | Y | Reaction, Went off |

*Description video footage:*

Door de explosie van het kneed ontstaat er een vuurbal met een diameter van ong. 4 meter. Terwijl deze vuurbal kleiner wordt, veranderd de kleur naar rood en schiet er een projectie uit naar de linkerkant van de opstelling op het grote beeld. Deze projectie is een rode bal. Deze projectie verdwijnt achter de betonnen constructie. De rode vuurbal wordt iets groter en er ontstaan kleine brandende deeltjes en een grotere rode bal die naar rechts van de opstelling op het kleine beeldje worden geprojecteerd. De vuurbal in het midden van de opstelling valt in twee delen op de grond, na 0,3 seconde licht het rechter deel op het grote beeld op. 1,2 seconde nadat het linker deel op de grond is gevallen ontploft het en ontstaan er knetterende lichtflitsen. 0,6 seconde na deze ontploffing licht het rechterdeel wat op de grond licht nog een keer op, 0,6 seconde hierna dooft het zich. Er ontstaat witte en donkere rook.

*Pictures:*

Afb. N-12 De eerste projectie na 0,16 sec

Afb. N-13 Explosie waaruit knetterende lichtflitsen schieten

| *Testname:* | VW 2005-12-20 / 8 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *General Parameters:* | | | | | | |
| Aimed: | Yes | Blast. Cap: | | Under | Construction: | Ring construction |
| *Parameters:* | | | | | *Results:* | |
| No. | R - FP | T | FT - PE | Angle | Reaction | What reaction |
| b1 | 47,5 | 15 | 42,75 | 24,17 | Y | Reaction, Went off, Tube gone |
| b2 | 45 | 15 | 45,04 | 22,86 | Y | Reaction, Front part went off, Tube gone |
| b3 | 42,5 | 15 | 47,35 | 21,69 | Y | Reaction, Front part went off, Tube gone |
| b5 | 55 | 8 | 42,29 | 24,44 | Y | Reaction, Front part went off, Tube gone |
| b6 | 52,5 | 8 | 44,58 | 23,11 | Y | Reaction, Front part went off, Tube gone |
| b7 | 50 | 8 | 46,89 | 21,91 | N | No Reaction |
| b8 | 47,5 | 8 | 49,22 | 20,83 | N | No Reaction |
| b9 | 61 | 0 | 44,12 | 23,37 | N | No Reaction |
| b10 | 58,5 | 0 | 46,42 | 22,15 | Y | Reaction, Front part went off |
| b11 | 56 | 0 | 48,75 | 21,04 | Y | Reaction, Front part went off |
| b12 | 53,5 | 0 | 51,09 | 20,03 | N | No Reaction |

*Description video footage:*

Door de explosie van het kneed ontstaat er een vuurbal met een diameter van ong. 4 meter. Deze wordt kleiner en krijgt een rode kleur. Totdat een klein rood brandend stukje op de grond valt. Het heeft nu nog maar een diameter van hooguit 10 cm. Zodra het op de grond valt wordt de vuurbal weer groter tot ongeveer een halve meter. Er ontstaan knetterende lichtflitsen. Ongeveer een seconde na de explosie van het kneed reageert er een buis aan de ring, buis 1. Er komt een vlam uit. Kort daarna laait de vuurbal op de grond op, tot een diameter van 1 meter, en wordt daarna weer kleiner. Kort daarop wordt de vuurbol weer groter en er volgen knetterende lichtflitsen, Dit is ongeveer 1,6 seconde nadat het kneed is geëxplodeerd. Hierop volgend lijkt zich een nieuw deel te ontbranden, op de plek van de vuurbal, deze ontploft 2,4 seconde later, en er ontstaan opnieuw knetterende lichtflitsen. Na deze effecten ontstaat er weer een nieuwe gloed op dezelfde plek, die 2 seconde brand voordat deze ontploft en er knetterende lichtflitsen ontstaan. Er ontstaat witte er donkere rook.

*Pictures:*

Afb. N-14 Brandend vuurwerk op de grond

Afb. N-15 Een van de explosies waaruit knetterende lichtflitsen schieten

**Bijlagen O Internetpaginas**

1. CHAF
2. Karl Raimund Popper – Wikipedia
3. Falsifieerbaarheid - Wikipedia

*1. CHAF*

# CHAF

## Information

A number of serious accidents in European Union countries involving explosions in the large scale storage of fireworks have shown that adequate understanding of the mechanisms that cause explosion under bulk storage conditions is essential.

Safety guidelines are currently based on UN Test Series 6, which was initially developed for the transport classification of high explosives and munitions. There are no specialised tests available for the classification of fireworks, either for transport or, more specifically, in relation to bulk storage.

In contrast to the state of knowledge with regard to the risk of accidental explosions involving high explosives and blast effects from high explosives, there is a lack of knowledge about the mechanisms of flame spread and pressure build-up in packaged pyrotechnic articles under conditions of confinement. This information is essential in understanding their behaviour in a fire. Currently, the hazards posed by pyrotechnic articles (especially display fireworks) during transport and bulk storage are not properly quantified.

In order to address this problem a research programme has been established entitled 'Quantification and control of the hazards associated with the transport and bulk storage of fireworks (CHAF)'.

This research programme will be undertaken by three partners i.e. The Health and Safety Laboratory (United Kingdom), TNO Prins Maurits Laboratory (The Netherlands) and Bundesanstalt für Materialforschung und - prüfung (Germany) and coordinated by the former. The results from the research will provide the knowledge and methodology to generate appropriate information on the risks associated with the bulk storage and transport of display fireworks. The outcome of the programme will include proposed changes to existing UN Series 6 tests to make them more applicable to the classification of display fireworks for transport, and a reliable and cost-effective medium scale method for assessing hazards in bulk storage and large scale transport.

*2 Karl Raimund Popper- Wikipedia*

artikel | overleg | bewerk | geschiedenis

Persoonlijk verzoek voor giften van Wikipedia-oprichter Jimmy Wales

navigatie
- Hoofdpagina
- Artikelindex
- Categorieën
- Recente wijzigingen
- Willekeurig artikel

informatie
- Gebruikersportaal
- In het nieuws
- Help en contact
- Financieel bijdragen

zoeken

Artikel | Zoeken

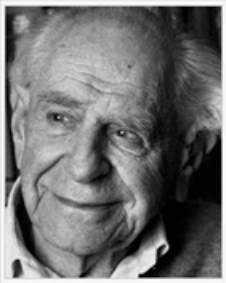
hulpmiddelen
- Links naar deze pagina
- Verwante wijzigingen
- Upload
- Speciale pagina's
- Printer-vriendelijke versie
- Permalink
- Citeer dit artikel

in andere talen
- العربية
- Български
- বাংলা
- Català
- Česky
- Dansk
- Deutsch
- English
- Esperanto
- Español
- Eesti
- Suomi
- Français
- Galego
- עברית
- Magyar
- Bahasa Indonesia
- Ido
- Italiano
- 日本語
- Norsk (bokmål)
- Polski
- Português
- Română
- Slovenčina
- Svenska
- Türkçe
- Українська

# Karl Raimund Popper

(Doorverwezen vanaf Karl Popper)

**Karl Raimund Popper** (Wenen, 28 juli 1902 – Londen, 17 september 1994). De in Oostenrijk geboren Britse denker wordt algemeen beschouwd als een van de grootste wetenschapsfilosofen van de 20e eeuw. Daarnaast was hij een belangrijk sociaal en politiek filosoof, een onversaagd verdediger van de liberale democratie en de principes van sociale kritiek waar deze op is gebaseerd, en een onwrikbaar tegenstander van autoritarianisme. Hij is het bekendst geworden door zijn weerlegging van het klassieke model van wetenschap als een proces van observatie en inductie, zijn pleidooi voor falsifieerbaarheid als criterium om wetenschap van non-wetenschap te scheiden en zijn verdediging van de 'open maatschappij'.



Karl Popper

**Inhoud** [Niet tonen]


1 Korte biografie
2 Wetenschappelijk werk
3 Kritiek op Poppers werk
4 Literatuur
5 Belangrijkste werken
6 Externe links
7 Bronnen


## Korte biografie

[bewerk]

Hij werd in 1902 in Wenen geboren in een burgerlijk gezin van Joodse afkomst en studeerde aan de universiteit van Wenen. Hij promoveerde in 1928 bij Karl Bühler in de filosofie, en gaf les op een middelbare school van 1930 tot 1936. In 1937 emigreerde hij naar Nieuw-Zeeland uit zorg om het opkomende Nazisme. Daar werd hij lector in de filosofie aan Canterbury University College in Christchurch (NZ). In 1946 verhuisde hij naar Engeland om lector te worden in de logica en de wetenschappelijke methode aan de London School of Economics, waar hij in 1949 een leerstoel kreeg. Hij werd 'Sir' Karl Popper in 1965, en in 1976 tot 'Fellow' van de Royal Society gekozen. Hij trok zich uit het academische leven terug in 1969, hoewel hij intellectueel actief bleef tot aan zijn dood in 1994.

## Wetenschappelijk werk

[bewerk]

Popper bedacht zelf de term 'kritisch rationalisme' om zijn filosofie te omschrijven. Deze benaming is van belang omdat het zijn verwerping van het klassiek empirisme en van het observatie-inductiemodel dat zich daaruit had ontwikkeld aangeeft. Popper was een verklaard tegenstander van dit laatste model en meende in plaats daarvan dat wetenschappelijke theorieën universeel van aard zijn en alleen indirect kunnen worden getest door hun implicaties te toetsen. Hij meende ook dat wetenschappelijke theorieën, en in het algemeen alle menselijke kennis, onvermijdelijk uitsluitend hypothetisch zijn en worden gegenereerd door de creatieve verbeelding om problemen op te lossen die in een bepaalde historisch-culturele context zijn gerezen. Logisch gezien kan geen enkel aantal positieve waarnemingen om een theorie te testen deze bewijzen; maar een enkel tegenvoorbeeld waar de theorie niet opgaat is logisch beslissend: het toont aan dat de theorie waarvan de implicatie wordt getoetst niet juist is. Poppers weergave van deze logische asymmetrie tussen verificatie en falsificatie is een van de kernpunten van de wetenschapsfilosofie. Het bewoog hem ertoe om falsifieerbaarheid te kiezen als criterium voor het onderscheiden van wetenschap en non-wetenschap: een theorie kan uitsluitend wetenschappelijk zijn als hij ook falsificeerbaar is. Dit bewoog hem ertoe om zowel de aanspraak van het marxisme als die van de psychoanalyse op een wetenschappelijke status af te wijzen, omdat de theorieën waar deze beide stromingen op gebaseerd zijn niet falsifieerbaar zijn.

In 'The Open Society and Its Enemies' (de open maatschappij en haar vijanden) en 'The Poverty of Historicism' (de armoede van het historicisme) ontwikkelde Popper een krachtige kritiek op het historicisme en een sterke verdediging van de 'open maatschappij', de liberale democratie. Historicisme is de theorie dat de geschiedenis zich onwrikbaar en onvermijdelijk ontwikkelt volgens vaste wetten, die kunnen worden ontdekt, naar een bepaalde eindsituatie.

Popper beschouwde deze opvatting als de belangrijkste theoretische onderbouwing onder de meeste vormen van autoritarianisme en totalitarisme. Hij viel deze dus aan, erop wijzend dat deze is gebaseerd op onjuiste aannames over de aard van natuurwetten en voorspellingen. Omdat de toename van de menselijke kennis een oorzakelijke factor in de ontwikkeling van de menselijke geschiedenis is, en omdat *geen enkele maatschappij wetenschappelijk de toekomstige toestand van zijn kennis kan voorspellen*, is het daarom dus volgens Popper niet mogelijk om een voorspellende wetenschap van de menselijke geschiedenis op te stellen. Voor Popper zijn metafysisch en historisch indeterminisme onlosmakelijk met elkaar verbonden.

## Kritiek op Poppers werk

[bewerk]

Popper heeft ook een belangrijk aantal critici. Aan de ene kant zijn daar degenen die de claims van het historicisme of holisme als intellectueel

*3. Falsifieerbaarheid - Wikipedia*

Aanmelden en inschrijven

artikel | overleg | bewerk | geschiedenis

Persoonlijk verzoek voor giften van Wikipedia-oprichter Jimmy Wales

# Falsifieerbaarheid

(Doorverwezen vanaf Falsifieerbaar)

Een (wetenschappelijke of andere) theorie wordt gezegd **falsifieerbaar** te zijn als de criteria kunnen worden aangegeven op grond waarvan de theorie zou moeten worden verworpen. Anders geformuleerd heet een theorie falsifieerbaar als het mogelijk is een experiment uit te voeren, waarvoor geldt dat voorafgaand aan het uitvoeren van het experiment er exact aan te geven valt, bij welke uitkomst van het experiment er aanleiding zou bestaan om de geldigheid van de theorie te verwerpen. De zwaartekrachtstheorie voldoet hieraan: als ik een experiment uitvoer door een baksteen los te laten en die valt omhoog in plaats van omlaag, of hij blijft zweven, is mijn voorstelling van zwaartekracht kennelijk onjuist.

Het idee van **falsifieerbaarheid** is door Karl Popper als een kernpunt van wetenschappelijke theorievorming aangewezen en blijft nog steeds heel belangrijk, hoewel latere filosofen (Thomas Kuhn, Imre Lakatos) weer andere nadrukken legden. Een belangrijk gevolg van Poppers opvatting is dat een theorie nooit kan pretenderen de uiteindelijke, zekere waarheid te zijn: het blijft immers altijd mogelijk dat in de toekomst een falsificerend experiment zal worden verricht.

De Freudiaanse theorieën over de persoonlijkheid en het denken waarin de geest een Es, een ego en een superego bevat zijn niet falsifieerbaar en in die zin volgens Popper dus ook niet wetenschappelijk.

Categorieën: Onderzoek | Wetenschapsfilosofie

navigatie
- Hoofdpagina
- Artikelindex
- Categorieën
- Recente wijzigingen
- Willekeurig artikel

informatie
- Gebruikersportaal
- In het nieuws
- Help en contact
- Financieel bijdragen

zoeken

Artikel | Zoeken

hulpmiddelen
- Links naar deze pagina
- Verwante wijzigingen
- Upload
- Speciale pagina's
- Printer-vriendelijke versie
- Permalink
- Citeer dit artikel

in andere talen
- العربية
- Български

De laatste wijziging op deze pagina vond plaats op 22 dec 2005 19:28.
De inhoud van Wikipedia is zonder enige vorm van garantie beschikbaar onder de GNU Free Documentation License.
Privacybeleid | Over Wikipedia | Voorbehoud

**Bijlage P Ontwerp nieuwe constructie**

Ontwerpmethode: volgens Jellema: Ontwerpen

**Fase Initiatief**

Voor de proeven uitgevoerd door Leertouwer en de Sain, werd gebruik gemaakt van een ringconstructie, gemaakt door Leertouwer en verbeterd door de Sain. Deze ringconstructie bleek op sommige punten onvoldoende, en er ontstond een behoefte naar een nieuwe constructie. Om deze reden wordt hier een ontwerp gemaakt voor een nieuwe constructie.

**Fase Haalbaarheid**

De ringconstructie moet plaats bieden voor meerder delen vuurwerk, een aantal van 12 tot 16 stuks bleek bij de vorige proeven goed te werken. De constructie moet vervoerbaar zijn, en met mankracht opzetbaar. Daarnaast moet de bouwtijd tot het minimum beperkt blijven vanwege de beperkte tijd die de bouwer zal hebben voor het doen van zijn totale onderzoek. Kosten dienen zo laag mogelijk te zijn.

**Fase Projectdefinitie**

*Eisen en randvoorwaarden ontwerp:*

- Functionele eisen:
    - De constructie moet demontabel zijn.
    - De constructie moet vervoerbaar zijn in een combi.
    - De constructie moet met mankracht (over korte afstanden) te verplaatsen zijn.
    - De constructie moet met mankracht op te bouwen zijn.
    - De punten waarop de constructie op de grond moeten in hoogte verstelbaar zijn.
    - De constructie moet bestand zijn tegen de krachten die deze ondergaat (eigen gewicht, schokgolf).
    - Het monteren van het vuurwerk in de constructie moet snel te doen zijn.
    - De gemonteerde stukken vuurwerk moeten allen naar hetzelfde (middel)punt wijzen.
    - De afstand tussen de verschillende stukken vuurwerk en het middelpunt moet instelbaar zijn.
    - De constructie moet binnen beperkte tijd te bouwen zijn.
    - De constructie moet bestand zijn tegen de weersinvloeden.
    - Er moet een sferische schokgolf gecreëerd kunnen worden (zonder reflectie).
    - De constructie moet zo ontworpen zijn dat de schokbron hoger kan worden gehangen dan de stukken vuurwerk.

- Prestatie-eisen:
    - In de constructie moeten 12 tot 16 stuks vuurwerk te monteren zijn.
    - Het totale gewicht van de constructie mag niet meer dan 200kg zijn.
    - Het materiaal waarvan de constructie gebouwd is moet minimaal 1 jaar buiten kunnen staan zonder verval.
    - De afstand tussen de stukken vuurwerk en het middelpunt moeten minimaal instel baar zijn tussen de 100 en de 25 cm.
    - De gedemonteerde constructie mag niet meer dan 4.5 $m^3$ innemen.
    - De constructie moet een schokgolf van 10kPa kunnen weerstaan.
    - De plaats in de constructie waar de stukken vuurwerk worden gemonteerd moet minstens 1,25 meter boven het oppervlakte komen waar de constructie op staat.
    - De schokbron moet tot 75 cm boven het vlak waarin het vuurwerk gemonteerd is geplaatst kunnen worden.

*Plan van aanpak (PvA):*

1 Aanleiding/Kader:
In het kader van de afstudeerscriptie voor de KMA/UT wordt er onderzoek gedaan naar de reactie van vuurwerk op een schokgolf. Uit resultaten van deze proeven met de oude constructie is voortgekomen dat er een behoefte is een nieuwe verbeterde constructie.

2 Stand van zaken:
De huidige constructie is een handgranaatring met daar doorheen draadeind Ø 8. Daarop is aan de binnenzijde een pot gemonteerd waarin het stuk vuurwerk vastgeschroefd kan worden. Deze draadeindes kunnen ingesteld worden door de (vleugel)moeren te verdraaien. Tussen de binnen en buitenring is een koperen buisje geplaatst voor extra stijfheid. De ringconstructie wordt van de grond gehouden door een houten palen constructie. Deze worden afgeschoord met staaldraad.

3 Resultaat
Het resultaat moet een opstelling worden die zoveel mogelijk voldoet aan de gestelde eisen.

4 Strategie
Middels een projectmatige aanpak word er een ontwerp gemaakt. Dit wordt gedaan middels het volgende stappenschema. Eerst worden de eisen opgesteld waaraan de nieuwe constructie moet voldoen. Dit wordt beschreven in het PvE. Vervolgens worden er alternatieven ontwikkeld en worden er keuzes gemaakt op basis van meerdere criteria. Deze projectmatige aanpak volgt het proces zoals beschreven in Jellema.

5 Besluitvorming
De fasen worden normaal gesproken afgesloten door een beslisdocument. Hierin staat een omschrijving van de fase die wordt afgesloten, alsmede de aard van de beslissing die genomen moet worden, de resultaten van de betreffende fase en het genomen besluit. Op basis hiervan wordt dan het besluit genomen om door te gaan met het project. In dit project zal deze vraag altijd met een ja worden beantwoord, omdat de nieuwe opstelling er móét komen. Toch is het goed om aan het eind van elke fase te reflecteren aan het PvE. Hiervan zal verder geen verslag komen.

**Ontwerpfasen**

**Fase Structuurontwerp**

*PvE Structuurontwerp*

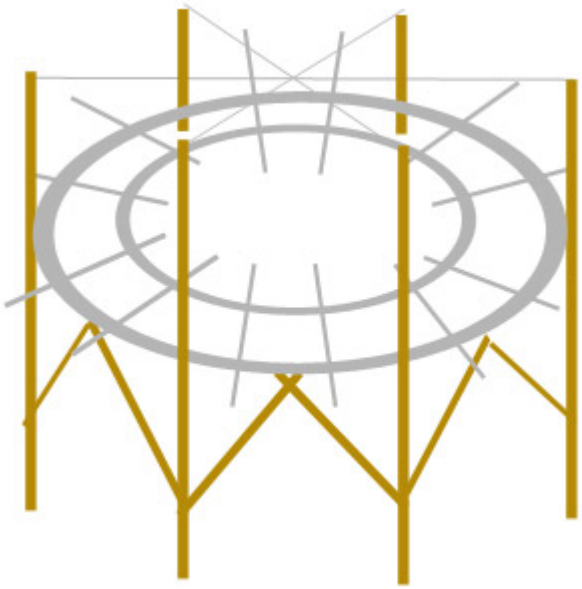
Blok A Gebruikseisen
- De constructie zal gebouwd en gebruikt worden voor onderzoek aan de KMA/UT door een cadet van de KMA. Deze zal de constructie gebruiken voor het testen van vuurwerk op een schokgolf.

Blok B Functionele eisen
- Functionele eisen:
    - De constructie moet demontabel zijn.
    - De constructie moet vervoerbaar zijn in een combi.
    - De constructie moet met mankracht (over korte afstanden) te verplaatsen zijn.
    - De constructie moet met mankracht op te bouwen zijn.
    - De punten waarop de constructie op de grond moeten in hoogte verstelbaar zijn.
    - De constructie moet bestand zijn tegen de krachten die deze ondergaat (eigen gewicht, schokgolf).
    - Het monteren van het vuurwerk in de constructie moet snel te doen zijn.
    - De gemonteerde stukken vuurwerk moeten allen naar hetzelfde (middel)punt wijzen.
    - De afstand tussen de verschillende stukken vuurwerk en het middelpunt moet instelbaar zijn.
    - De constructie moet binnen beperkte tijd te bouwen zijn.
    - De constructie moet bestand zijn tegen de weersinvloeden.
    - Er moet een sferische schokgolf gecreëerd kunnen worden (zonder reflectie).
    - De constructie moet zo ontworpen zijn dat de schokbron hoger kan worden gehangen dan de stukken vuurwerk.

- Prestatie-eisen:
    - In de constructie moeten 12 tot 16 stuks vuurwerk te monteren zijn.
    - Het totale gewicht van de constructie mag niet meer dan 200kg zijn.
    - Het materiaal waarvan de constructie gebouwd is moet minimaal 1 jaar buiten kunnen staan zonder verval.
    - De afstand tussen de stukken vuurwerk en het middelpunt moeten minimaal instel baar zijn tussen de 100 en de 25 cm.
    - De gedemonteerde constructie mag niet meer dan 4.5 $m^3$ innemen.
    - De constructie moet een schokgolf van 10kPa kunnen weerstaan.
    - De plaats in de constructie waar de stukken vuurwerk worden gemonteerd moet minstens 1,25 meter boven het oppervlakte komen waar de constructie op staat.
    - De schokbron moet tot 75 cm boven het vlak waarin het vuurwerk gemonteerd is geplaatst kunnen worden.

Blok C Beeldverwachtingen

- Algemene ontwerpuitgangspunten
    - Het de constructie waar het vuurwerk op gemonteerd wordt zal een ronde ring zijn. Deze is aangevuld met onderdelen zodat het vuurwerk erop gemonteerd en ingesteld kan worden. Deze ring wordt van de grond worden gehouden door houten palen, omdat deze makkelijk bewerkbaar zijn. Tussen deze palen worden schuin nog kleine balkjes gemonteerd om de ring zijn vorm te laten behouden. Boven in de balken word staaldraad gespannen zodat daaronder het kneed kan worden gehangen.



Blok D Project-interne voorwaarden

- Kosten
    - De kosten dienen zo laag mogelijk te worden gehouden
    - Begroting
        - 12 balken 2m, hout 50 Euro
        - 2 ringen, RVS ?? Euro
        - 12 [ ]profielen, RVS ?? Euro
        - 3 U profielen, RVS ?? Euro
        - schroeven/moeren 25 Euro

- Tijd
    - De bouwtijd moet tot het minimum beperkt worden.
    - Planning:
        - Materialen verzamelen : 1dg
        - Werkschema maken: 1dg
        - Boren: ½dg
        - Lassen: 1dg
        - Draagconstructie: 2dgn
        - Overige: 1dg

**Fase Voorlopig Ontwerp/ Definitief Ontwerp**

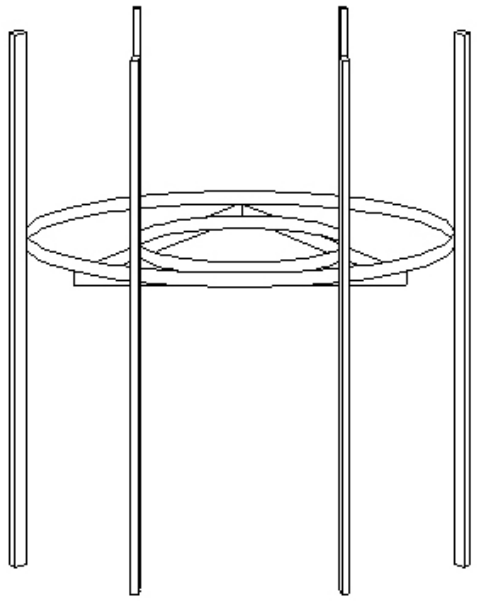
*PvE Voorlopig Ontwerp/ Definitief Ontwerp*

Blok A = idem aan PvE SO

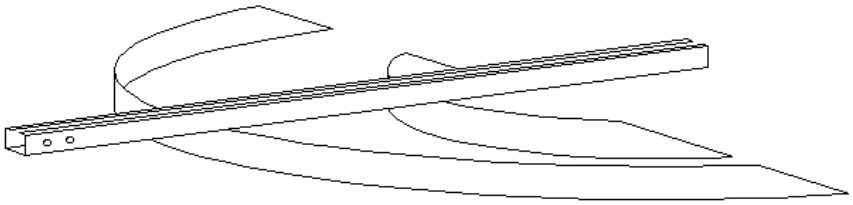
Blok B = idem aan PvE SO

Blok C Beeldverwachting

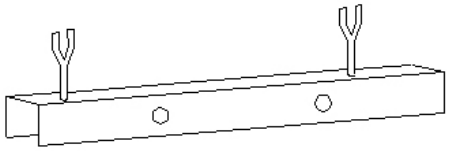
Beschrijving:
Een stuk vuurwerk kan worden gemonteerd in 2 grijpers . De pootjes van de grijpers moeten kunnen worden gesloten door het aandraaien van een schroef. Op deze wijze klemmen ze het buisje vast. Deze worden gemonteerd op een gelijkzijdig U-profiel met de afmetingen 25mm x 25mm x 250mm. Dit dient 12x gemaakt te worden, zodat er 12 stukken vuurwerk in de gehele constructie gemonteerd kunnen worden.gemonteerd kunnen worden.
De U profielen dien voorzien te worden van gaten in de twee evenwijdige zijden. Dit om deze vast te kunnen zetten in de doosprofielen.
De doosprofielen worden vast gelast op de bovenzijde ringen. Dit profiel begint 10cm vanaf het middelpunt en is 1m lang (eindigt dus 30 cm buiten de buitenste ring). De zijde met de opening moet naar boven worden gemonteerd. Deze profielen hebben een afmeting van 30mm x 30mm x 1000mm. Ze worden haaks op de ring geplaatst richtend naar het middelpunt. Ze zullen gelijk verdeeld worden over de gehele omtrek van de ring (30 graden tussen elk profiel). Deze profielen zulke elke cm worden doorboord zodat het U profiel met grijpers kan worden ingesteld op elke afstand. Dit gebeurd door pennen door de gaten van het doosprofiel en het U profiel te steken.
De binnen en buitenring hebben resp. een straal van 40 en 80 cm. In deze ringen zullen gaten moeten worden geboord waar bouten van Ø10 door moeten kunnen. Deze ringen zullen tbv extra stijfheid een driehoek van stalen profielen, deze hebben een afmeting van 40mm x 46mm x 1400mm. Doordat de buitendiameter precies 2x zogroot is als de binnendiameter heeft dit driehoek drie contactpunten op beide ringen.
Deze ringconstructie zal op hoogte worden gehangen door een balkenconstructie. De basis van deze constructie bestaat uit 6 houten balken met een afmeting van min. 50mm x 80mm x 2000mm. Deze zijn gelijk verdeeld over de ringen met een hoek van 60 graden tussen twee balken. De ring zal aan de balken worden gemonteerd met bouten Ø10. Boven op deze balken komen ringen waaraan de staaldraad (tbv afschoren en ophangen kneed) kan worden gehangen en waarmee de constructie naar buiten toe kan worden afgeschoord. Onder aan de balken komen voetjes van staal met een afmeting van 50mm bij 80mm. Op deze voetjes wordt een Ø10 bout van 10 cm lang vast gelast. Onderin de balk wordt een koker geboord van 11cm en Ø12. Onderin die koker wordt een kleine uitsparing uitgevreesd waarin een moer zal komen. Deze moer wordt op zijn plaats gehouden door een plaatje met een opening van Ø12 die met schroeven onderin de balk is bevestigd. Dit alles tbv de instelbaarheid van de poten.
Om te voorkomen dat deze balken gaan draaien en ter ondersteuning van de binnenste ring zullen er draagsteunen aan de buitenste balk naar naar elke kant schuin naar binnen wijzen. binnen wijzen. Dit onder een hoek van 45 graden in het verticale vlak en 30 graden in het horizontale vlak, deze balkjes hebben een lengte van tussen de 65 en 70 cm. Deze worden aan de staande balken gemonteerd.



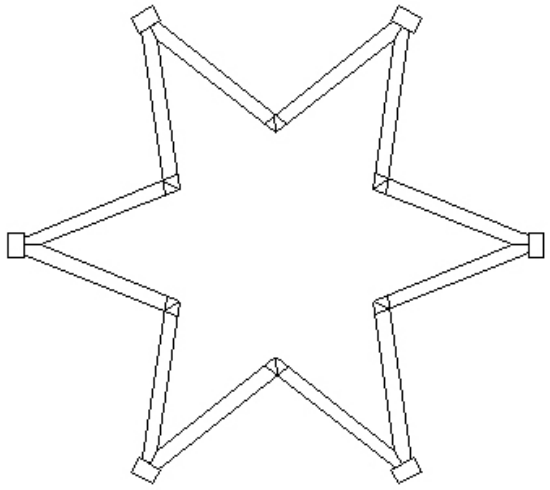
De ringen met de driehoek van I profiel voor de stijfheid en de balken. De buisprofielen, en de steunbalken voor de binnenring zijn voor de overzichtelijkheid weggelaten.



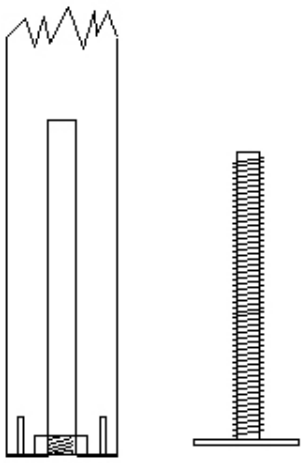
Voorbeeld van buisprofiel zoals er 12 op de ringen gemonteerd moeten worden. Hier zitten maar 2 gaatjes in voor de bevestiging van het u profiel met grijpers. Deze gaatjes zullen in het echt over de gehele lengte moeten zitten.



U profiel met 2 gaten waarmee deze vastgezet kan worden in het doosprofiel. Bovenop zijn 2 grijpers gemonteerd waarin het stuk vuurwerk gemonteerd kan worden.



Bovenaanzicht van de 6 staande balken met de steunbalken voor de binnenring. De binnenring wordt op de punten waar de steunbalken samenkomen vastgezet, de buitenring word met behulp van bouten aan de staande balken gemonteerd.



Onderin de balk wordt een koker geboord van 12 cm diep en Ø10. Onder in deze koker wordt genoeg ruimte weggevreesd zodat er een moer in kan. Deze wordt vervolgens vastgezet en er komt een plaatje op de onderkant van de balk geschroefd. Vervolgens moet er een bout van Ø10 worden bevestigd aan een stalen plaatje dat als voet gaat dienen. Op deze wijze is de lengte van de voet instelbaar.

Blok D Project-interne voorwaarden

- Kosten
  - De kosten dienen zo laag mogelijk te worden gehouden
  - Begroting*:

| | | |
|---|---|---|
| - 6x balken 50mm x 80mm x 2000mm | 25€ | |
| - 12x balken 50mm x 80mm x 750mm | 30€ | |
| - 1x Ring Ø800mm | | 15€ |
| - 1x Ring Ø1600mm | 30€ | |
| - 12x Doosprofiel 30mm x 30mm x 1000mm | 40€ | |
| - 3x gehalveerd I profiel 40mm x 46mm x 1700mm | 15€ | |
| - 3x U profiel 25mm x 25mm x 1000mm | 10€ | |
| - 24x grijpers | 40€ | |
| - div moeren bouten schroeven en pennen | 25€ | |
| - Staaldraad | | 10€ |
| TOTAAL | | 240€ |

*prijzen op basis van schatting en Praxis prijzen.

- Tijd:
  - De bouwtijd moet tot het minimum beperkt worden.
  - Planning:

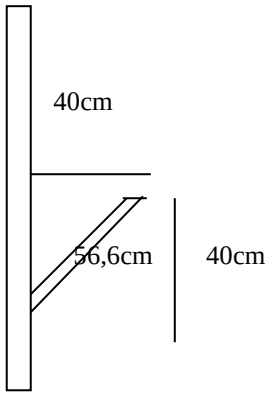
| | | |
|---|---|---|
| - Materialen verzamelen | | 2dgn |
| - Balken bewerken en voeten en ringen plaatsen | 2dgn | |
| - Steunbalken binnenring zagen en plaatsen | 1dg | |
| - U Profielen op lengte zagen en grijpers plaatsen | 1dg | |
| - Ringen vastlassen met gehalveerde U profielen | ½ dg | |
| - Doosprofielen boren | 1dg | |
| - Doosprofielen vastzetten op ringen | 1 dg | |
| TOTAAL | | 9 ½ werkdagen |

*Berekeningen*

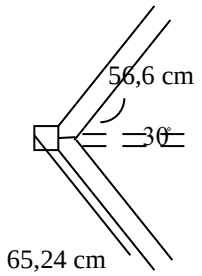
*Afmetingen*

Lengte steunbalken:

Verticale vlak



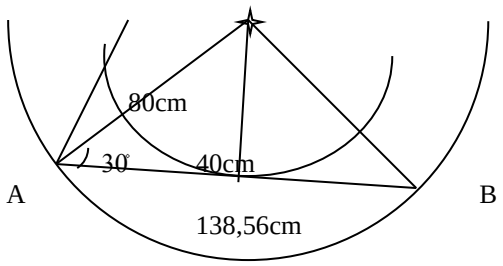

Horizontale vlak




$\sqrt{(40^2 + 40^2)} = 56{,}6$ cm

Lengte steunbalken = 56,6 / cos (30) = 65,24cm

Lengte profielen Stijfheidsdriehoek ringen:




De afstand van het middelpunt tot de buitenring is 40 cm. De afstand van de buitenring tot het middelpunt is 80 cm. De hoek tussen de lijn van punt A (waar 2 profielen samenkomen) naar het middelpunt en de lijn van punt A naar punt B (de andere kant van het profiel) is 30graden.

Lengte half profiel = 40 / tan30 = 69,28 cm
Lengte heel profiel = 2x 69,28 = 138,56