TNO Defensie en Veiligheid

Nederlandse Organisatie voor
toegepast-natuurwetenschappelijk
onderzoek / Netherlands Organisation
for Applied Scientific Research

Lange Kleiweg 137
Postbus 45
2280 AA Rijswijk

www.tno.nl

T 015 284 30 00
F 015 284 39 91
info-DenV@tno.nl

TNO-rapport

TNO-DV2 2005 A072

Eindrapportage doelfinancieringsprogramma V910 Munitie: functionering, veiligheid en milieu

Datum	september 2005
Auteur(s)	Ir. J.H.G. Scholtes
Rubricering rapport	Ongerubriceerd
Vastgesteld door	Ing. J.C. Hoeneveld
Vastgesteld d.d.	1 september 2005
	(Deze rubricering wijzigt niet)
Titel	Ongerubriceerd
Managementuittreksel	Ongerubriceerd
Samenvatting	Ongerubriceerd
Rapporttekst	Ongerubriceerd
Bijlagen	Ongerubriceerd
Exemplaarnummer	11
Oplage	25
Aantal pagina's	71 (incl. bijlagen, excl. RDP & distributielijst)
Aantal bijlagen	3

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.
Indien dit rapport in opdracht van het ministerie van Defensie werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van de opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de 'Modelvoorwaarden voor Onderzoeks- en Ontwikkelingsopdrachten' (MVDT 1997) tussen de minister van Defensie en TNO indien deze op de opdracht van toepassing zijn verklaard dan wel de betreffende ter zake tussen partijen gesloten overeenkomst.

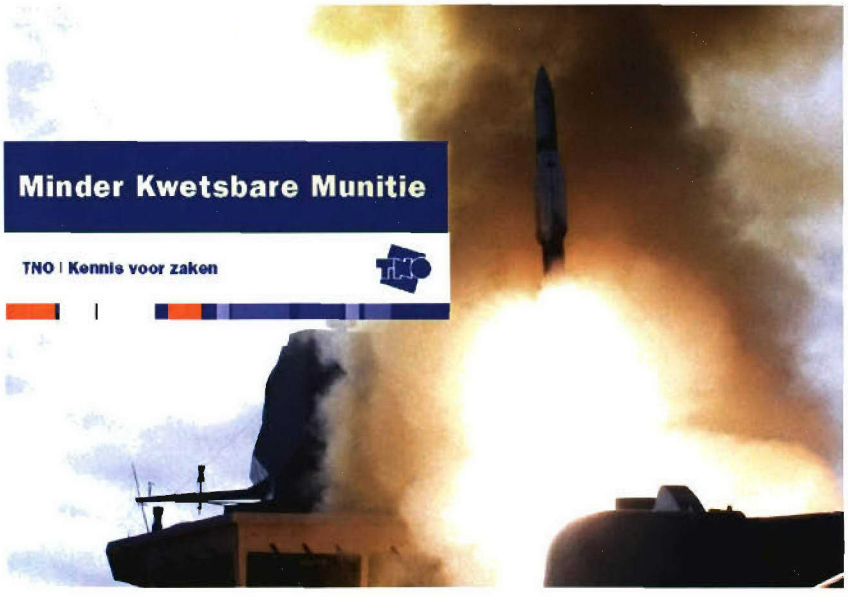
© 2005 TNO

AQ F07-01-0187

TNO | Knowledge for business

Eindrapportage doelfinancieringsprogramma V910 Munitie: functionering, veiligheid en milieu

Dit rapport bevat de eindrapportage van het Doelfinancieringsprogramma V910 'Munitie: functionering, veiligheid en milieu'. Het programma liep van november 2000 tot eind juni 2005.



Probleemstelling

De defensiedoelstelling van dit programma was de Kennis Kunde en Infrastructuur (KKI) in Nederland bij TNO Defensie en Veiligheid in stand te houden waardoor zij in staat blijft Defensie adequaat te ondersteunen, adviseren en de ontwikkelingen die internationaal spelen te volgen op het gebied van de munitie-functionering, munitieveiligheid en de milieuaspecten van munitie.

Gebaseerd op bovenstaande defensiedoelstelling is de programmadoelstelling:

1 Defensie te ondersteunen en adviseren in het keuze proces ten aanzien van munitie,
2 onder meer bij het opstellen van technische eisen (Programma van Eisen),
3 Defensie te adviseren bij problemen en vragen rondom munitie,
4 Defensie te vertegenwoordigen in internationaal verband (NAVO, AC310), het participeren in internationale samenwerkingsprojecten en het onderhouden van internationale contacten,
5 Defensie te adviseren over nieuwe ontwikkelingen die plaatsvinden op het gebied van munitie,
6 Input te leveren aan andere doelfinancieringsprogramma's.

Beschrijving van de werkzaamheden

Het totale programma was verdeeld in 6 thema's:

1 Kwalificatie en classificatie van explosieve stoffen,
2 Minder Kwetsbare Munitie (MKM),
3 Milieu,
4 Munitiecomponenten,
5 Effecten van munitie en
6 Detonatie en gevoeligheid.

Per thema werden de doelstellingen meer specifiek beschreven en de werkzaamheden in de vorm van projecten uitgevoerd.

Resultaten en conclusies

Per thema is een greep uit de resultaten genomen. Voor het thema Kwalificatie en classificatie zijn tal van bijdragen geleverd in de vorm van NAVO-werkgroepen AC310, de Militaire Commissie Gevaarlijke Stoffen (MCGS) en Subcommissie Munitie en Explosieve Stoffen (SMES). Voorbeelden hiervan zijn: een presentatie waarin Defensie is gewezen op mogelijke gevaren van blikseminslag in munitie magazijnen, een concept beleidsdocument op het gebied van Minder Kwetsbare Munitie (MKM), een memo betreffende de gevoeligheid van munitie voor betonfragmenten, een briefing van mogelijke problemen bij Out-of-Area operaties met conventionele munitie of de typeclassificatie van de Gill.

Eindrapportage doelfinancieringsprogramma V910
Munitie: functionering, veiligheid en milieu

TNO heeft Defensie in de vorm van een MKM-boekje, artikelen en presentaties, bewuster gemaakt van het gebruik van MKM binnen de Nederlandse Krijgsmacht. Verder is in de vorm van een werkvergadering het dreigingsanalyse pakket 'THAMES' geëvalueerd en is een analyse gemaakt hoe en in hoeverre kleine schaal testen gebruikt kunnen worden voor de MKM-classificatie. Ook heeft TNO de Nederlandse inbreng geleverd aan de 'MKM STANAG' 4439 en de bijbehorende AOP 39. Binnen een van de niches van het TNO onderzoek, herkristallisatie van explosieve kristallen om deze minder gevoelig te maken, heeft TNO onder andere aangetoond dat composities met deze kristallen een stuk minder gevoelig zijn voor holle ladingsinslag.Binnen the thema Milieu zijn meerdere analyse technieken (zoals Solid Phase Micro Extraction en de High Pressure Liquid Chromatography) ontwikkeld en verbeterd waarmee beter (1000 maal gevoeliger), sneller of effectiever, analyses van mogelijk vervuilde gebieden uitgevoerd konden worden. Met de resultaten afkomstig van deze technieken kon bijvoorbeeld aangetoond worden dat de aanwezige munitiedump in de Oosterschelde geen significant effect had op het milieu. Bij het thema Munitiecomponenten zijn naast bijdrage in NAVO-werkgroepen, eisen samengesteld voor ontsteeksystemen van munitie. Maar er is ook onderzoek gedaan naar zeer kleine elektronische ontsteeksystemen (MEMS-EFI) waarmee munitie in de toekomst veiliger en betrouwbaarder kan worden (vermindering van niet-gesprongen explosieven). In het thema Effecten van munitie, is onder ander een opstelling voor kogel en scherfinslag opgesteld en verbeterd en expertise op dit gebied opgebouwd. Deze combinatie is al in tal van andere programma's en projecten als 'Goalkeeper', Munitions Alternatives aGainst Incoming Exlosives (MAGIE) en kwetsbaarheid voertuigen, gebruikt. Deze opdrachten zouden anders een aanzienlijk langere looptijd gehad hebben of überhaupt niet uitgevoerd kunnen worden. Tevens zijn tal van belangrijke internationale contacten onderhouden op het gebied van functioneren en veiligheid van munitie.
In het laatste thema, Detonatie en gevoeligheid, zijn meerdere nieuwe meet-technieken ontwikkeld voor de karakterisatie van explosieve stoffen. Verder is er expertise opgebouwd op het gebied van de invloed van schade aan explosieve stoffen in relatie tot hun gevoeligheid voor impact van bijvoorbeeld een kogel of scherf of andersoortige inslagen als puin of betonfragmenten.

Toepasbaarheid

Het merendeel van de resultaten is al toegepast in andere projecten en programma's of heeft al duidelijk resultaat opgeleverd voor Defensie of zal zeer binnenkort gebruikt worden. Zoals uit de paragraaf 'Resultaten en conclusies' af te leiden is, zijn voor de thema's Kwalificatie en classificatie, Milieu, Effecten van Munitie en Detonatie en gevoeligheid de resultaten veelvuldig gebruikt. Voor de thema's MKM en Munitie componenten zijn eveneens diverse resultaten gebruikt, maar zeker voor MKM zal de expertise in de toekomst toegepast worden bij de in-voering van MKM binnen de Nederlandse Krijgsmacht.

Vervolgonderzoek

In 2005 is het Doelfinancieringsprogramma V405 Munitie en Explosieve Stoffen: Kwaliteit en Veiligheid van start gegaan. De onderwerpen milieu en internationale bijdragen aan NAVO-werkgroepen zullen respectievelijk in een apart doelfinancierings-programma en additionele betaalde projecten voortgezet worden.

ONGERUBRICEERD

Contact en rapportinformatie

TNO Defensie en Veiligheid
Lange Kleiweg 137
Postbus 45
2280 AA Rijswijk
T 015 2843000
F 015 2843991

info-DenV@tno.nl

TNO-rapportnummer
TNO-DV2 2005 A072
Opdrachtnummer
-
Datum
september 2005
Auteur(s)
Ir. J.H.G. Scholtes
Rubricering rapport
Ongerubriceerd

Programma informatie

Programmabegeleider
Ing. J.C. Hoeneveld, MatLogco/LBB Munitiebedrijf
Programmaleider
Ir. J.H.G. Scholtes, TNO Defensie en Veiligheid, Bescherming, Wapens & Munitie
Programmatitel
Munitie: Functionering, Veiligheid en Milieu
Programmanummer
V910
Programmaplanning
Start november 2000, gereed juni 2005
Projectteam
Dr. R.H.B Bouma, Ir. M.N. Boers, Ir. B. Meuken, Drs. N.H.A. van Ham, Ir. O.M.E.J. Lemmens, Ir. J.H.G. Scholtes
Frequentie van overleg
Met de programma/projectbegeleider werd meer dan tienmaal gesproken over de invulling en de voortgang van het onderzoek.

Project informatie

Projectbegeleider
Ing. J.C. Hoeneveld, MatLogco/LBB Munitiebedrijf
Projectleider
Dr. R.H.B Bouma, Ir. M.N. Boers, Ir. B. Meuken, Drs. N.H.A. van Ham, Ir. O.M.E.J. Lemmens, Ir. J.H.G. Scholtes, TNO Defensie en Veiligheid, Bescherming, Wapens & Munitie
Projecttitel
-
Projectnummer
014.12895
Projectplanning
-
Toezichthouder
Ir. P.J.M. Elands, TNO Defensie en Veiligheid, Operationeel Manager van BU3: Bescherming, Wapens & Munitie

Managementsamenvatting

Inleiding

Dit rapport bevat de eindrapportage van het Doelfinancieringsprogramma V910 'Munitie: functionering, veiligheid en milieu' [1]. Het programma startte in november 2000 en liep, na temporisering, tot eind juni 2005. Het totale budget van dit programma bedroeg 4.213 kEuro.

De doelstellingen van dit programma zijn in der tijd als volgt omschreven.

Defensiedoelstelling
Het programma heeft tot doel de Kennis Kunde en Infrastructuur (KKI) in Nederland bij TNO Defensie en Veiligheid (TNO-DV), locatie Rijswijk (voorheen TNO Prins Maurits Laboratorium) in stand te houden, waardoor zij in staat blijft Defensie adequaat te ondersteunen, adviseren en de ontwikkelingen die internationaal spelen te volgen op het gebied van de munitie-functionering, munitieveiligheid en de milieu-aspecten van munitie.

Programmadoelstelling
Gebaseerd op bovenstaande defensiedoelstelling is de algemene doelstelling van het programma als volgt omschreven:
1 Defensie te ondersteunen en adviseren in het DMP (Defensie Materieelkeuze Proces), onder meer bij het opstellen van technische eisen (Programma van Eisen);
2 Defensie te adviseren bij problemen en vragen;
3 Defensie te vertegenwoordigen in internationaal verband (NAVO, AC310), het participeren in internationale samenwerkingsprojecten en het onderhouden van internationale contacten;
4 Defensie te adviseren over nieuwe ontwikkelingen die plaatsvinden;
5 input te leveren aan andere Defensie-onderzoekprogramma's.

Het programma is verdeeld in 6 thema's met elk een meer specifieke doelstelling afgeleid van de bovenstaande doelstellingen. In de komende paragrafen zijn de resultaten aan de hand van deze 6 thema's samengevat en de relevantie voor Defensie aangegeven.

Dit programma was een van de eerste programma's onder de nieuwe programma-aansturing, echter ontstaan uit lopende projecten die met munitie en explosieve stoffen te maken hadden. Hierdoor is de samenhang tussen de verschillende thema's minder groot dan in menig nieuw programma het geval is.

Samenvatting van resultaten en relevantie voor Defensie

Thema 1 Kwalificatie en classificatie van explosieve stoffen en munitie
De doelstelling van dit thema was Defensie te adviseren betreffende de typeclassificatie van munitie (het indelen in gevarenklassen) en het kunnen uitvoeren van de kwalificatie van explosieve stoffen zodat ze gebruikt mogen worden in munitie. De werkzaamheden zijn daartoe onder te verdelen in deelname aan AC/310 en de Subcommissie Munitie en

Explosieve Stoffen (onderdeel van MCGS, de Militaire Commissie Gevaarlijke Stoffen), het ondersteunen van Defensie met betrekking tot MP40-22 en in het stand houden van de infrastructuur kwalificatie explosieve stoffen.

In NAVO-verband houdt de kadergroep AC/310 zich onder andere bezig met het opstellen van regels voor het typeclassificeren van munitie en het kwalificeren van explosieve stoffen. Recentelijk is de AC/310 samengevoegd met de AC/258 in een nieuwe kadergroep, de AC/326 CNAD Ammunition Safety Group.
De MP 40-22 'Voorschrift betreffende het typeclassificeren van munitie en het kwalificeren van explosieve stoffen' betreft de Nederlandse regelgeving en implementatie ten aanzien van typeklassificatie en kwalificatie. In dit document worden doel en procedures beschreven en worden onder andere de verantwoordelijkheden van TNO in de kwalificatieprocedure vastgelegd.
De Subcommissie Munitie en Explosieve Stoffen (SMES) is een van de drie subcommissies van de Militaire Commissie Gevaarlijke Stoffen. De SMES kent een tweetal deelnemende leden vanuit TNO, respectievelijk vanuit de optiek van AC/258 en AC/310. Typeklassificatie en kwalificatie zijn onderwerpen die in dit forum worden behandeld.

Gedurende de looptijd van V910 is Nederland Custodian geweest/geworden voor:
- STANAG 4026 Specification of picrite (nitroguanidine),
- Harmonisatie van testen in het kader van kwalificatie en gevaarsklassificatie,
- STANAG (geen nummer) op het gebied van Ageing of Plastic Bonded eXplosives.

Editie 2 van STANAG 4026 uit 1962 was gedateerd. Een aantal testmethoden is verwijderd en vervangen door moderne testmethoden. De final draft wordt vóór de vergadering van oktober 2005 voor commentaar voorgelegd aan NATO SubGroup 1 (SG1).

Naar aanleiding van bovenstaande foto is er onlangs een TNO-presentatie geweest voor de DWOO en de adviesraad Wapen en Munitieveiligheid in relatie tot mogelijke problemen tijdens operationeel optreden in Out-of-Area-situaties. Dit heeft geleid tot het inzicht dat er binnen de Nederlandse Krijgsmacht een beleid moet komen op het gebied van MKM.

Binnen de NATO heeft een nieuw te ontwikkelen STANAG op het gebied van de veroudering dan wel bepaling levensduur van Plastic Bonded eXplosives (PBX) een hoge prioriteit. De NATO-workshop 'IM – The Effect of Ageing upon Lifecycle Workshop', mei 2005 in Finland, had mede als doel een start te geven aan de ontwikkeling van deze STANAG. TNO heeft een tweetal sessievoorzitters geleverd aan deze workshop. Naast de Custodianships van Nederland, wordt een continue inspanning geleverd in het beoordelen van drafts STANdardization AGreements (STANAG) en Allied Ordnance Publications (AOP) van de andere landen in SG1.

Binnen de SMES zijn meerdere actieve bijdragen, memoranda, en presentaties geleverd waaronder: defaultlijst van klassificatie van vuurwerken, het desensibiliseren van

munitie, de classificatie van klein-kalibermunitie, blikseminslag en munitiemagazijnen, het beleid omtrent Minder Kwetsbare Munitie, Sensitivity Groups (gevoeligheids-indeling van munitie in tegenstelling tot effectsindeling bij classificatie), bijlage 9 MP40-21, gevoeligheid munitie voor betonspall, en levensduuraspecten van munitie onder Out-of-Area-omstandigheden. In 2005 zal een presentatie voor de SMES worden gegeven over de munitie life-cycle tool van Munition Safety Information and Analyses Centre (MSIAC).

Zoals beschreven in de MP 40-22 wordt de kwalificatie van explosieve stoffen in Nederland door TNO uitgevoerd. Een van de belangrijke documenten op dit gebied, de AOP-7: 'Manual of data requirements and tests for the qualification of explosive materials for military use' is in het kader van programma V910 volledig herzien. De kwalificatie van explosieve stoffen als integraal onderdeel van de typeclassificatie van munitie heeft in de loop van 2004 hernieuwde aandacht gekregen en geleid tot advies-aanvragen aan TNO. De typeclassificatie van de Gill is als eerste gepasseerd in de Adviesraad Wapen & Munitieveiligheid.

Ook is in dit kader binnen SG1 gewerkt aan een nieuwe editie van de STANAG 4022 betreffende de explosieve stof RDX. Inmiddels is er ook een minder gevoelige variant van RDX op de markt gekomen en vanwege de significante reductie in kwetsbaarheid van Plastic Bonded eXplosives op basis van RDX, is er de wens om deze Insensitive of Reduced Sensitivity variant, als specificatie op te kunnen nemen in de volgende editie van STANAG 4022. De experimentele werkzaamheden van TNO in het kader van deze STANAG zullen onder het projectvoorstel 'AC/326 SG1 RS-RDX Round Robin tests' uitgevoerd worden.

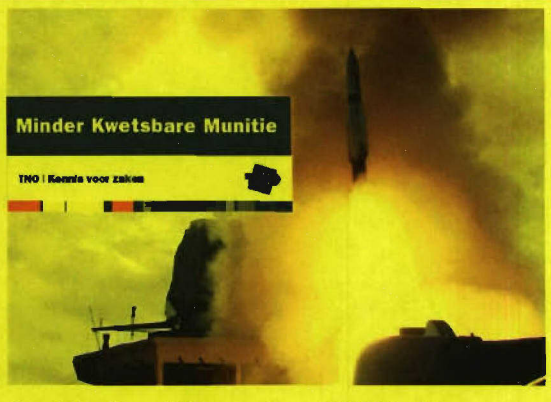
Thema 2 Minder Kwetsbare Munitie (MKM)
De doelstelling van dit thema werd omschreven als 'Defensie ondersteunen bij de introductie van MKM'. De nevendoelstellingen van dit thema in de vorm van defensievragen zijn breder:

- stimuleren en adviseren van Defensie bij het verder uitdragen van Minder Kwetsbare Munitie;
- opstellen van dreigingsanalyses in relatie tot de effecten die bij een ongewenste reactie kunnen optreden (threat hazard analysis met behulp van programma THAMES),
- deelname aan NAVO Expert Working Groups, (afronding AC/258, AC310 working groep),
- evaluatie van kleine schaal testen om het MKM-karakter van munitie te voorspellen (relatie tussen de eigenschappen van de explosieve stof en de MKM-eigenschappen van munitie).

De ontwikkeling van MKM is, met name in de USA, eind jaren 60 gestart, naar aanleiding van enkele ernstige ongelukken op vliegdekschepen. In 1998 werd hier de ontwikkeling van nieuwe munitie, MKM min of meer verplicht gesteld. MKM zal in de toekomst de standaard munitie worden, maar levert naast meer veiligheid een vergelijkbare of soms zelfs een betere prestatie. Ook landen als Engeland en Frankrijk hebben inmiddels een duidelijk beleid op het gebied van MKM (IM, MURAT).
De omslag naar MKM verloopt in Nederland nog niet zo snel. De (directe) kosten bij aanschaf spelen nog steeds een grote rol bij nieuwe munitie. Anders denken is nodig omdat in praktijk, voor de gehéle levenscyclus van de munitie, MKM vaak goedkoper zal zijn. Daarom is de doelstelling van dit thema/project beschreven als 'Defensie ondersteunen bij de introductie van MKM'.

TNO heeft op verschillende manieren een bijdrage geleverd aan het bewustwordingsproces omtrent MKM bij Defensie. Naast presentaties, artikelen en een MKM-boekje, heeft TNO samen met de programmabegeleider een concept strategie geschreven voor invoering van MKM in de Nederlandse Krijgsmacht.

Onlangs nog heeft TNO onder meer DR&D en de adviesraad Wapens- en Munitieveiligheid gebriefd over de mogelijke problemen tijdens out-of-area optreden bij het gebruik van conventionele munitie. Dit heeft geleid tot het besluit van de adviesraad om een formeel Nederlands beleid te laten opstellen. De adviesraad heeft hiertoe de MCGS opgedragen dit beleid te formuleren.



Aan de hand van bijdragen als een MKM-boekje ondersteunt TNO Defensie bij het bewustwordingsproces omtrent MKM.

De 'MKM' STANAG 4439 'Policy for introduction, assessment and testing for insensitive munitions', en de AOP 39 'Guidance on the development, assessment and testing', zijn twee belangrijke richtlijnen bij de introductie en testen van MKM. TNO leverde hieraan de Nederlandse inbreng. Verschil van inzicht tussen de verschillende deelnemende landen over de wijze van vaststelling van MKM-eigenschappen stellen de definitieve ratificatie van de STANAG nog even uit. Met name Frankrijk en de USA stellen verschillende aanpakken voor. Momenteel zijn er nieuwe ontwikkelingen, onder de 'custodianship' van Frankrijk, waarbij men wel tot een eenduidig document hoopt te komen. De Nederlandse bijdrage valt niet meer onder het doelfinancieringsprogramma.

Bij MSIAC (voorheen NIMIC) is een computerprogramma THAMES ontwikkeld waarmee een zogenaamde Threat Hazard Analysis uitgevoerd kan worden. Met een team van specialisten kunnen de scenarios bedacht worden waarmee de munitie in aanraking kan komen gedurende de levenscyclus. Op basis hiervan worden de testen, zowel de Safety and Suitability als de MKM-testen, voor het betreffende munitie artikel bepaald. Samen met defensiemedewerkers is, in de vorm van een workshop, ervaring opgebouwd en dit computer programma geëvalueerd.

Het uitvoeren van volle-schaal MKM-classificatie testen op munitieartikelen is kostbaar en levert geen goede statistische onderbouwing. Deze testen bootsen de verschillende dreigings-scenario's na zoals brand, een kogel- of scherfinslag etcetera. Wereldwijd werkt men aan een combinatie van laboratorium testen, theoretische onderbouwing en computer simulaties, die samen, in een stroomschema, een uitspraak moeten doen over de classificatie van het artikel. Deze methodiek levert een meer betrouwbaar resultaat maar is ook in vele gevallen beter betaalbaar. In sommige gevallen kan echter een volle-schaal test nog niet (volledig) vervangen worden.

TNO heeft in het kader van dit doelfinancieringsprogramma meegewerkt aan het combineren van testen en modellen, en beschikt inmiddels over enkele gereedschappen. Door internationale samenwerking (zie ook thema 5) ontstaat zo geleidelijk een complete toolbox voor deze methodiek. De filosofie van TNO Defensie en Veiligheid is

hierbij altijd geweest om op (enkele) onderdelen een grote deskundigheid te verwerven, zodat er een positie ontstaat om internationaal samen te werken.

Een van de niches van het TNO-onderzoek betreft het effect van de kristalstructuur van explosieve stoffen op de gevoeligheid voor de inslag van een holle lading (shaped charge, SC). TNO heeft onderzocht in hoeverre de reactie van munitie of explosieve stof, bij een inslag van de jet van een holle lading, anders is dan bij een inslag van een kogel of scherf. Het onderzoek heeft naast een vereenvoudigd analytisch model, dat de uitwerking van een holle lading op een explosief beschrijft, een goed werkende testopstelling opgeleverd. In een toendertijd unieke testserie is, binnen dit onderzoek, PBXN-109 vergeleken met zijn minder-gevoelige versie, met de ongevoelige component I-RDX. Deze laatste bleek, door de verbeterde kristalstructuur, een stuk ongevoeliger te zijn voor holle ladingsinslag.

PBX-en (Plastic/Polymeer gebonden explosieven) worden veelvuldig toegepast in moderne MKM-artikelen. Van deze PBX-en is nog niet geheel duidelijk in hoeverre hun eigenschappen bij veroudering veranderen en daardoor gevoeliger worden en niet meer als MKM beschouwd mogen worden. Bij de studie naar veroudering van PBX-en is gebleken dat er verschillende soorten veroudering kunnen optreden. De binder kan verouderen en daardoor verharden door de aanwezige zuurstof of door NO-gas dat van de RDX of HMX (kristallijne explosieve stoffen) komt, of verlies van weekmaker of door afname van de anti-oxidant. De verharding van de binder en het ontstaan van porositeiten maken de explosieve stof gevoeliger voor dreigingen als kogelinslag, scherfinslag of holle lading inslag, maar ook voor andere type dreigingen. De eerste indruk is dat veroudering wel een effect heeft, maar nog niet zodanig dat het voor explosieve stoffen een gevaar oplevert. Voor raketstuwstoffen in geleide wapens is dit verhaal ter degen anders; verharding hiervan kan catastrofale gevolgen hebben.

Naast het onderzoek naar veroudering van polymeren, heeft TNO gekeken naar het gebruik en de productie van zogenaamde (Energetische) ThermoPlastische Elastomeren ofwel (E)TPE. Naast het feit dat deze meer energie geven aan de compositie, zijn deze recyclebaar (minder afval) en eenvoudig te verwerken. Toepassing van (E)TPE's zal wellicht in de toekomst meer aandacht van de defensie-industrie krijgen.

Thema 3 Milieu

Ook een onderwerp als milieu en arbo krijgt bij Defensie meer en meer de aandacht. Niet alleen de risico's ten gevolge van voormalige dumpingen van munitie in Nederlandse wateren of de verscherping van de regelgeving maar ook de gezondheids-risico's bij operationele inzet van munitie roept steeds meer vragen op waar Defensie een antwoord op moet geven. Binnen het thema milieu was de hoofddoelstelling 'Defensie adviseren betreffende het reduceren van de consequenties voor milieu en personen van het gebruik van munitie'. Een andere taak was de EOD te adviseren op het gebied van milieuzaken. In 2003 en 2004 is dit thema in budget gehalveerd en gekoppeld aan het milieu project binnen het reparatieprogramma V218 Munitie Technologie. Hierdoor is een aantal onderwerpen in beide programma's gerapporteerd.

Een eerste analyse van munitiegerelateerde stoffen die door Defensie gebruikt werden toonde aan dat defensiepersoneel tijdens oefeningen kan worden blootgesteld aan rookmiddelen die witte fosfor en hexachloorethaan bevatten. Nadere bestudering van beide chemische stoffen toonde aan dat beide stoffen bijzonder gezondheidsschadelijk zijn voor de mens en derhalve vervangen dienden te worden. Aan de hand van vervolgstudies wordt op dit moment gekeken naar andere milieu- en gezondheids-schadelijke stoffen die in munitieartikelen voorkomen. Omdat veel van deze stoffen in zeer lage concentraties voorkomen was het allereerst noodzakelijk een nieuwe analyse techniek in te voeren die het mogelijk maakt dergelijke lage concentraties vast te kunnen stellen.

Met de resultaten van het TNO-onderzoek aan het water van Oosterschelde kon Defensie de provincie Zeeland en Rijkswaterstaat ervan overtuigen dat de in de Oosterschelde aanwezige munitiedump geen significant effect had op het milieu.

Binnen het onderzoeksprogramma V910 zijn verschillende analyse technieken op hun toepasbaarheid onderzocht. Hierbij is onder andere gekeken naar de betrouwbaarheid, snelheid en detectiegrens van de verschillende technieken. Aan de hand van de resultaten van deze studie is een nieuwe techniek ingevoerd die het mogelijk maakt lage concentraties van een grote verscheidenheid aan organisch chemische stoffen, waaronder munitiegerelateerde stoffen, te bepalen. Voorafgaand aan dit programma (tot 2000) lag de detectiegrens voor munitiegerelateerde stoffen op 1 ppb (parts per billion = 10^{-9}). Door deze verbetering kon de detectiegrens worden verlaagd met een factor 1000, tot 1 ppt (parts per trillion = 10^{-12}). De techniek berust op Solid Phase Micro Extraction (SPME). Deze SPME methodiek is in het kader van enkele additioneel gefinancierde projecten meerdere malen toegepast. Zo is de techniek gebruikt bij het onderzoek naar de mogelijke milieueffecten van in zee gedumpte munitie (Oosterschelde en Noordzee).
Aan de hand van de resultaten welke verkregen zijn door gebruik te maken van deze nieuwe analyse techniek kon TNO aantonen dat er geen witte fosfor aanwezig is in het water van Oosterschelde. Ook ander munitiegerelateerde stoffen kwamen in dusdanig geringe concentraties voor dat deze geen milieubelasting vormen. Met deze informatie kon Defensie de provincie Zeeland en Rijkswaterstaat ervan overtuigen dat de in de Oosterschelde aanwezige munitiedump geen significant effect had op het milieu.

Behalve de SPME-techniek heeft TNO binnen het V910 onderzoeksprogramma de toepassing van de HPLC (High Pressure Liquid Chromatography) breder inzetbaar gemaakt. Na in gebruik name van deze nieuwe HPLC-techniek kon bij de recent uitgevoerde additioneel betaalde opdrachten zoals 'Waddenzee fase 2' en 'Monstername Winkelmankazerne', veel sneller, nauwkeuriger en goedkoper de noodzakelijke chemische analyses worden uitgevoerd.

Met behulp van de ontwikkelde TIE (Toxicity Identification Evaluation)-technieken kan tevens in een relatief kort tijdsbestek bepaald worden of een stof schade aan het milieu toebrengt. Deze techniek is toegepast in additionele opdrachten waarbij milieueffecten van munitiegerelateerde stoffen, zoals onder andere TNT en witte fosfor, ten gevolge van defensieactiviteiten in kwetsbare natuurgebieden zoals de Waddenzee werden

bestudeerd. Mede door deze onderzoeksresultaten kon Defensie met succes zijn activiteiten in dit gebied voortzetten.

In het kader van het programma V910 werd tevens onderzoek gedaan naar nieuwe technieken voor het vernietigen van munitie die door de Explosieven Opruimingsdienst mogelijkerwijs in de toekomst gebruikt kunnen worden. Hierbij gaat het om het vernietigen van zowel niet gesprongen explosieven (NGE), afkomstig uit de Tweede Wereldoorlog, alsmede munitie die ten gevolge van uitfasering van wapensystemen overbodig is geworden. Dankzij werkzaamheden binnen dit onderzoeksprogramma is door TNO een nieuwe techniek ontwikkeld voor het veilig en verantwoord onschadelijk maken van zowel NGE alsmede niet verschoten munitie. De ontwikkelde installatie kan op een vaste locatie worden gerealiseerd (vernietigen van grote magazijn voorraden). Het is echter ook mogelijk om de installatie in een mobiele vorm uit te voeren.

Binnen dit thema zijn meerdere analyse technieken voor explosieve stoffen ontwikkeld en verbeterd. Helaas blijken deze niet echt geschikt voor 'on the spot' toepassing omdat er vrij complexe apparatuur bij nodig is die niet echt in het veld gebruikt kan worden. In een nieuw Milieu en Arbo-programma zal nader onderzocht moeten worden of deze technieken aangepast kunnen worden of andere technieken mogelijk zouden kunnen zijn.

Thema Munitiecomponenten
Een van de belangrijkste componenten voor de betrouwbaarheid en veiligheid van munitie is het ontsteeksysteem. In thema 4 was de hoofddoelstelling kennis opbouwen omtrent de nieuwe ontwikkelingen hiervan en deze kennis in NAVO-werkgroepen inbrengen. De gekoppelde defensievragen waren:

- het opstellen van technische eisen voor nieuwe ontsteeksystemen (NAVO);
- deelname aan NAVO Expert Working Groups;
- opbouwen van expertise betreffende inwendige ballistiek en loopslijtage;
- vaststellen gevaren elektromagnetische straling op ontsteeksystemen en
- het ontwerpen van een testmethode om de ontsteekcapaciteit van kruit vast te stellen.

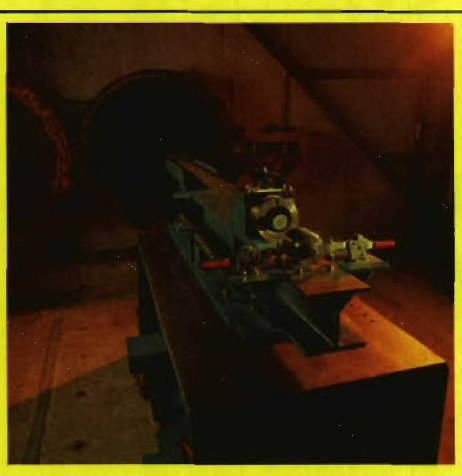
De militaire motivering voor het toepassen van zelfvernietigende ontsteeksystemen is het verminderen van het aantal UXO's (UneXploded Ordnance). Dit omdat UXO's de eigen voortgang sterk vertragen en gevaar opleveren voor eigen personeel. In thema 4 is een studie gedaan naar het vermijden van UXO's. Hieruit is een eisenpakket voor ontsteeksystemen samengesteld die het mogelijk moet maken het aantal UXO's voor de toekomst drastisch te verminderen.

In het kader van het bijhouden van de nieuwe ontwikkelingen op het gebied van ontstekers en de bijbehorende technische eisen werd speciale aandacht gegeven aan Exploding Foil Igniters (EFI). Deze ontstekers hebben een zeer hoge nauwkeurigheid en betrouwbaarheid en maken door hun constructie een mechanisch Safety and Arming (S&A) device overbodig. Tevens bevatten deze ontstekers minder milieugevaarlijke stoffen. In het kader van een samenwerking met de UK zijn de eigenschappen van een aantal nieuwe explosieve stoffen voor ontsteeksystemen geëvalueerd en getest en is kennis opgebouwd omtrent de werking van deze EFI systemen. Het is zelfs mogelijk gebleken om te komen tot een zogenaamde 'secundairy flyer' ontsteeksysteem. Hierbij wordt de gehele ontsteektrein vervangen door één MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)-EFI-systeem.

Elektromagnetische straling of elektrostatische ontlading kan een groot gevaar opleveren voor ontstekers (Electro-Explosive Device (EED)), zowel bij opslag als operationeel. Mogelijke bronnen van EM-straling kunnen zijn; bliksem, RADAR en GSM maar ook een helikopter. Uit het onderzoek is gebleken dat in principe alle bestaande EEDs *niet voldoen* aan de nieuwe richtlijnen zoals beschreven in de STANAG 4239. Door hun lage initiatie energie kunnen bestaande EEDs, in de omgeving van deze bronnen afgaan en gevaar opleveren.

Bovengenoemde kennis heeft TNO ingebracht en bediscussieerd in NAVO-werkgroepen voor onder andere STANAG 4363 (Editie 2), explosieve componenten en STANAG 4560 (Editie 1), ontstekers en AOP-43 (behorend bij STANAG 4560). Editie 2 van STANAG 4363 is onlangs geratificeerd terwijl Editie 3 technisch inhoudelijk vrijwel afgerond is en naar verwachting in 2005 naar Subgroep 2 voor goedkeuring gestuurd zal worden.

Betreffende STANAG 4560 en AOP 43 werkgroepen heeft TNO-bijdragen geleverd in de vorm van een nieuwe STANAG, is er een testmatrix uitgevoerd zoals beschreven in deze STANAG. Verder is er een voorstel gedaan om een van de elementaire para-meters van een ontsteker (namelijk de thermische tijdsconstante) anders te bepalen, namelijk met behulp van de TNO Thermal Transient test. Inmiddels is Editie 2 van deze STANAG 4560 en AOP 43 ter ratificatie aangeboden.



De kennis en kunde op het gebied van kogel- en scherfinslag in relatie tot gevoeligheid van munitie, wordt al volop gebruikt in projecten als 'Goalkeeper' en 'Magie', maar ook in kwetsbaarheid van voertuigen.

Ontwikkelingen van nieuwe kruiten leveren enerzijds problemen op met de ontsteking hiervan en anderzijds met de erosie in de loop. Voor het eerste probleem is binnen TNO de stand-off test ontwikkeld. Naast het bepalen van de ontsteekbaarheid van kruit kan de ontsteekcapaciteit van een ontsteker bepaald worden. Deze opstelling kan tevens bij standaard periodiek onderzoek gebruikt worden. Daarnaast is het mogelijk gebleken de overmatige erosie tegen te gaan door het aanbrengen van speciale metalen. Deze kunnen via een explosief proces aangebracht worden.

Thema 5 Effecten van munitie

Het hoofddoel van dit thema was in het programmavoorstel omschreven als 'beschikbaar hebben van methoden om de effecten van een ongewenste explosie te bepalen en het adviseren van maatregelen om de effecten te reduceren. De onderliggende doelen waren:

- opbouwen van een faciliteit om de responsie van munitie op een kogel- of scherfinslag te bepalen;
- modelleren van de responsie van de munitie (in relatie tot de intrinsieke eigenschappen van de explosieve stof);
- analyse van de maatregelen die genomen kunnen worden om een brand in een munitiemagazijn aan boord van een schip te minimaliseren;

- opzetten en starten van een samenwerking binnen WEAG betreffende kogel- en scherfinslag.

In het kader van MKM dient de responsie van munitie op de inslag van een kogel of een scherf beperkt te zijn. In STANAG 4439 zijn hiertoe de criteria gedefinieerd. In dit programma is de bij TNO aanwezige proefopstelling voor kogel- en scherfinslag geëvalueerd en verbeterd. Ter validatie is een aantal bekende explosieve stoffen aan een test onderworpen. Hiermee is tevens een database opgezet. De proefopstelling kan naast het karakteriseren van munitieartikelen ook gebruikt worden bij het verder verbeteren van minder gevoelige munitie, onder meer door inzicht te verwerven in de verschillende initiatiemechanismen die optreden bij kogel- of scherfinslag. De proefopstelling en opgebouwde expertise is reeds veelvuldig gebruikt bij opdrachten van Defensie zoals het 'Goalkeeper' onderzoek, of in het kader van de compound verdediging (MAGIE), waarbij een inkomend projectiel vernietigd moet worden.

Het onderzoek 'brand in munitiemagazijnen aan boord van schepen' heeft geleid tot een rekenmodel waarmee snel een schatting gemaakt kan worden van de beschikbare tijd om veilig te kunnen blussen. Verder is er een aantal andere mogelijkheden beschreven die een extra veiligheidsbijdrage kunnen leveren bij een brand in relatie tot munitie. Zo kunnen bijvoorbeeld de gevaren contouren aangegeven worden (warmte, scherfuitworp en druk) die het gevarengebied aangeven voor de bluseenheid. Anderzijds kan met het gebruik van mitigation technieken het sympatische meereageren, van de naastliggende munitie, voorkomen worden. Naast deze werkzaamheden zijn verschillende scenario's beschreven voor mogelijke calamiteiten met munitie aan boord van schepen. In het programma V405 zullen deze scenario's verder uitgewerkt worden.

Het onderzoek, naar brand aan boord van een schip in relatie tot munitie, wees uit dat een brand in een munitierek van de 127 mm munitie catastrofale gevolgen kan hebben voor het schip.

Tevens volgt uit het onderzoek dat met enkele aanvullende maatregelen, met betrekking tot munitieopslag, de veiligheid van het schip sterk vergroot kan worden; een treffer in het munitiemagazijn hoeft geenszins een catastrofale afloop te betekenen.

Binnen dit thema is een groot aantal internationale contacten onderhouden, zijn veel onderzoeksresultaten uitgewisseld en zijn nieuwe initiatieven tot stand gekomen. Een (niet complete) opsomming.

- Start van een nieuw WEAG CEPA 14 project: 'IM Modelling and Testing, Bullet Impact and Fragment Impact'.
- Opzet en ondertekening van een nieuw Data Exchange Agreement met de USA (MWDDEA-N-02-NE-4822) 'Combustion and Detonation Phenomena in Rocket Motors and Warheads'. Deelnemende partners: Sandia National Laboratories, Lawrence Livermore National Laboratories, Los Alamos National Laboratories (Department of Energy) en Naval Surface Warfare Center en Naval Air Warfare Center (Department of Defense).

- Uitwisseling van kennis met LANL op het gebied van de gevoeligheid van beschadigde explosieven, zowel thermische schade als mechanische schade. Dit is essentieel voor de responsie van munitie voor de verschillende MKM-dreigingen.
- Uitwisseling met NSWC Indian Head leverde een nieuwe testopstelling op: de Ballistic Impact Chamber, zie thema 6.
- Afronding van het onderzoek in het kader van ANNC/WG3 naar de invloed van kristalkwaliteit op de gevoeligheid van de explosieve stof.
- Absorptie van kennis uit de USA op het gebied van zogenaamde Sensitivity Groups.

Thema 6 Detonatie en gevoeligheid
In dit thema was het doel om dieper in te gaan op het functioneren van de explosieve stof. Waarom initieert een explosieve stof en hoeveel gevoeliger is een explosieve stof met een bepaalde mate van schade (thermisch dan wel mechanisch geïnduceerde schade). Deze schade kan bijvoorbeeld ontstaan ten gevolge van veroudering, maar ook het effect zijn van een inslag van een kogel of scherf of van het opwarmen van munitie bij een brand. Anderzijds kan men met deze kennis ook bepalen hoe munitie effectiever kan zijn of hoe binnenkomende dreigingen beter uitgeschakeld kunnen worden. Voorbeelden hiervan van de toepassing van kennis zijn projecten als *Goalkeeper* of *mortierverdediging*.

Voor dit thema is een aantal nevendoelstellingen gedefinieerd onderzoeks- of defensievragen die met deze materie te maken hebben te weten: het opbouwen van testen om explosieve stoffen te karakteriseren, modelleren van het effect van (mechanische) schade aan explosieve stoffen op de veiligheid en functionering van munitie en het modelleren van de schokinitiatie van explosieve stoffen voor de beoordeling van de veiligheid en functionering van detonatieketens en vernielings-ladingen. De werkzaamheden in dit thema zijn fundamenteler van aard en zijn voor wat betreft de ontwikkeling van theorie, modelvorming en apparatuur ook toeleverend aan de andere thema's.

Het onderzoek op het gebied van schade aan explosieve stoffen staat nog in de kinderschoenen. In de eerste fase van het programma zijn verschillende bestaande computercodes aangepast om de effecten van schade te modelleren. Kwalitatief bleek dit redelijk te lukken, kwantitatief nog niet. Daarop werd besloten het fenomeen schade, ook in kwantitatieve zin in relatie tot gevoeligheid, nader te onderzoeken. Inmiddels is veel inzicht verkregen die internationaal wordt bediscussieerd en uitgewisseld.

De kennis is onder meer ingebracht in het bestaande (schok)initatiemodel (vergroting van brandoppervlak). In het programma V405 zal met het nieuwe model gekeken worden naar het gedrag van munitie in allerlei omstandigheden en bij verschillende scenario's.

Onder dit thema is een nieuwe testopstelling gereed gekomen, de zogenaamde Ballistic Impact Chamber. Met deze faciliteit kan het mechanisme van 'low velocity impact' en het daarmee gepaarde gaande mechanisme van shearinitiatie onderzocht worden. Dit verschijnsel doet zich onder meer voor bij de impact van zogenaamde bunker busterbommen en bij aimable warheads. Daarnaast zijn ten behoeve van veel voorkomende defensievragen de volgende testtechnieken ontwikkeld en veelvuldig toegepast:

- meetmethode voor condensator ontlaadsystemen onder andere voor het onderzoek aan RF-munitie;

- optisch meetsysteem voor de bepaling van de detonatie-energie van een explosieve stof;
- meetmethode om de vonkgevoeligheid van primaire springstoffen vast te stellen;
- meetmethode om de elektrostatische ontladingsgevoeligheid van een ontsteek-systeem te bepalen.

Inhoudsopgave

Managementuittreksel **2**

Managementsamenvatting **4**

Verwijzingen en terminologie **16**

1 Doelstellingen, organisatie en verloop van het programma **17**
1.1 Inleiding 17
1.2 Achtergrond van het munitieprogramma V910 17
1.3 Doelstellingen en Defensievragen 19
1.4 Organisatie en mijlpalen 21
1.5 Financieel overzichten, planning 23
1.6 Bijstellingen, doelstellingenen en financieel 24
1.7 Financiële realisatie van V910 25
1.8 Realisatie van doelstellingen/defensievragen in relatie tot publicaties 25
1.9 Interactie met Defensie 26

2 Programmaresultaten **27**
2.1 Inleiding 27
2.2 Thema 1 Kwalificatie en classificatie van explosieve stoffen 27
2.3 Thema 2 Minder Kwetsbare Munitie (MKM) 30
2.4 Thema 3 Milieu 37
2.5 Thema 4 Munitie componenten 40
2.6 Thema 5 Effecten van munitie 46
2.7 Thema 6 Detonatie en gevoeligheid 51

3 Publicatielijst en documenten **56**
3.1 Inleiding 56

4 Ondertekening **60**

Bijlage(n)
A Uitvoeringsplan V910
B Overzicht resultaten en publicaties
C Bijstellingen per thema

Verwijzingen en terminologie

[1] projectvoorstel V910 Munitie: Functionering, veiligheid en Milieu
[2] TNO-PML Final CEPA 14.2 report: Cook-off Modelling and testing

AOP	Allied Ordnance Publications
ATES	Researchgroep Analyse Toxische en Explosieve Stoffen
DEA	Data Exchange Agreement
DMP	Defensie Materieelkeuze Proces
DO	Defensie Onderzoek
DWOO	Directeur Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling
EFI	Exploding Foil Igniters
EM	Researchgroep Eigenschappen Energetische Materialen
(E)TPE	(Energetic) ThermoPlastic Elastomer
HMX	Kristallijnen explosieve stof (Octogeen)
HPLC	High Pressure Liquid Chromatography
IM	Insensitive Munitions
KKI	Kennis en Kunde Infrastructuur
MCGS	Militaire Commissie Gevaarlijke Stoffen
MEMS	Micro Electro-Mechanical Systems
MKM	Minder Kwetsbare Munitie
MOU	Memorandum of Understanding
MSIAC	(NATO) Munition Safety Information and Analysis Center
NAVO	Noord Atlantische Verdrags Organisatie
NIMIC	Nato Insensitive Munition Information Center (nu MSIAC)
PBX	Plastic/Polymer Bonded eXplosive
PE	Researchgroep Pyrotechniek en Energetische Materialen
PML	Prins Maurits Laboratorium
RDX	Kristallijnen explosieve stof (Hexogeen)
SG	Sensitivity Group (nieuw Classificatie aanduiding)
SG 1	NAVO Sub Group 1:Energetic Materials
SMES	Subcomissie Munitie en Explosieve Stoffen
STANAG	Standardisation Agreement
STANAG	STANdardization AGreements
THA	Threat Hazard Assessment
TIE	Toxicity Identification Evaluation
TNO	Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
UXO	UnExploded Ordnance (Niet-Gesprongen Explosieven, NGE)

1 Doelstellingen, organisatie en verloop van het programma

1.1 Inleiding

Het doelfinancieringsprogramma V910 Munitie: functionering, veiligheid en milieu was een munitieprogramma dat van eind november 2000 tot eind juni 2005 gelopen heeft. Om het programma goed te laten verlopen is het in thema's opgedeeld, met elk een eigen themaleider, doelstellingen en budgetten. In dit hoofdstuk worden de doelstellingen, de organisatie en het verloop van het programma weergegeven. In hoofdstuk 3 worden de inhoudelijke resultaten beknopt weergegeven, in hoofdstuk 4 de lijst van publicatie.

De achtergrond van dit munitieprogramma is, vanwege de leesbaarheid en traceerbaarheid, *letterlijk overgenomen* vanuit het programmavoorstel V910 Munitie: functionering, veiligheid en milieu [1] en beschreven in paragraaf 2.2. Hierin worden de probleemcontext en probleemstelling neergezet aan de hand van de situatie rond 2000. Hetzelfde geldt voor paragraaf 2.3 waarin de doelstellingen en de defensievragen / onderzoeksvragen vanuit het voorstel zijn gekopieerd. Deze defensievragen zijn voor een groot gedeelte vertaald in een uitvoeringsplan (zie bijlage A) met daaraan gekoppeld een lijst met op te leveren resultaten (zie tabel 1 in paragraaf 2.4).

De financieel planningsoverzicht is in paragraaf 2.5 gegeven, in paragraaf 2.6 de bijstellingen, zowel financieel als van de doelstellingen. Paragraaf 2.7 en 2.8 geven respectievelijk het gerealiseerde financiële overzicht en de realisatie van de doelstellingen. Als laatste wordt in paragraaf 2.9 de interactie met Defensie besproken.

1.2 Achtergrond van het munitieprogramma V910

1.2.1 Probleemcontext

Eén van de belangrijkste onderdelen van munitie en wapensystemen is de explosieve stof. De explosieve stof zorgt ervoor dat het projectiel bij zijn doel komt (kruiten en stuwstoffen) en daar zijn veronderstelde uitwerking heeft (springstof of pyrotechniek). De juiste functionering en de veiligheid van het wapensysteem wordt bepaald door de gehele keten van explosieve stoffen, beginnend bij de ontsteker en eindigend bij de gevechtslading.

Vanwege de bijzondere eigenschappen van explosieve stoffen en de zeer hoge eisen die aan het munitieartikel gesteld worden, praktisch 100% *juiste functionering* en tegelijkertijd ook 100% *veiligheid*, onder een grote variëteit aan omgevingscondities, is een goed inzicht in de wijze waarop de explosieve stof de eigenschappen van de munitie bepaalt essentieel. Door de veranderende geopolitieke situatie waarin veel aandacht is voor een hoge nauwkeurigheid, zo klein mogelijke collateral damage en een optimale balans tussen kosten en baten spelen deze aspecten steeds sterker. De juiste functionering wordt voornamelijk geëist tijdens operationele omstandigheden, terwijl de veiligheid ook geëist wordt tijdens alle stadia waarin munitie zich kan bevinden: productie, opslag, transport, gebruik en afstoting. In al deze stadia moet de munitie tevens zo weinig mogelijk effect hebben op personeel en *milieu*. Dit laatste betreft

zowel de schadelijke stoffen die vrijkomen bij exploderende munitie (bijvoorbeeld bij oefeningen) als ook het toepassen van zo weinig mogelijk milieuschadelijke stoffen in de munitie en explosieve stoffen zelf.

In bovengenoemde ontwikkelingen staat Nederland niet op zichzelf maar is het een onderdeel van de ontwikkelingen die binnen de NAVO plaatsvinden. Voor de uitwisselbaarheid van munitie worden door de NAVO minimum eisen gesteld. Voor de functionering en veiligheid van munitie vindt het vastleggen van deze eisen plaats in AC/310 'Suitability and Safety for Service of Munitions and Explosives'. Eisen voor de milieuaspecten van munitie zijn nog niet in NAVO-verband vastgelegd maar wel vanuit het Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu.

In Nederland zijn de krijgsmachtdelen verantwoordelijk voor het evalueren van de kwaliteit (functionering, veiligheid en milieu) van de munitie die aangeschaft wordt. Eisen betreffende de typeclassificatie van munitie en de kwalificatie van de toegepaste explosieve stoffen worden gesteld in MP40-22. Overleg hierover vindt plaats in de Subcommissie Munitie en Explosieve Stoffen (SMES) als onderdeel van de Militaire Commissie Gevaarlijke Stoffen (MCGS).

De rol van TNO Defensie en Veiligheid (TNO-D&V), locatie Rijswijk (het voormalige TNO Prins Maurits Laboratorium) is (rond het jaar 2000 maar nu nog steeds) dat zij experimentele en theoretische ondersteuning geeft voor het bepalen van de karakteristieke eigenschappen van de munitie. Dit betreft weer alle stadia waarin munitie kan voor komen en vindt ook plaats bij het oplossen van problemen die geconstateerd worden. Daarnaast heeft het TNO-D&V, locatie Rijswijk een specifieke taak voor de kwalificatie van de explosieve stoffen en adviseert zij over de technische eisen (testen) die gesteld (kunnen) worden aan munitie. Tevens volgt het TNO-D&V, locatie Rijswijk de internationale ontwikkelingen, adviseert en vertegenwoordigt Defensie. Om deze rol te vervullen is het in stand houden van een kennis en kunde infrastructuur (KKI) essentieel om snel en adequaat op vragen te kunnen antwoorden.

Voor het beoordelen van de eigenschappen c.q. kwaliteit van munitie is Nederland sterk afhankelijk van de informatie die door andere landen over de munitie geleverd wordt omdat in Nederland praktisch geen industrie aanwezig is die munitie zelfstandig ontwikkelt (JNS Pyrotechniek, Eurometaal Zaandam, Muiden Chemie International, Signaal USFA). De aanwezigheid van een KKI in Nederland zorgt ervoor dat de geleverde informatie beoordeeld kan worden en dat men niet volledig afhankelijk is van de buitenlandse kennis. Nederland streeft er niet naar een volledige KKI op dit gebied in stand te houden maar tracht door internationale contacten en samenwerkingen een goede positie te bereiken en daardoor, indien nodig, informatie uit het buitenland te halen.

In Nederland is TNO-D&V, locatie Rijswijk in feite de enige organisatie waar kennis over explosieve stoffen en de toepassing in munitie aanwezig is. In tegenstelling tot andere landen zijn in Nederland geen universiteiten waar kennisontwikkeling plaatsvindt en waar studenten in dit vakgebied worden opgeleid.

1.2.2 Probleemstelling

Van alle munitie- en wapensystemen die de Nederlandse Defensie gebruikt wordt verwacht dat ze betrouwbaar functioneren, veilig zijn en nauwelijks belastend zijn voor mens en milieu. Dit wordt onder meer vereist door NAVO-standaarden en interne

regelgevingen binnen Defensie. Defensie wil de mogelijkheid hebben om deze aspecten van munitie te evalueren en te bepalen tijdens het verwervingsproces (een zelf specificerend ambitieniveau). Daarnaast komt het voor dat in de levenscyclus van de munitie problemen optreden en vragen ontstaan die een specifieke oplossing vereisen. Defensie wil hiervoor een kennis en kunde infrastructuur in stand houden om niet volledig afhankelijk te zijn van buitenlandse leveranciers van munitie en wapensystemen. Hierdoor wordt het mogelijk een optimale balans te vinden tussen *kwaliteit, veiligheid* en *kosten.*

1.3 Doelstellingen en Defensievragen

1.3.1 Defensiedoelstelling

Het programma heeft tot doel de KKI in Nederland bij het TNO-D&V, locatie Rijswijk in stand te houden waardoor het TNO-D&V, locatie Rijswijk in staat blijft Defensie adequaat te ondersteunen, adviseren en de ontwikkelingen die internationaal spelen te volgen op het gebied van de munitiefunctionering, munitieveiligheid en de milieuaspecten van munitie.

1.3.2 Programmadoelstelling

Gebaseerd op bovenstaande defensiedoelstelling kan de *algemene* doelstelling van het programma als volgt omschreven worden:

1 Defensie te ondersteunen en adviseren in het DMP proces, onder meer bij het opstellen van technische eisen (Programma van Eisen);
2 Defensie te adviseren bij problemen en vragen;
3 Defensie te vertegenwoordigen in internationaal verband (NAVO, AC310), het participeren in internationale samenwerkingsprojecten en het onderhouden van internationale contacten;
4 Defensie te adviseren over nieuwe ontwikkelingen die plaatsvinden;
5 Input te leveren aan andere DO-programma's.

Meer *specifiek* zijn de doelstellingen van het programma gericht op de volgende zes thema's.

1 *Kwalificatie en classificatie van explosieve stoffen en munitie*
Defensie adviseren betreffende de typeclassificatie van munitie en het uitvoeren van de kwalificatie van explosieve stoffen (MP40-22).
2 *Minder Kwetsbare Munitie*
Defensie ondersteunen bij de introductie van Minder Kwetsbare Munitie.
3 *Milieu*
Adviseren van Defensie betreffende het reduceren van de consequenties voor milieu en personen van het gebruik van munitie.
4 *Munitiecomponenten*
Kennis in stand houden betreffende de juiste functionering en veiligheid van munitiecomponenten en het inbrengen van deze kennis in NAVO-werkgroepen.
5 *Effecten van munitie*
Beschikbaar hebben van methoden om de effecten van een ongewenste explosie te bepalen en het adviseren van maatregelen om de effecten te reduceren.
6 *Detonatie en gevoeligheid*
Kennis in stand houden betreffende de eigenschappen van explosieve stoffen.

In paragraaf 1.3.3 worden deze doelstellingen per thema verder uitgewerkt. In paragraaf 1.4 worden voor ieder thema de resultaten (milestones) beschreven die in het programma bereikt moeten worden. In bijlage A is een gedetailleerde beschrijving van ieder thema gegeven.

1.3.3 Onderzoeksvragen/Defensievragen per thema

- **Kwalificatie en classificatie van explosieve stoffen en munitie:**
  - deelname aan en bijdrage leveren aan NAVO-werkgroepen (AC/310), SMES en MCGS;
  - in stand houden van een infrastructuur om kwalificatie testen in Nederland te kunnen uitvoeren;
  - Defensie ondersteunen bij het opstellen van regelgeving voor kwalificatie en classificatie (MP40-22).

- **Minder Kwetsbare Munitie (MKM) en effecten van munitie:**
  - stimuleren en adviseren van Defensie bij het verder uitdragen van Minder Kwetsbare Munitie;
  - modelleren van de veiligheidsconsequenties (collaterale schade) en financiële consequenties voor de aanschaf van Minder Kwetsbare Munitie;
  - opstellen van dreigingsanalyses in relatie tot de effecten die bij een ongewenste reactie kunnen optreden (threat hazard analysis);
  - deelname aan NAVO Expert Working Groups;
  - evaluatie van kleine schaal testen om het MKM-karakter van munitie te voorspellen (relatie tussen de eigenschappen van de explosieve stof en de MKM-eigenschappen van munitie).

- **Milieu:**
  - *vaststellen welke schadelijke stoffen zich in munitie bevinden en welke stoffen geschikt zijn om deze schadelijke stoffen te vervangen (prioritaire stoffen);*
  - *vaststellen van de risico's voor het personeel bij (operationeel) gebruik van munitie;*
  - evalueren van de mogelijkheden om te komen tot 'groene explosieve stoffen';
  - adviseren van de EOD'en.

- **Munitiecomponenten:**
  - opstellen van technische eisen voor nieuwe ontsteeksystemen (NAVO);
  - deelname aan NAVO Expert Working Groups;
  - opstellen van technische eisen voor de ontsteking van flares;
  - opbouwen van expertise betreffende inwendige ballistiek en loopslijtage;
  - vaststellen gevaren elektromagnetische straling op ontsteeksystemen;
  - ontwerpen van een testmethode om de ontsteekcapaciteit van kruit vast te stellen.

- **Effecten van munitie:**
  - opbouwen van een faciliteit om de responsie van munitie op een kogel- of scherfinslag te bepalen;
  - modelleren van de responsie van de munitie (in relatie tot de intrinsieke eigenschappen van de explosieve stof);
  - analyse van de maatregelen die genomen kunnen worden om een brand in een munitiemagazijn aan boord van een schip te minimaliseren;

- *opzetten en starten van een samenwerking binnen WEAG betreffende kogel- en scherfinslag.*

- **Detonatie en gevoeligheid:**
  - opbouwen van testen om explosieve stoffen te karakteriseren;
  - modelleren van het effect van (mechanische) schade aan explosieve stoffen op de veiligheid en functionering van munitie;
  - modelleren van de schokinitiatie van explosieve stoffen voor de beoordeling van de veiligheid en functionering van detonatieketens en vernielingsladingen;
  - adviseren van Defensie over een nieuwe Set Speciale Springstoffen.

De *cursief* gedrukte onderzoeksvragen/defensievragen zouden oorspronkelijk in additionele sfeer uitgevoerd worden.

1.4 Organisatie en mijlpalen

Het totale programma was, zoals eerder is aangegeven, verdeeld in 6 thema's, met elk een themaleider die daarvoor verantwoordelijk gesteld was. Deze bepaalde in hoeveel en welke projecten dit thema verdeeld werd. Het budget per project werd per jaar toegekend zodat in overleg met de programma begeleider van Defensie een project bijgesteld kon worden. Meerdere op te leveren resultaten vielen over het algemeen binnen één project.

In onderstaande tabel worden de resultaten (milestones) per thema en per project beschreven. Alleen de resultaten die bereikt werden door de doelfinanciering zijn gegeven. Tegelijkertijd is de periode waarin het onderzoek gepland werd aangegeven. Hierbij werd rekening gehouden met de projectafspraken die al eerder gemaakt zijn. Aan de onderwerpen met grijs-gekleurde balken werd gedurende de gehele looptijd van het programma gewerkt. In de laatste kolom is aangegeven of het toegepast onderzoek (TO of ook wel *b*-onderzoek genoemd) of toegepast verkennend onderzoek (TVO, ook wel *a2* onderzoek genoemd) betrof.

Tabel 1 Resultaten tabel met tijdsplanning.

THEMA / RESULTAAT	'01	'02	'03	'04	TO/VTO
1. Kwalificatie en classificatie van explosieve stoffen					
Project: MFVM1 Kwalificatie/classificatie (A01KL401)					
Deelname AC310 en Subcommissie Munitie Explosieve Stoffen/MCGS					TO
Ondersteunen Defensie mbt MP 40-22					TO
In stand houden infrastructuur kwalificatie explosieve stoffen					TO
2. Minder Kwetsbare Munitie (MKM)					
Project: MFVM2 Minder Kwetsbare munitie (A01KL402)					
Afronding Joint AC/258+310 Working Group					TO
Introductie dreigingsanalyse (THAMES)					TO
Introductie kostenbaten analyse (MONTE, CBA, COBEAN, ABC)					TO
Vaststellen collateral damage en veiligheidsconsequenties ten gevolge van introductie MKM					TO
Editie 2 STANAG 4439 + AOP-39					TO
Evaluatie kleine-schaaltesten ter bepaling van MKM-karaktermunitie					TO
Vaststellen effect holle lading inslag op munitie					VTO
Vaststellen toepasbaarheid thermoplastische elastomeren als binder voor MKM					VTO
Vaststellen effect veroudering energetische materialen op MKM-eigenschappen					TO
Vaststellen mitigation technieken voor munitie (in opslag)					TO
3. Milieu					
Project: MFVM3: Milieu (A01KL403)					
Defensie aangeven welke schadelijke stoffen vervangen moeten worden					TO
Ondersteuning EOCKL met betrekking tot ruimen en vernietigen niet reguliere munitie					TO
Vaststellen veiligheidsaspecten oude munitie (inclusief milieurisico's) (EOCKL)					TO
In stand houden cq verbeteren analyse technieken explosieve stoffen (EOCKL)					TO
Advies voor het invoeren van 'on the spot' analyse technieken (EOCKL)					TO
Vaststellen van richtlijnen voor de introductie van 'groene explosieve stoffen'					VTO
4. Munitie componenten					
Project: MFVM4: ontsteeksystemen (A01KL404)					
Aangeven van ontwikkelingen mbt nieuwe minder gevoelige ontsteeksystemen					VTO
Opstellen van technische eisen voor (nieuwe) ontsteeksystemen					TO
ANNC: evaluatie veiliger explosieve stoffen voor nieuwe ontsteeksystemen					VTO
Verhogen betrouwbaarheid self destruct systemen					TO
Beoordelen electrostatische gevoeligheid ontsteeksystemen (oud en nieuw)					TO
Vastleggen technische eisen voor ontsteking flares					TO
Project: MFVM4 AC310 SGII, Stanag 4363 Ed 3 (A01KL405)					
Afronden STANAG 4363 (Editie 2), explosieve componenten					TO
Afronden STANAG 4560 (Editie 1), ontstekers					TO
Afronden AOP-21 (behorend bij STANAG 4560)					TO
Project: MFVM4 Kruiten (A01KL406)					
Opzetten test voor ontsteekbaarheid kruit en advies met betrekking tot veiligheid					VTO
Advisering veiligheid en functioneren kruiten voor grotere dracht					TO

THEMA / RESULTAAT	'01	'02	'03	'04	TO/VTO
5. Effecten van munitie					
Project: MFVM5 Kogel/scherfinslag (A01KL407)					
Rapportage opzet van (IM-dreiging) kogel/scherfinslag faciliteit					TO
Resultaten en modellering van KSI-experimenten deel I					TO
Resultaten en modellering van KSI-experimenten deel II					TO
ANNC: KSI-responsie van specifieke explosieve stoffen					VTO
Project: MFVM5 Brand in Munitiemagazijnen (A01KL408)					
Model ontwikkeling voor de opwarming van munitie bij brand in schepen					VTO
Ondersteunen Marine mbt munitie-informatiesystemen bij brand in schepen					TO
DEA Fire Fighting USA (jaarlijkse voortgangsrapportages)					VTO
Project: MFVM5 Int Samenwerkingen (A01KL409)					
DEA Cook-off USA (jaarlijkse voortgangsrapportages)					VTO
Opzetten van een 'spigot intrusion' (IM-dreiging) test faciliteit					VTO
ANNC: Cook-off responsie van specifieke explosive stoffen					VTO
ANNC: KSI-responsie van specifieke explosieve stoffen					VTO
Opzetten van een 'spigot intrusion' (IM dreiging) test faciliteit					VTO
ANNC: Spigot Intrusion responsie van specifieke explosieve stoffen					VTO
6. Detonatie en gevoeligheid					
Project: MFVM6 Detonatie en gevoeligheid (A01KL410)					
Modelleren van de initiatie van een explosieve stof ten gevolge van flyer impact					VTO
Model mechanische eigenschappen PBX en de invloed op de gevoeligheid					VTO
Model schade PBX ten gevolge van van omgevingsinvloeden					VTO
Modelontwikkeling voor friability en stoot gevoeligheid van explosieve stoffen					VTO
Modelontwikkeling voor de effecten van kogel/scherfinslag					VTO
Bouw Ballistic Impact Chamber					TO
Opzetten cylex test voor de bepaling van de detonatieenergie					VTO
Bepaling detonatieparameters van springstof met grote kritische diameter					VTO
Ontwikkelen Faraday rotatie/Fabry Perot meetmethode					VTO
Ondersteunen Defensie voor het gebruik van een set speciale springstoffen					TO

Zoals gezegd, zijn de defensievragen, in het programmavoorstel, voor een groot gedeelte vertaald in een uitvoeringsplan (zie bijlage A) met daaraan gekoppeld een lijst met op te leveren resultaten (zie tabel 1 in paragraaf 1.4). Daarom is een gecombineerde tabel samengesteld van de resultaten tabel samen met de doelstellingen van de thema's (zie de tabel in bijlage B).

1.5 Financieel overzichten, planning

Het budget voor het programma bedroeg 8,72 Mfl = 3,957 MEuro en de verdeling over de jaren is gegeven in tabel 2 in guldens en tabel 3 in Euro's (startdatum 1 november 2000, oorspronkelijke einddatum 31 augustus 2004). In het programma werd geen groei opgenomen. Vanaf 2003 werd een krimp van 5% toegepast. In de jaarbudgetten werd de gebruikelijke prijsstijging van 2,5% per jaar verwerkt.

Tabel 2 Oorsponkelijk budget van V910 in guldens.

Thema	2000	2001	2002	2003	2004	Totaal
Kwalificatie en classificatie	25	140	145	140	95	545
Minder Kwetsbare Munitie	50	350	330	270	185	1185
Milieu	40	250	255	240	170	955
Munitiecomponenten	90	535	560	560	400	2145
Effecten van munitie	90	515	520	525	345	1995
Detonatie en gevoeligheid	60	350	375	365	250	1400
Management	15	110	115	110	75	425
Vrije ruimte			10	40	20	70
Totaal	370	2250	2310	2250	1540	8720

Tabel 3 Oorsponkelijk budget van V910 in euro's.

Thema	2000	2001	2002	2003	2004	Totaal
Kwalificatie en classificatie	11	64	66	64	43	247
Minder Kwetsbare Munitie	23	159	150	123	84	538
Milieu	18	113	116	109	77	433
Munitiecomponenten	41	243	254	254	182	973
Effecten van munitie	41	234	236	238	157	905
Detonatie en gevoeligheid	27	159	170	166	113	635
Management	7	50	52	50	34	193
Vrije ruimte	0	0	5	18	9	32
Totaal	168	1021	1048	1021	699	3957

1.6 Bijstellingen, doelstellingenen en financieel

In 2002 was aangegeven dat er een krimp in de doelfinancieringsprogramma's zou komen voor de opvolgende jaren. Anderzijds werd ten gevolge van de overdracht van de gebouwen van Defensie richting TNO een verhoging van de loonkosten doorberekend en het totale budget verhoogd van 3.957 kEuro naar 4.213 kEuro. Dit had tot gevolg dat het programma vertraagd zou worden uitgevoerd en de einddatum verzet werd naar eind juni 2005. Het geplande budget van 2003 van 1021 kEuro, werd veranderd in 749 kEuro, dat van 2004 van 699 in 749 kEuro en dat van 2005 werd 394 kEuro. Tevens is er door de snellere stijging van de TNO tarieven dan verwacht, overeengekomen dat niet het gehele programma binnen het budget uitgevoerd kon worden, en zijn er wijzingen in het programma doorgevoerd. Deze zijn in detail beschreven in bijlage C.

1.6.1 Financiële bijstellingen

De financiële planning en afhandeling van V910 is een complexe bezigheid geweest. Dit had verschillende oorzaken:

- de start van programma met lopende projecten met een realisatie van 166 kEuro;
- de ophoging van het budget vanaf het jaar 2002 en de ophoging van de realisatie (tariefstijgingen) in het jaar 2002 met 8% van de personele lasten in PRADO, maar niet in SAP;

- het nemen van verliezen in projecten (geen echte verliezen door jaarlijkse budgetophoging per project) in SAP die geen verliezen in PRADO zijn. Deze laatste twee leiden tot verschillen in SAP ten opzichte van PRADO.

De geplande budgetten zijn jaarlijks in overleg met de programmabegeleider bepaald. De achterstand in de realisatie die in de eerste jaren is ontstaan, is in de jaren daarop ingelopen. Hierdoor zijn de geplande bedragen van 2003 en 2004 van 749 naar respectievelijk 767 en 805 kEuro opgehoogd.

Tabel 4 Bijgestelde geplande budgetten van V910 in kEuro's.

Thema	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Totaal
Kwalificatie en classificatie	0	64	70	55	50	20	259
Minder Kwetsbare Munitie	0	159	160	95	110	40	564
Milieu	0	113	124	50	50	0	337
Munitiecomponenten	0	243	280	208	180	60	971
Effecten van munitie	0	234	254	165	185	114	952
Detonatie en gevoeligheid	0	159	184	140	190	70	743
Management	0	50	55	54	40	39	238
Besteed oude projecten	166	2	0	0	0	0	168
Totaal	166	1023	1128	767	805	343	4232

1.7 Financiële realisatie van V910

Tabel 5 Financiële realisatie van V910 per thema uit PRADO (29-06-2005).

Thema	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Totaal
Kwalificatie en classificatie	0	64	67	58	46	17	252
Minder Kwetsbare Munitie	0	156	136	71	149	39	552
Milieu	0	113	108	55	48	0	324
Munitiecomponenten	0	222	282	231	132	92	959
Effecten van munitie	0	225	260	161	190	87	922
Detonatie en gevoeligheid	0	148	195	114	215	70	743
Management	0	50	50	54	39	31	224
Besteed oude projecten	166	2	0	0	0	0	168
Totaal	166	980	1099	744	820	336	4144

In tabel 5 is de financiële realisatie vanuit PRADO van het totale programma, gegeven. In 2000 is er nog 166 kEuro op lopende projecten gerealiseerd. Vanaf 2000 zijn alle projecten opnieuw gedefinieerd en gestart.

1.8 Realisatie van doelstellingen/defensievragen in relatie tot publicaties

In hoofdstuk 3 worden alle doelstellingen per thema en project opgesomd en de resultaten één voor één gepresenteerd. Verder wordt aangegeven in hoeverre de resultaten al gebruikt worden in andere projecten, gebruikt gaan worden of wat de relevantie van de resultaten voor Defensie is.

In bijlage B is een overzicht gegeven van de gecombineerde defensievragen/resultatentabel in relatie tot publicaties of andere resultaten. Naast deze tabel zijn er uiteraard nog andere publicaties of documenten opgeleverd onder V910 die moeilijk direct aan een onderwerp te relateren zijn, maar onder V910 zijn uitgebracht. Deze lijst is in hoofdstuk 4 te vinden, ingedeeld per project.

1.9 Interactie met Defensie

Meerdere malen per jaar werd er met de programmabegeleider overleg gepleegd over de inhoud en voortgang van V910, problemen en kleine aanpassingen. Tevens werden de financiële zaken in dit overleg doorgenomen.

Getracht werd ook om tweemaal per jaar een overleg met de begeleidingscommissie te hebben, helaas werd dit, door de drukte van de commissie of wisselingen van personen op een functie, soms slechts éénmaal per jaar. In dit overleg werd de inhoudelijke als wel de financiële voortgang gepresenteerd en bediscussieerd. De laatste sessies met Defensie zijn samen met de munitieprogramma's V218 en V012 gehouden. Hierbij werd 's ochtends een algemeen overzicht van V910 gegeven met kort de inhoudelijk voortgang en financiële overzichten. 's Middags werd van enkele onderwerpen een meergedetailleerde presentatie gegeven.

2 Programmaresultaten

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de inhoudelijke programma resultaten per project weergegeven. Eerst worden een korte inleiding en/of de doelstellingen van het project gegeven waarna de gerealiseerde resultaten één voor één de revue passeren. Hier wordt tevens aangegeven wat het belang van het resultaat kan zijn of waar deze resultaten gebruikt worden of kunnen worden. Tevens wordt aangegeven in hoeverre het onderzoek een vervolg krijgt in de vorm van een nieuw programma of additionele financiering. Voor de volledige project resultaten wordt uiteraard doorverwezen naar de rapporten en publicaties waarvan een lijst te vinden is in hoofdstuk 4 en in de tabel in bijlage B.

Uiteraard bevat de Managementsamenvatting van hoofdstuk 1 delen van de samenvatting van de programmaresultaten beschreven in dit hoofdstuk.

2.2 Thema 1 Kwalificatie en classificatie van explosieve stoffen

2.2.1 Project MFVM1, Kwalificatie/classificatie (A01KL401)

Doelstelling van dit thema was Defensie te adviseren betreffende de typeclassificatie van munitie en het kunnen uitvoeren van de kwalificatie van explosieve stoffen. De werkzaamheden zijn daartoe onderverdeeld in een drietal elementen, zie ook tabel 1:

- deelname AC/310 en Subcommissie Munitie en Explosieve Stoffen (MCGS);
- ondersteunen Defensie met betrekking tot MP40-22;
- in stand houden infrastructuur kwalificatie explosieve stoffen.

In NAVO-verband houdt de kadergroep AC/310 zich onder andere bezig met het opstellen van regels voor het typeclassificeren van munitie en het kwalificeren van explosieve stoffen. Recentelijk is de AC/310 samengevoegd met de AC/258 in een nieuwe kadergroep, de AC/326 CNAD Ammunition Safety Group. In het kader van typeklassificatie en kwalificatie zijn van belang Subgroup 1 on Energetic Materials, Subgroup 2 on Initiation Systems en Subgroup 3 on Munitions Systems. Nederland is via TNO vertegenwoordigd in Subgroup 1 die zich bezig houdt met de kwalificatie van explosieve stoffen, het opstellen van eisen van voor explosieve ingrediënten, en het opstellen van testmethoden voor energetische materialen.

De MP 40-22 'Voorschrift betreffende het typeclassificeren van munitie en het kwalificeren van explosieve stoffen' is de Nederlandse regelgeving en implementatie ten aanzien van typeklassificatie en kwalificatie. In dit document worden doel en procedures beschreven en worden onder andere de verantwoordelijkheden van TNO in de kwalificatieprocedure vastgelegd.

De Subcommissie Munitie en Explosieve Stoffen (SMES) is een van de drie subcommissies van de Militaire Commissie Gevaarlijke Stoffen (MCGS). De SMES kent een tweetal deelnemende leden vanuit TNO, respectievelijk vanuit de optiek van AC/258 en AC/310. Typeklassificatie en kwalificatie zijn onderwerpen die in dit forum worden behandeld.Voor een coherente presentatie van de resultaten zijn deze

onderverdeeld in de bijdrage aan AC/310 c.q. AC/326, de bijdrage aan de SMES, en de kwalificatie van explosieve stoffen in Nederland.

Deelname AC/310 c.q. AC/326 Subgroup 1 on Energetic Materials
Subgroup 1 on Energetic Materials (SG1) vergadert tweemaal per jaar twee dagen. Daarbij worden de onder het beheer van SG1 zijnde STANdardization AGreements (STANAG) en Allied Ordnance Publications (AOP) up-to-date gebracht en eventueel nieuwe documenten geconcipieerd. Taken worden verdeeld over de landen, de zogeheten Custodians. Gedurende de looptijd van V910 is Nederland Custodian geweest/geworden voor:

1. STANAG 4026 Specification of picrite (nitroguanidine);
2. harmonisatie van testen in het kader van kwalificatie en gevaarsclassificatie;
3. STANAG (nog geen nummer toegekend) omtrent Ageing of Plastic Bonded eXplosives.

Ad1) Editie 2 van STANAG 4026 uit 1962 was gedateerd. Een aantal testmethoden is verwijderd en vervangen door moderne testmethoden. De final draft wordt vóór de vergadering van oktober 2005 voor commentaar voorgelegd aan NATO SubGroup 1 (SG1).

Ad2) Een aantal testen wordt momenteel uitgevoerd voor zowel de gevaarsklassificatie volgens het UN orange book als voor de 'safety and suitable for service of munitions, explosives and related products' volgens STANAGs onder beheer van SG1. Een vergelijking van verscheidene procedures is gemaakt en adviezen zijn uitgebracht aan de voorzitter van Subgroup 5. SG5 neemt namelijk de transportklassificatie volgens het UN orange book over voor de gevaarsklassificatie van munitie en wil via de harmonisatie van testen ook kunnen kiezen voor testuitvoering volgens NATO STANAGs om duplicering van testen en daarmee gemoeide kosten te vermijden. De verstrekte adviezen betreffen de procedures voor stoot, wrijving en vacuumstabiliteit. Een advies voor harmonisatie van schokgevoeligheidstesten wordt momenteel voorbereid.

Ad3) Binnen de NATO heeft een nieuw te ontwikkelen STANAG op het gebied van de veroudering c.q. bepaling levensduur van Plastic Bonded eXplosives (PBX) een hoge prioriteit. De NATO-workshop 'Insensitive Munitions – The Effect of Ageing upon Lifecycle Workshop', mei 2005 in Finland, georganiseerd door MSIAC (NATO Munition Safety Information and Analysis Centre) had mede als doel een start te geven aan de ontwikkeling van deze STANAG. TNO heeft een tweetal sessievoorzitters geleverd aan deze workshop.

Naast de Custodianships van Nederland, wordt een continue inspanning geleverd in het beoordelen van drafts STANAGs en AOP's van de andere landen in SG1. STANAGs/AOP's die in de looptijd van het programma V910 ter ratificatie zijn voorgelegd of in bijna in dit stadium zijn, betreffen ondermeer de specificaties voor ammoniumnitraat (4024), pentriet (4023), RDX (4022), Bu-NENA (4583), HNS (4230), CL-20 (4566), NTO (4543) en testmethoden als wrijving (4487), schokgevoeligheid (4488), thermische gevoeligheid en explosiviteit (4491), verscheidene mechanische testen (4507, 4515, 4525, 4540) en stabiliteitstesten (4541, 4581, 4582, 4620/AOP-48).

Gezien de gezamenlijke inspanning van de landen in SG1 bij het uitbrengen van adviezen, en opstellen van STANAGs en AOP's, worden deze documenten niet genoemd in de publicatielijst van hoofdstuk 4.

Bijdrage aan de Subcommissie Munitie en Explosieve Stoffen (SMES)
Circa vier keer per jaar komt de SMES bijeen en de bijdrage in het kader van programma V910 wordt bepaald door de agenda van de SMES. Daarnaast vindt overleg plaats over specifieke onderwerpen in kleiner verband en buiten de SMES.
Actieve bijdragen, memoranda, c.q. presentaties zijn geleverd waaronder: defaultlijst klassificatie van vuurwerken, desensibiliseren van munitie, classificatie klein kaliber munitie, blikseminslag in munitiemagazijnen, Minder Kwetsbare Munitie (beleid), Sensitivity Groups, bijlage 9 MP40-21, gevoeligheid munitie voor betonspall en levensduuraspecten van munitie onder Out-of-Area omstandigheden. In 2005 zal een presentatie voor de SMES worden gegeven over de munitie life-cycle tool van MSIAC.

Kwalificatie van explosieve stoffen in Nederland
De kwalificatie van explosieve stoffen in Nederland en de rol van TNO in deze, wordt beschreven in de MP 40-22. De direct relevante NATO-documenten zijn STANAG 4170 'Principles and methodology for the qualification of explosive materials for military use', AOP-7 'Manual of data requirements and test for the qualification of explosive materials for military use' en AOP-26 'NATO catalogue of explosives'.

De Nederlandse sectie in AOP-7 is in het kader van programma V910 volledig herzien. De wijze waarop MP 40-22 vorm geeft aan de typeklassificatie en kwalificatieprocedure in Nederland is achterhaald; genoemde organisatie en functionarissen bijvoorbeeld dienen bij de tijd te worden gebracht. Momenteel loopt de vorming van de Defensie Materieel Organisatie en de herziening van deze MP wacht op de realisatie van de DMO.

De kwalificatie van explosieve stoffen als integraal onderdeel van de typeclassificatie van munitie heeft in de loop van 2004 hernieuwde aandacht gekregen en geleid tot adviesaanvragen aan TNO. De typeclassificatie van de Gill is als eerste gepasseerd in de Adviesraad Wapen & Munitieveiligheid, en was bijzonder vanwege het verkrijgen van kwalificatiegegevens uit een niet-NATO-land op basis van STANAG 4170. Inmiddels is er een tweetal projecten parallel aan het programma V910 gestart om invulling te geven aan de kwalificatie van explosieve stoffen, te weten 'Kwalificatie explosieve stoffen KL' en 'Kwalificatie van explosieve stoffen in KLu wapens en munitie'. Het verkrijgen van kwalificatiegegevens dient bij voorkeur reeds in het begin van de verwervingsfase te worden aangekondigd. Een eerste ervaring hiermee wordt momenteel opgebouwd binnen de Request for Information voor flares voor de KLu.

Binnen SG1 wordt gewerkt aan een nieuwe editie van de STANAG 4022 betreffende de explosieve stof RDX. Inmiddels is er ook een ongevoelige variant van RDX op de markt gekomen en vanwege de significante reductie in kwetsbaarheid van Plastic Bonded eXplosives op basis van RDX, is er de wens om deze Insensitive of Reduced Sensitivity variant, als specificatie op te kunnen nemen in de volgende editie van STANAG 4022. Daartoe is een zogeheten Round Robin testprogramma opgezet waarbij Reduced Sensitivity RDX monsters en conventioneel RDX monsters van verschillende fabrikanten 'blind' worden verspreid onder de deelnemers aan dit programma. De experimentele werkzaamheden van TNO zullen onder het projectvoorstel 'AC/326 SG1 RS-RDX Round Robin tests' worden uitgevoerd.

2.3 Thema 2 Minder Kwetsbare Munitie (MKM)

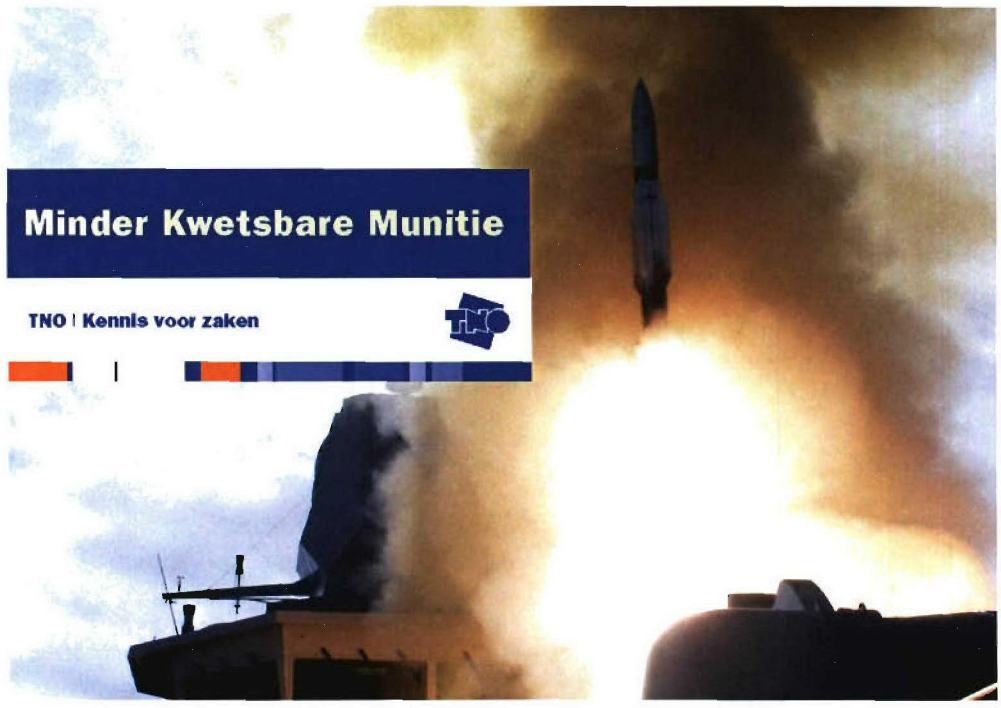
2.3.1 Project MFVM2 Minder Kwetsbare munitie (A01KL402)

Dit thema en tevens project bevat een onderwerp dat binnen de doelfinanciering al enige jaren de aandacht krijgt. De ontwikkeling van MKM is, met name in de USA, al enige decennia geleden gestart. In 1998 werd hier bij de ontwikkeling van nieuwe munitie, MKM min of meer verplicht gesteld. MKM zal in de toekomst meer en meer de standaard munitie worden, maar levert naast meer veiligheid een vergelijkbare of soms nog een betere prestatie.

De omslag naar MKM verloopt in Nederland nog niet zo snel. De directe kosten bij de aanschaf spelen nog steeds een grote rol bij nieuwe munitie. Anders denken is nodig omdat in praktijk, voor de gehéle levenscyclus van de munitie, MKM-munitie vaak goedkoper kan zijn. Daarom is de doelstelling van dit thema/project beschreven als 'Defensie ondersteunen bij de introductie van MKM', maar zijn er ook evaluaties uitgevoerd met betrekking tot kosten van MKM-munitie etcetera. De andere doelstellingen van dit project in de vorm van defensievragen zijn dan ook:

- stimuleren en adviseren van Defensie bij het verder uitdragen van Minder Kwetsbare Munitie;
- modelleren van de veiligheidsconsequenties (collaterale schade) en financiële consequenties voor de aanschaf van Minder Kwetsbare Munitie;
- opstellen van dreigingsanalyses in relatie tot de effecten die bij een ongewenste reactie kunnen optreden (threat hazard analysis met behulp van programma THAMES);
- deelname aan NAVO Expert Working Groups, (afronding AC/258, AC/310 working groep);
- evaluatie van kleine schaal testen om het MKM-karakter van munitie te voorspellen (relatie tussen de eigenschappen van de explosieve stof en de MKM-eigenschappen van munitie).

De laatste doelstelling bevat indirect een aantal op te leveren resultaten (zie resultaten tabel 1 in hoofdstuk 2) op het gebied van holle ladingsinslag, toepasbaarheid van thermoplastische elastomeren (TPE) en het veroudering van PBX-en. Zoals in de paragraaf 'Bijstellingen' in hoofdstuk 2 al is gemeld, zijn de onderwerpen 'Vaststellen van collateral damage...' en 'Vaststellen van mitigation technieken van munitie' ondergebracht in naar het programma V218.



Figuur 1 Voorkant van het MKM-boekje.

Defensie ondersteunen bij de introductie van MKM
Zoals bij de inleiding reeds gemeld was, gaat de invoering van MKM binnen de Nederlandse Krijgsmacht nog niet zo snel. TNO is gevraagd Defensie te ondersteunen bij de introductie van MKM. TNO heeft hier, in de vorm van een artikel in het 'APA-blad', een MKM-boekje, waarvan de voorkant in figuur 1 te zien is, en een artikel in het NIMIC/MSIAC blad (NATO-onderdeel op het gebied van MKM) invulling aan gegeven. Daarnaast is MKM door middel van een themadag en diverse presentaties zo breed mogelijk binnen de Nederlandse Krijgsmacht onder de aandacht gebracht. Samen met de voormalige programmabegeleiders, ing. J.A. van Gool en C.J. Kampschuur is een concept-strategie voor de invoering van MKM in de Nederlandse Krijgsmacht geschreven.

Onlangs zijn er nog belangrijke presentaties geweest voor de DWOO en de adviesraad Wapen en Munitieveiligheid in relatie tot mogelijke problemen tijdens operationeel optreden in Out-of-Area-situaties, waaruit duidelijk naar voren is gekomen dat er binnen de Nederlandse Krijgsmacht een beleid moet komen op het gebied van MKM. De formulering van een MKM-beleid is door de Adviesraad opgedragen aan bij de MCGS. Door de internationale ontwikkelingen te volgen, kan TNO, zowel bij de introductie als de implementatie, de Nederlandse Krijgsmacht van dienst zijn.

STANAG 4439 en de AOP 39
De STANAG 4439 'Policy for introduction, assessment and testing for insensitive munitions (MURAT)', en de AOP 39 'Guidance on the development, assessment and testing', zijn twee documenten bij de introductie en testen van MKM. Hier is door Nederland voor, en na 2000 binnen dit programma, aan bijgedragen in de vorm van internationale vergaderingen. Helaas is het nog niet tot een getekend document gekomen omdat de landen het niet eens kon worden over de tekst. De USA wilden de testuitvoering op basis van de zogenaamde Threat Hazard Analyses (THA) en ook het toekennen van 'waivers' opnemen. Hierbij wordt op basis van een dreigingsanalyse met

verschillende scenario's bepaald welke testen er uitgevoerd dienen te worden. Indien een artikel niet alle geplande MKM-testen doorstaat krijgt hij een 'waiver' toegekend en moet het artikel verbeterd worden. Frankrijk wil een beleid op basis van labels met 1*, 2** of 3 ***. Hoe ongevoeliger een munitie artikel des te meer sterren deze krijgt. Frankrijk wil de bepaling aan de hand van stroom diagrammen (zie evaluatie kleine schaal testen voor MKM-bepaling) en de US met 'full-scale' testen.
Momenteel zijn er nieuwe ontwikkelingen, onder de 'custodianship' van Frankrijk, waarbij men wel tot een eenduidig stuk hoopt te komen. De Nederlandse bijdrage valt niet meer onder het nieuwe programma V405 maar wordt naar verwachting vanaf 2006 additioneel betaald.

Dreigings analyse met THAMES
NIMIC (Nato Insensitive Munition Information center, nu MSIAC) heeft rond 2000 een computerprogramma ontwikkeld waarmee de bovengenoemde Threat Hazard Analyses gedaan kunnen worden. Met een team van specialisten kunnen de scenarios bedacht worden waarmee de munitie in aanraking komt. Op basis hiervan worden de testen, zowel de Safety and Suitability als wel als de MKM-testen voor het betreffende munitie artikel bepaald worden. Naast het bijwonen van een workshop in het verleden is door TNO een werkvergadering gehouden op de locatie Rijswijk waar samen met enkele medewerkers van Defensie ervaring met THAMES is opgebouwd en dit programma is geëvalueerd.

Evaluatie van kleine schaal testen om de MKM-responsie van munitie te voorspellen
Het antwoord op de vraag of een munitie artikel voldoet aan de vereisten om 'Minder Kwetsbare Munitie' te mogen heten,kan worden bepaald door de munitie aan een serie van MKM-testen te onderwerpen, die de verschillende dreigings-scenario's nabootsen (zoals brand, een kogel of scherf inslag etcetera.). Het uitvoeren van 'full-scale' testen, met name met artikelen zoals missiles, brengt hoge kosten met zich mee én levert tevens geen of nauwelijks statistische onderbouwing van het resultaat; 'Eén test is geen test'.

Een mogelijkheid om dit enigszins te ondervangen kan een combinatie van laboratorium testen met theoretisch onderbouwingen en computersimulaties zijn. Uiteraard dienen er in sommige gevallen wel aanvullende 'full-scale' testen uitgevoerd te worden. In Frankrijk is men vrij ver in dit proces. Hier wordt op basis van stroomdiagrammen, voor een bepaald type dreiging, de responsie van het artikel bepaald. Voor sommige antwoorden worden computersimulaties gebruikt voor andere laboratorium testen, echter beide in combinatie met expertise op deze gebieden.

De kleine schaal, of eigenlijk 'niet full scale', testen zijn verder te verdelen in twee groepen, namelijk de experimenten die afwijken van 'full scale' omdat zij uitgevoerd worden op slechts een deel van het artikel of op kleinere schaal én de testen waarin parameters worden bepaald waarmee via simulaties het gedrag van het artikel bepaald kan worden. Waar de eerste vorm van testen direct antwoord geeft op de vraag, biedt de tweede vorm de mogelijkheid om de resultaten van de testen te interpoleren/extrapoleren. Voor de verschillende MKM-dreigingen zijn verschillende testmethoden beschikbaar, waarvan hieronder twee als voorbeeld zijn gegeven.

De holle lading inslag experimenten op een deel van het artikel of explosieve stof (die normaal in de hoofdlading zit) geeft direct antwoord op de vraag wat de responsie is. De karakteristieke parameters van de holle lading, zoals de diameter en snelheid,

kunnen gevarieerd worden. Hierbij kan bekeken kan worden wanneer dit leidt tot een reactie en wanneer niet en dus de bepaling van de Go-NoGo overgang. Dit geeft meer inzicht in het reageren van een artikel dan de uitvoering van slechts een enkele test.

Cook-off testen, zoals deze worden uitgevoerd bij TNO-DV [2], zijn een voorbeeld van het bestuderen van de parameters. De reactiekinetiek (wijze van reageren van de explosieve stof bij opwarming) die tijdens deze test kan worden bepaald, geeft met behulp van simulaties inzicht in het gedrag van de munitie tijdens verschillende opwarmsnelheden en diverse configuraties. De kinetiek is niet alleen toepasbaar voor de onderzochte springstof, maar kan in sommige gevallen voor een hele familie van explosieve stoffen gebruikt worden.

Binnen TNO-DV is in de afgelopen decennia veel kennis opgebouwd op het gebied van functioneren en veiligheid van munitie en explosieve stoffen. Tevens zijn verschillende laboratorium testen ontwikkeld om stoffen of (generieke) munitie te karakteriseren en te onderwerpen aan stimuli overeenkomend met de MKM-dreigingen. In veel gevallen word in meer of mindere mate het bepalende mechanisme begrepen dat tot een bepaalde responsie van het artikel leidt. Met andere worden er is voldoende expertise voorhanden om een methode, zoals in Frankrijk gevolgd wordt, op te zetten.

Het toepassen van thermoplastische elastomeren
Het onderzoek naar de zogenaamde (Energetische) ThermoPlastische Elastomeren ofwel (E)TPE maakte deel uit van het onderzoek naar nieuwe ontwikkelingen op het gebied van de Plastic/Polymeer gebonden explosieven (PBX-en). Moderne springstof composities (PBX-en) bestaan veelal uit springstofkristallen bijeengehouden door een binder die de energetische compositie voor vele soorten belasting minder gevoelig maakt. De hoeveelheid binder wordt echter zoveel mogelijk beperkt omdat de binder de energie-inhoud van de springstof verlaagt. Andere mogelijkheden om munitie minder gevoelig te maken zijn onder meer het elimineren van fouten in de springstofkristallen en het verbeteren van de bindingen tussen de binder en de springstofkristallen.

In dit onderdeel is de aandacht gericht op de toepasbaarheid van recent ontwikkelde energetische binders. Deze binders maken hogere prestaties mogelijk, doordat extra energie vrijkomt bij de ontleding van de binder in vergelijking met de ontleding van een 'niet-energetische' binder. Dit onderzoek is een eerste verkenning om mogelijke problemen van de energetische binders vast te stellen. Het andere voordeel van deze TPE's is dat deze recyclebaar zijn omdat het binders bij hoge temperatuur verwerkt worden maar bij kamertemperatuur vast worden, zoals bedoeld. Dit in tegenstelling tot conventionele PBX-en die na uitgeharden niet meer vloeibaar gemaakt kunnen worden.

In dit onderzoek zijn zeven composities gemaakt. De composities zijn gebaseerd op RDX met twee verschillende deeltjes groottes, grof (130 micron) en fijn (5 micron). Deze zijn in de springstof verwerkt met een gelijke hoeveelheid/massafractie vaste stof. Op basis van thermodynamische berekeningen zijn twee energetische binders, AMMO/BAMO, een thermoplastische elastomeer (TPE), en een 'extended GAP' (E-GAP), geselecteerd voor deze composities. Ter vergelijking zijn twee composities op basis van de 'standaard' binder HTPB gemaakt.

De batches op basis van de TPE waren droog en moeilijk persbaar en de dichtheid was laag. Verder is de vormvastheid van de TPE batch met grof RDX te beperkt. Voor het

verkrijgen van een compositie die aan de vereisten voor onder meer mechanische eigenschappen voldoet, zullen de composities verder geoptimaliseerd moeten worden.

De composities zijn de eerste stap in een traject van toepassing van energetische binders in composities. Toepassing van deze binders zal leiden tot een betere effectiviteit van munitie doordat meer energie beschikbaar is voor voortstuwing of explosie. De energetische TPE's zijn recyclebaar, wat grote voordelen biedt in het productieproces en uiteindelijk voor het milieu. Duidelijk is echter dat de toepassing van (E)TPE in de toekomst zeker meer aandacht zal krijgen in de defensie-industrie.

Voorzien is dat in het programma 'V405 Munitie en Explosieve Stoffen: Kwaliteit, Veiligheid en Milieu' dit onderwerp verdere aandacht zal krijgen in de vorm van het thermische karakteriseren van deze (E)TPE's om na te gaan hoe de mechanische of energetische eigenschappen veranderen bij verhoogde temperatuur en langdurig op verhoogde temperatuur.

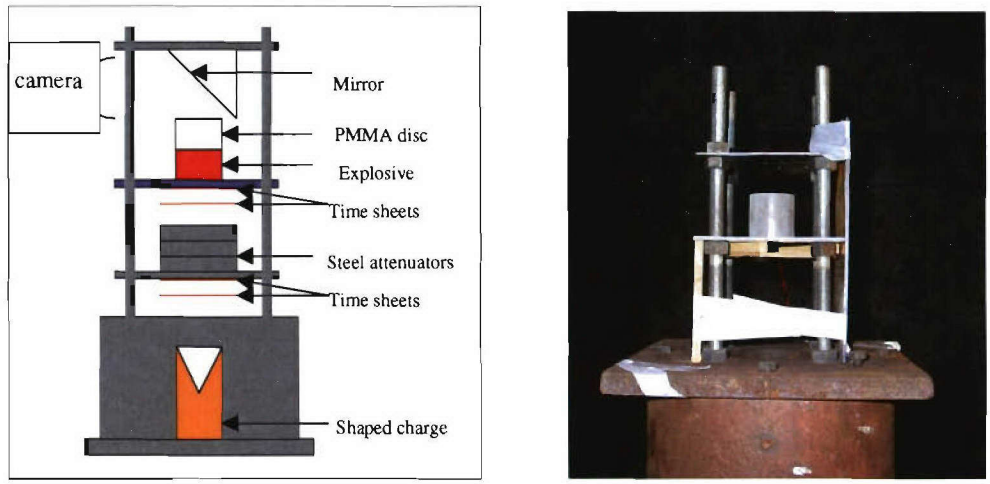
Vaststellen effect holle lading inslag op munitie
Ervaring met het minder kwetsbaar maken van munitie heeft uitgewezen dat bescherming tegen de effecten van holle lading inslag op een springstof moeilijk te verwezenlijken is. Een van de mogelijkheden is het elimineren van fouten in de springstofkristallen. In dit onderdeel is de aandacht gericht op de mogelijkheden om door het elimineren van deze fouten het effect van inslag van een holle lading te beperken.

Uit een literatuuronderzoek is gebleken dat de reactie van munitie of explosieve stof, bij een inslag van de jet van een holle lading, anders is dan bij een inslag van een kogel of scherf. De jet van een holle lading heeft veelal een snelheid tussen de 5 en 10 km/s. Omdat de snelheid van de tip hoger is dan de geluidssnelheid van de explosieve stof, blijft de tip als het ware continu een schokgolf produceren. Het gevolg is dat daardoor de meeste munitie of explosieve stoffen initiëren bij inslag van een holle lading ondanks de kleine diameter van de tip (2-3 mm).

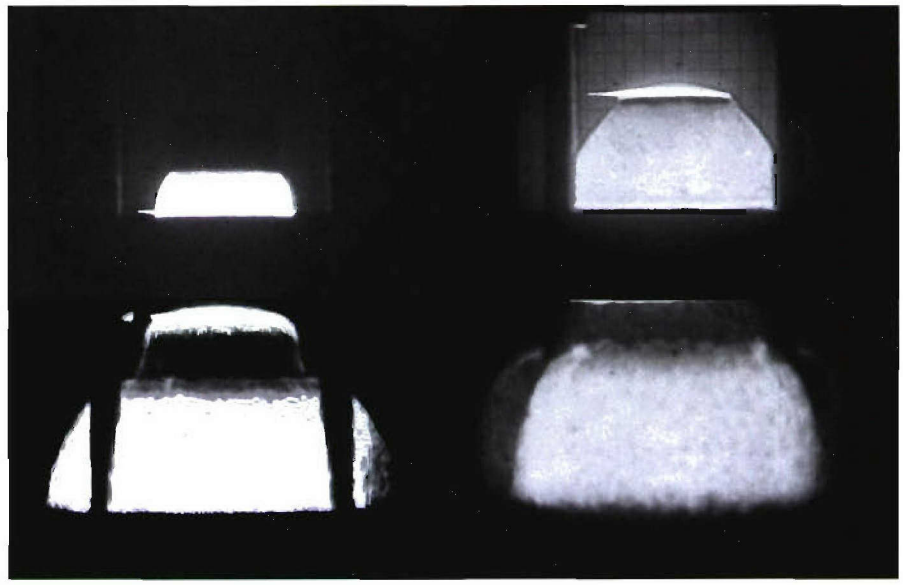
Omdat het precies modelleren van de initiatie munitie door holle lading nog in ontwikkeling is, wordt over het algemeen gebruik gemaakt van het eenvoudige Held criterium. Het Held criterium is gebaseerd op een drempelwaarde v^2d, waarbij v de inslagsnelheid en d de diameter is van de jet.

Er is binnen dit project een opstelling geconstrueerd waarmee holle ladingstesten (42 mm) op explosieve stoffen uitgevoerd konden worden. Hierbij kan de jet snelheid aangepast worden, door stalen platen tussen de jet en het doel te plaatsen. De jetsnelheid kan op verschillende plaatsen gemeten worden. De jet is gekarakteriseerd en heeft een maximale tipsnelheid van 7,0-7,5 km/s en een gemiddelde dikte tussen de 2,1-2,3 mm. In figuur 2 is een schematische opstelling en een foto van deze opstelling gegeven.

De serie experimenten is met gekwalificeerde in-service zijnde explosieve stoffen PBXN109 en zijn ongevoelige tegenhanger uitgevoerd. Deze experimenten zijn tevens met de hoge snelheidscamera opgenomen (zie figuur 3). Beide explosieve composities bevatten 64% RDX, 20% Aluminium en 16% polymeer. Het verschil tussen het standaard PBXN-109 en de ongevoelige versie is dat het standaard, RDX bevat, terwijl het ongevoelige, I-RDX bevat. Beide RDX-typen komen van SNPE uit Frankrijk.



Figuur 2 Dwarsdoorsnede van de opstelling (links) en foto van de opstelling zonder jetvertragende staalplaten (rechts).



Figuur 3 Experiment test 4 [F1737], PBXN-109, 1 barrière, frames op 72, 76, 82 en 90 μs.

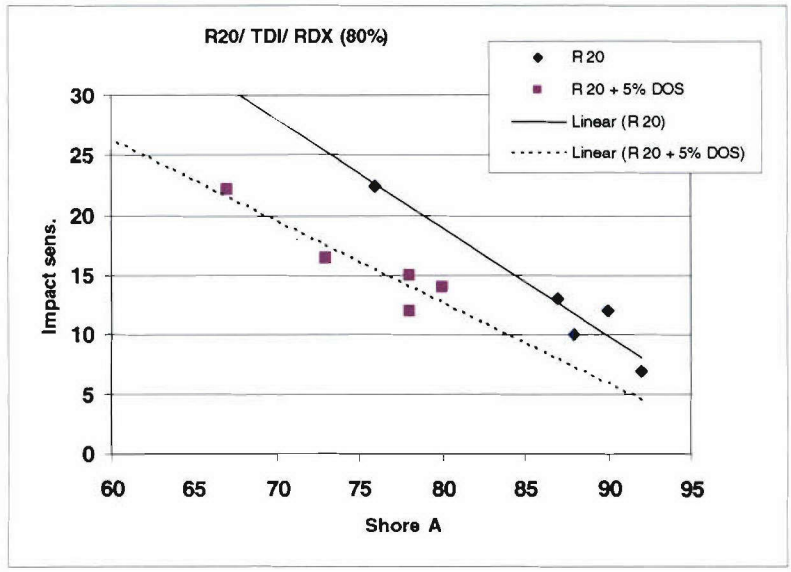
Waar de normale PBXN-109 een Go-NoGo overgang heeft bij een jetsnelheid van ongeveer 4,7 km/s (tussen 5-6 staal platen; 60-72 mm staal), heeft de ongevoelige versie I-PBXN-109 een overgang bij een jetsnelheid tussen7-7,5 km/s (geen staalplaat).

Veroudering van PBX-en

PBX-en worden veelvuldig toegepast in moderne MKM-artikelen. Van conventionele munitie met explosieve ladingen zoals TNT, Comp B of andere combinaties van kristallijne explosieve stoffen, is bekend dat ze vrijwel niet veranderen. Ook bij verhoogde temperatuur (tot 80°C, temperatuur waarbij TNT smelt), of bij temperatuur cycli, veranderen de eigenschappen vrijwel niet. Van de huidige PBX-en is nog niet geheel duidelijk in hoeverre hun eigenschappen veranderen en dusdanig gevoeliger worden dat er niet meer van MKM gesproken kan worden.

Bij de studie naar veroudering van PBX-en is gebleken dat er verschillende soorten veroudering bij PBX-en kunnen optreden. De binder kan verharden door de aanwezige zuurstof of door NO-gas dat van de RDX of HMX komt. Verder kan de weekmaker uit de binder lopen of de hoeveelheid anti-oxidant afnemen wat leidt tot verharding van de binder en dus de totale explosieve stof. Bij verhoogde temperatuur (boven 100 °C) kan uiteindelijk ook de RDX of HMX of andere kristallijne explosieve stof ontleden waardoor extra NO-gas vrijkomt maar ook porositeit in de kristallen ontstaat.

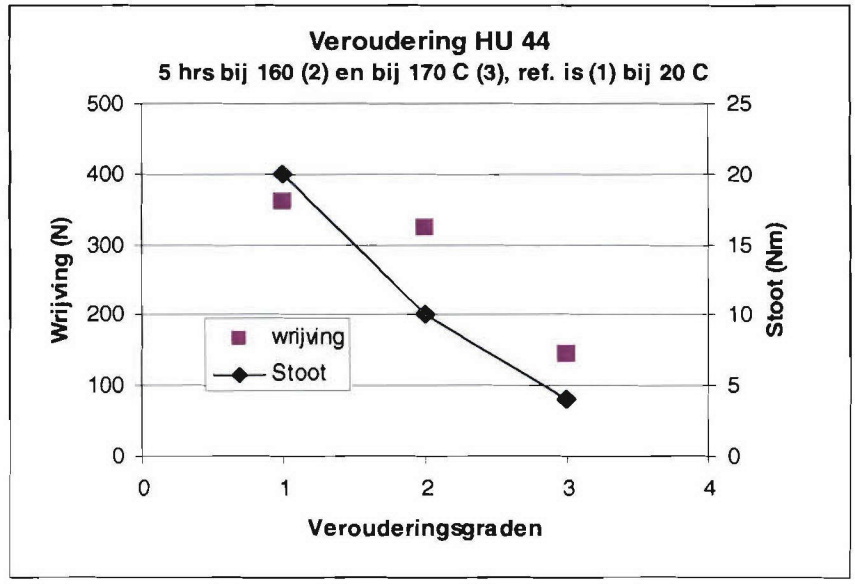
De verharding van de binder en ontstaan van porositeiten maken de explosieve stof gevoeliger voor allerlei soorten MKM-dreigingen als kogel-, scherf- of holle ladings-inslag, maar ook andere vormen van dreiging. De toename van de stootgevoeligheid met de hardheid is weergegeven in figuur 4, waarbij ook gebleken is dat een component als de weekmaker (DOS) een zeer belangrijke rol speelt.



Figuur 4 De toename van de stoot gevoeligheid in relatie tot zogenaamde shore A hardheid.

Minder bekend is in hoeverre de verandering van (mechanische) eigenschappen in kwantitatieve zin invloed heeft op de gevoeligheid. Er is binnen V910 reeds naar bepaalde aspecten onderzoek gedaan en getracht modellen op te zetten om de relatie tussen zowel thermische als mechanische schade te koppelen aan gevoeligheids-toename, met name voor MKM-dreigingen.

Na vijf uren op verhoogde temperaturen van 160-175 °C blijken de samples (HMX-PBX-en) gevoeliger voor stoot en wrijving te zijn geworden, ongeveer een vierde van de oorspronkelijke gevoeligheid; echter nog steeds niet gevaarlijk voor de omgang met deze stoffen. Uit scherfinslag testen met thermisch beschadigd (verouderd) PBX is gebleken dat er geen extreme toename van de gevoeligheid van dit specifieke explosief (HU45) valt te verwachten (5 uur op 165 graden celsius). Voor schokgevoeligheid is wel een kleine toename gevonden bij temperaturen van 170 en 175 °C, maar hier is dan ook een extreme toename van de porositeit gevonden. Er heeft bij deze temperatuur al dusdanig veel chemische omzetting plaatsgevonden dat zelfs de detonatie snelheid al sterk is afgenomen. Voor meer gegevens wordt naar thema's 5 en 6 verwezen.



Figuur 5 Toename voor gevoeligheid voor stoot en wrijving van thermisch verouderde samples.

Internationaal krijgt veroudering steeds meer de aandacht. In 2005 is nog een workshop geweest over veroudering van PBX-en die is bijgewoond in het kader van dit project. Voorlopig lijkt het er op dat veroudering wel de aandacht moet hebben maar nog niet zodanig is dat het voor explosieven een gevaar betekent. Wel moet de kanttekening gemaakt worden dat elke explosieve stof anders is en de configuratie van de munitie een belangrijke rol speelt. Dus voorzichtigheid moet toch in acht genomen worden, met name voor stuwstoffen. Verharding hiervan kan catastrofale gevolgen hebben. Verharding en verstijving van de stuwstof kan tot scheuring leiden (ten gevolge van centrale bore in raketmotor) en de daardoor versnelde verbranding tot een explosie van de raketmotor kan leiden.

2.4 Thema 3 Milieu

2.4.1 MFVM3: Milieu (A01KL403)

Van dit thema/project was de hoofddoelstelling 'Defensie adviseren betreffende het reduceren van de consequenties voor milieu en personen van het gebruik van munitie'. Om dergelijke risico's te kunnen bepalen is het van belang te weten welke munitie-gerelateerde stoffen een schadelijke uitwerking hebben op mens en milieu. Daarnaast is van belang te weten bij welke concentratie deze stoffen schadelijk zijn. Een andere taak binnen dit thema was de EOD adviseren op het gebied van milieuzaken. Deze doelstellingen/defensievragen zijn wederom gespecificeerd in de vorm van op te leveren resultaten in de vorm van:

- Defensie aangeven welke schadelijke stoffen vervangen moeten worden;
- ondersteuning EOCKL met betrekking tot ruimen en vernietigen niet reguliere munitie;
- vaststellen veiligheidsaspecten oude munitie (incl milieurisico's) (EOCKL);
- in stand houden c.q. verbeteren analyse technieken explosieve stoffen (EOCKL);
- advies voor het invoeren van 'on the spot' analysetechnieken (EOCKL).

In 2003 en 2004 is dit onderwerp in budget gehalveerd en samen uitgevoerd met het milieu project binnen het reparatieprogramma V218 Munitie Technologie. Hierdoor zijn een aantal onderwerpen in beide programma's gerapporteerd.

Defensie aangeven welke schadelijke stoffen vervangen moeten worden
Een eerste analyse van munitiegerelateerde stoffen, die door Defensie gebruikt werden, toonde aan dat defensiepersoneel tijdens oefeningen kan worden blootgesteld aan rookmiddelen welke witte fosfor en hexachloorethaan bevatten. Nadere bestudering van beide chemische stoffen toonde aan dat beide stoffen bijzonder gezondheidsschadelijk zijn voor de mens en derhalve vervangen diende te worden. Aan de hand van vervolgstudies wordt op dit moment gekeken naar andere milieu- en gezondheids-schadelijke stoffen welke in munitieartikelen voorkomen. Omdat veel van deze stoffen in zeer lage concentraties voorkomen was het allereerst noodzakelijk een nieuwe analyse techniek in te voeren die het mogelijk maakt dergelijke lage concentraties vast te kunnen stellen.

Bepaling van milieurisico's met behulp van ontwikkelde analyse methoden
Binnen het onderzoeksprogramma V910 zijn verschillende analyse technieken op hun toepasbaarheid onderzocht. Hierbij is onder andere gekeken naar de betrouwbaarheid, snelheid en detectiegrens van de verschillende technieken. Aan de hand van de resultaten van deze studie is een nieuwe techniek ingevoerd welke het mogelijk maakt lage concentraties van een grote verscheidenheid aan organisch chemische stoffen, waaronder munitiegerelateerde stoffen, te bepalen. Voorafgaand aan dit programma (tot 2000) lag de detectiegrens voor munitiegerelateerde stoffen op 1 ppb (parts per billion=10-9). Door deze verbetering kon de detectiegrens worden verlaagd met een factor 1000, tot 1 ppt (parts per trillon = 10-12). De techniek berust op Solid Phase Micro Extraction (SPME). Hierbij wordt gebruik gemaakt van een vezel die voorzien is van een kunststof coating waaraan de te analyseren stof adsorbeert. Deze vezel wordt vervolgens gedurende enige tijd in contact gebracht met het te onderzoeken verontreinigde materiaal (grondwater, grond, zeewater etcetera.). De vezel wordt tenslotte met behulp van een speciale vloeistof in de analyse opstelling schoongespoeld. Voor een uitgebreide beschrijving van deze techniek wordt verwezen naar TNO-rapport PML 2002-A31.

Deze SPME-methodiek is in het kader van enkele additioneel gefinancierde projecten meerdere malen toegepast. Zo is de techniek gebruikt bij het onderzoek naar de mogelijke milieueffecten van in zee gedumpte munitie (Oosterschelde en Noordzee). Eerdere studies toonde aan dat de concentraties van munitiegerelateerde stoffen in het gebied rondom de dumplocaties dermate laag was dat deze stoffen met behulp van de toentertijd gebruikte technieken niet aangetoond konden worden. Aanvullende berekeningen die werden gemaakt aan de hand van een realistische schatting van de hoeveelheid gedumpte munitie gaven aan dat deze concentraties inderdaad zeer laag moesten zijn. Ondanks het feit dat er naar alle waarschijnlijkheid circa 3.000.000 kg TNT in de Oosterschelde ligt was de berekende TNT-concentratie niet hoger dan 200 ppt (Deze lage concentraties worden mede veroorzaakt door de grote verdunning met miljoenen liters zeewater per seconde). Echter, na de introductie van de SPME-techniek konden in watermonsters van de Oosterschelde TNT-concentraties gemeten worden van 20-500 ppt. De techniek is vooral ontwikkeld voor het bepalen van lage concentraties van zeer schadelijke stoffen, zoals witte fosfor. Deze stof kan namelijk zelfs op ppb-niveau nog aantoonbare milieu- en gezondheidsschade schade veroorzaken. Aan de hand van de resultaten welke verkregen zijn door gebruik te maken van

deze nieuwe analyse techniek kon TNO aantonen dat er geen witte fosfor aanwezig is in het water van Oosterschelde. Deze informatie kon door Defensie gebruikt worden voor het overtuigen van de provincie Zeeland en Rijkswaterstaat dat de in de Oosterschelde aanwezige munitiedump geen significant effect had op het milieu.

Andere analyse methoden voor explosieve stoffen
Behalve de SPME-techniek heeft TNO binnen het V910 onderzoeksprogramma de toepassing van de HPLC (High Pressure Liquid Chromatography) breder inzetbaar gemaakt. Hiervoor heeft TNO nieuwe analyseprocedures ontwikkeld voor het analyseren van met name moderne typen explosieve stoffen zoals onder andere hexogeen (RDX) en octogeen (HMX). Na gereedkomen van de bureaustudie en de aanschaf en in gebruikname van een nieuwe HPLC konden bij de recent uitgevoerde additioneel betaalde opdrachten zoals Waddenzee fase 2 en Monstername Winkelmankazerne, veel sneller, nauwkeuriger en goedkoper de noodzakelijke chemische analyses worden uitgevoerd.

In het kader van het onderzoeksprogramma werden ook enkele 'Toxicity Identification Evaluation' (TIE) technieken door TNO Milieu onderzocht. Met behulp van deze techniek kan in een relatief kort tijdsbestek worden bepaal0064 of een stof schade aan het milieu toebrengt. Deze techniek is toegepast in additionele opdrachten waarbij milieueffecten van munitiegerelateerde stoffen, zoals onder andere TNT en witte fosfor, ten gevolge van defensieactiviteiten in kwetsbare natuurgebieden zoals de Waddenzee werden bestudeerd. Mede door deze onderzoeksresultaten kon Defensie hierdoor met succes zijn activiteiten in dit gebied voortzetten.

Ondersteuning EOCKL met betrekking tot ruimen en vernietigen niet reguliere munitie
In het kader van het programma V910 werd tevens onderzoek gedaan naar nieuwe technieken voor het vernietigen van munitie die door de Explosieven Opruimingsdienst mogelijkerwijs in de toekomst gebruikt kunnen worden. Hierbij gaat het om het vernietigen van zowel niet gesprongen explosieven (NGE) afkomstig uit de Tweede Wereldoorlog alsmede munitie die ten gevolge van uitfasering van wapensystemen overbodig is geworden. Dankzij werkzaamheden binnen dit onderzoeksprogramma is door TNO een nieuwe methodiek ontwikkeld voor het veilig en verantwoord onschadelijk maken van zowel NGE alsmede niet verschoten munitie. Deze techniek maakt allereerst gebruik van de hoge druk waterstraal technologie waarmee het munitieartikel van een veilige afstand open gezaagd kan worden. Alle munitie, waaronder ook munitie voorzien van een op scherp staande ontstekingsinrichting, kan hiermee veilig onschadelijk worden gemaakt. Vervolgens kan de explosieve stof worden verwijderd uit het geopende munitieartikel door gebruik te maken van een waterstraal uitspuitopstelling. De explosieve stof wordt vervolgens intensief gemengd tot een stabiele slurrie door de explosieve stof te mengen met water en een middel dat uitzakken voorkomt. Aan de hand van een uitvoerig testschema is vastgesteld dat deze slurrie geclassificeerd kan worden als een niet explosieve stof. Het oorspronkelijk als klasse 1 geclassificeerde product is derhalve omgezet in een klasse 4.1 materiaal en kan daardoor met minder restricties worden opgeslagen en getransporteerd. Het vervoer van munitie of explosieve stof, met alle risico's van dien, is dan ook niet meer noodzakelijk. Tenslotte kan de slurrie worden vernietigd in een verbrandingsoven. De hierbij gevormde verbrandingsgassen zullen worden afgevangen zodat tijdens het verbrandingsproces geen schadelijke producten in het milieu worden gebracht.
De ontwikkelde installatie kan op een vaste locatie worden gerealiseerd (vernietigen van grote magazijn voorraden). Het is echter ook mogelijk om de installatie in een

mobiele vorm uit te voeren. Deze mobiele installatie kan door het hele land worden vervoerd naar locaties waar NGE zijn aangetroffen. Op dit moment kan de EOD dergelijke munitieartikelen alleen vernietigen door ze ter plaatse of indien mogelijk op een defensieterrein te laten ontploffen. Dit veroorzaakt zowel additionele risico's voor het EOD-personeel alsmede milieuschade. Ten gevolge van stringentere nationale en internationale regelgeving kennen steeds meer Europese landen een verbod op dergelijke open detonaties. Mede in het kader van deze verscherpende regelgeving werkt TNO thans in opdracht van Defensie aan het opstellen van een PVE (Programma Van Eisen) voor de bouw van deze installatie zodat in de toekomst de EOD deze vernietigingsfaciliteit kan gebruiken bij hun dagelijkse werkzaamheden. Hierbij werd gebruik gemaakt van de binnen het programma V910 opgedane kennis.

Binnen dit thema zijn meerdere analyse technieken voor explosieve stoffen ontwikkeld en verbeterd. Helaas blijken deze niet echt geschikt voor 'on the spot' technieken omdat er vrij complexe apparatuur bij nodig is die niet echt in het veld gebruikt kan worden. In het voorgenomen Milieu en Arbo programma zal nader onderzocht worden of deze technieken aangepast kunnen worden of andere technieken mogelijk zouden kunnen zijn.

Zoals hier en daar al gemeld worden over het algemeen de opgedane kennis en ontwikkelde analyse technieken gebruikt bij problemen die Defensie heeft op het gebied van milieu.

2.5 Thema 4 Munitie componenten

De hoofddoelstelling van thema 4 Munitiecomponenten werd omschreven als de 'kennis in stand houden betreffende de juiste functionering en veiligheid van munitiecomponenten en het inbrengen van deze kennis in NAVO-werkgroepen'. Dit thema was opgedeeld in drie projecten te weten MFVM4 Ontsteeksystemen, MFVM4 AC310 SGII, Stanag 4363 Ed 3 en MFVM4 Kruiten.

2.5.1 MFVM4, Ontsteeksystemen (A01KL404)

Het project had als hoofddoelen: Het opstellen van technische eisen voor nieuwe ontsteeksystemen, het opstellen van technische eisen voor de ontsteking van flares en het vaststellen van de gevaren van elektromagnetische straling op ontsteeksystemen. Hiervan zijn de volgende op te leveren resultaten afgeleid:

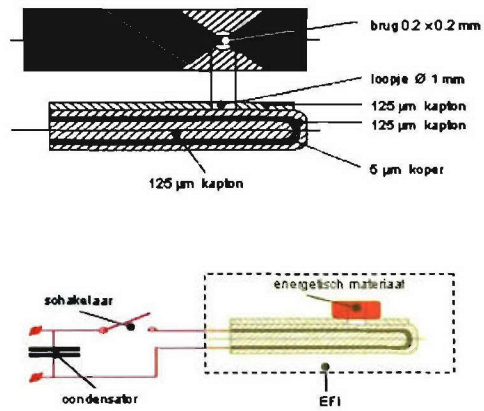
- aangeven van ontwikkelingen met betrekking tot nieuwe minder gevoelige ontsteeksystemen;
- oppstellen van technische eisen voor (nieuwe) ontsteeksystemen;
- ANNC: Evaluatie veiliger explosieve stoffen voor nieuwe ontsteeksystemen;
- vastleggen technische eisen voor ontsteking flares;
- verhogen betrouwbaarheid self-destruct systemen;
- beoordelen elektrostatische gevoeligheid ontsteeksystemen (oud en nieuw).

Ontwikkelingen ten aanzien van minder-gevoelige ontsteeksystemen, technische eisen en veiligere explosieve stoffen voor nieuwe ontsteeksystemen.

In het kader van het bijhouden van de nieuwe ontwikkelingen op het gebied van ontstekers en de bijbehorende technische eisen werd speciale aandacht gegeven aan Exploding Foil Igniters (EFI). Deze ontstekers hebben een zeer hoge nauwkeurigheid en betrouwbaarheid en maken door hun constructie een mechanisch Safety and Arming (S&A) device overbodig, waardoor aanzienlijke ruimte winst in een buis kan ontstaan.

Hierdoor kan worden ingespeeld op de wens voor meer beschikbare ruimte voor extra sensoren, speciaal voor de kleinere kalibers. Tevens voldoet een EFI, onder andere door het ontbreken van primaire springstoffen steeds meer aan de eisen ten aanzien van toepasbaarheid in Minder Kwetsbare Munitie. Additioneel geldt dat deze ontstekers minder milieugevaarlijke stoffen bevatten. In onderstaande stuk is de werking aangetoond van een kleine zogenaamde 'MEMS'-EFI. De componenten zijn al dusdanig klein dat ze in een medium kaliber munitie zouden passen.

De EFI is een ontstekertype dat, wegens een aantal specifieke eigenschappen, in steeds meer toepassingen terreinwinst maakt. In figuur 6 is een schematisch overzicht gegeven van een EFI en het bijbehorende elektrische circuit.



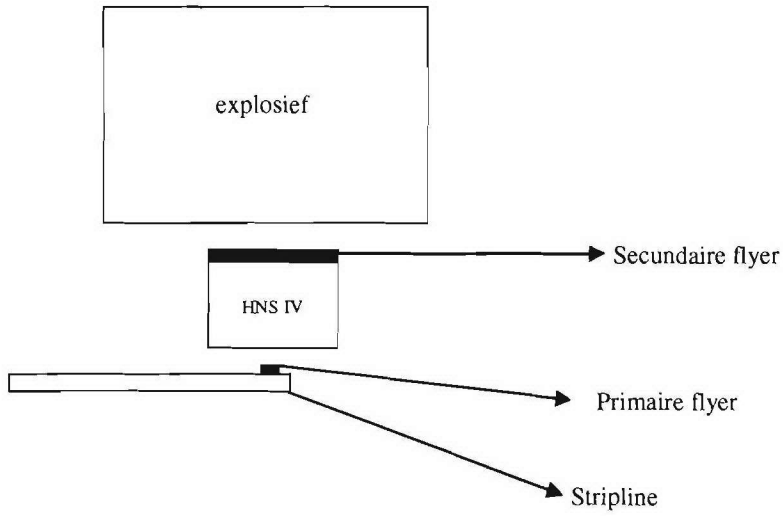
Figuur 6 Schematisch overzicht van een EFI.

Bij een EFI wordt een stukje kapton folie (Flyer) door een snelle hoge drukopbouw van een plasma versneld. Het plasma ontstaat door een instantane hoge stroom door een metalen vernauwing te pompen. Door de hoge snelheid waarmee dit materiaal uiteindelijk het circa 0,3 mm lange loopje verlaat is de opgebouwde bewegingsenergie voldoende voor het initiëren van een secundaire springstof.

Onder thema 4 is naar een aantal afzonderlijke aspecten van de toepassing en ontwikkeling van de EFI gekeken zoals:

- ANNC: Evalutie van veiligere explosieven voor toepassingen bij EFI;
- secundair flyer onderzoek;
- MEMS-EFI (verkleining van EFI).

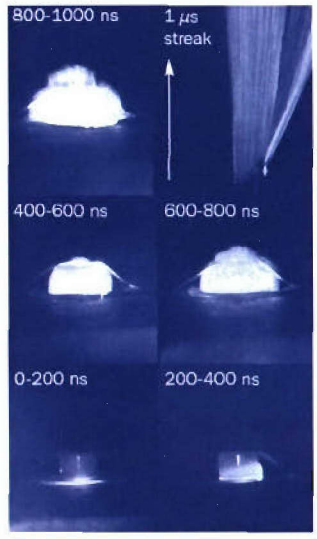
Evalutie van veiligere explosieve stoffen voor toepassingen bij EFI
In samenwerking met de UK is onderzoek verricht naar de fysische eigenschappen van nieuwe explosieve stoffen en de mogelijke toepasbaarheid voor EFI-ontsteeksystemen. In het kader van deze samenwerking zijn de eigenschappen van een aantal nieuwe explosieve stoffen voor ontsteeksystemen geëvalueerd. Hierbij is vooral de nadruk gelegd op het minder gevoelig maken van een materiaal met behoud van een voldoende kleine kritische diameter. Hieruit bleek dat vooral de dichtheid en de manier van persen van groot belang te zijn. Als gevolg van deze resultaten is bij TNO ervoor gekozen om een commerciële HNS IV springstof zelf met de gewenste dichtheid en diameter en te persen. Deze geperste pellets zijn als input gebruikt voor het secundaire flyeronderzoek.



Figuur 7 Schematische voorstelling vaneen sucundairy flyer opstelling.

Secundair flyer onderzoek
Een verdere ontwikkeling/toepassing van een EFI is het gebruik als primaire initiator van een energetisch materiaal (zie figuur 7). Gebruikmakend van de resultaten van het samenwerkings-verband met de UK is een start gemaakt met het 'secundairy flyer' onderzoek. Hierbij initieert een EFI een geperst springstofpatroon. Door deze detonatie wordt een secundaire flyer versneld met een grotere diameter waarvan de snelheid voldoende is om de booster of hoofdlading van een munitie artikel te initiëren. Deze combinatie is een mogelijke stap naar een nieuw type ontsteeksysteem voor een detonatie trein zoals in figuur 7 aangegeven.
Aangezien de eigenschappen van de secundaire flyer heel nauwkeurig bekend zijn is dit ook een mogelijkheid om de eigenschappen van booster explosieve stoffen en hoofdladingen te bepalen.

MEMS- EFI (verkleining EFI)
Bij de ontwikkelingen op het gebied van ontstekers en ontsteeksystemen is de laatste jaren een duidelijke trend zichtbaar ten aanzien van miniaturisering, vooral op het gebied van MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)- EFI-systemen. Er is een demonstrator gebouwd met behulp van COTS – componenten (Commercial Of The Shelf) en er zijn testen uitgevoerd. Door de ontwikkeling van een nieuwe meettechniek is de energie dissipatie in de EFI nauwkeurig te meten en kon de EFI geoptimaliseerd worden. Hierdoor is het rendement met 50% verhoogd.



Figuur 8 HNS-IV patroon van 5 bij 5 mm (rechts) die geïnitieerd wordt door een MEMS-flyer.

Verhogen betrouwbaarheid van self-destruct systemen en nieuwe eisen ten aanzien van ontsteeksystemen

De motivering voor het toepassen van zelfvernietigende ontsteeksystemen is zowel van militaire als van humanitaire oorspong. De militaire motivering is dat het aantal blindgangers (unexploded ordnance (UXO)) tijdens een treffen ook de eigen voortgang sterk kan vertragen en gevaar voor eigen personeel kan opleveren. Bijvoorbeeld van clusterbommen is bekend dat circa 5% niet afgaat. De enorme hoeveelheid UXO's in voormalige conflictgebieden hebben een dodelijke erfenis achtergelaten in landen zoals Cambodja, Afghanistan etcetera. Het ruimen van deze UXO's is een duur en tijdrovend proces. Een zelfvernietigend ontsteeksysteem zou voor de toekomst een uitkomst bieden om het aantal UXO's drastisch te verlagen.

In thema 4 is een studie gedaan naar het vermijding van UXO's bekeken. Genoemde mogelijkheden zijn self-destruction (SD), self- deactivation (SDA), self neutralisation (SN), detecteerbaarheid, redundant fuze systems (RFS) en 'fail safe design'. (voor meer informatie wordt verwezen naar het rapport 'Self-destruct fuzes', DV2 2005-A62). In de nieuwe STANAG 4187 Editie 4 worden nieuwe eisen gesteld met betrekking tot deze systemen. De eisen die aan een ontsteeksysteem gesteld zouden moeten zijn ter vermindering van UXO's zijn:

- betrouwbaarheid van functioneren van hoger dan 99% (bijvoorbeeld via MEMS EFIs);
- ingebouwde zelf-vernietigende of zelf-neutraliserende functie;
- bestaande voorraden 'upgraden' naar SD fuzes;
- inbouw van een status-indicator van de fuze.

Beoordelen elektrostatische gevoeligheid ontsteeksystemen (oud en nieuw)

Elektromagnetische straling of elektrostatische ontlading kunnen een groot gevaar opleveren voor ontstekers (EED), zowel bij opslag als tijdens operationele inzet. Mogelijke oorzaken van EM- straling kunnen zijn: bliksem, RADAR en GSM maar ook als gevolg van een roterend geïsoleerd systeem zoals een helikopter. Uit het onderzoek is gebleken dat in principe alle bestaande EED's niet voldoen aan de nieuwe richtlijnen zoals beschreven in de STANAG 4239. Hun lage initiatie energie, in de omgeving van kort gepulste EM velden (van RADAR, helikopter etcetera.), maken dat alle bestaande ontstekers afgaan en dus gevaar zouden kunnen opleveren.

2.5.2 *MFVM4 AC310 SGII, STANAG 4363 Ed 3 en STANAG 4560 en AOP 43 Ed 2 (A01KL405)*

Een van de specifieke doelstellingen van thema 4 Munitiecomponenten, is het inbrengen van kennis in NAVO-werkgroepen. Doel hiervan is het in stand houden van de kennis betreffende de juiste functionering en veiligheid van munitiecomponenten en het inbrengen van deze kennis in NAVO-werkgroepen. Het hoofddoel van dit project was deelname aan NAVO Expert Working Groups. Dit betrof de volgende STANAGS:

- STANAG 4363 (Editie 2), explosieve componenten;
- STANAG 4560 (Editie 1), ontstekers;
- AOP-43 (behorend bij STANAG 4560).

STANAG 4363

Onder dit project vertegenwoordigde TNO, Nederland in de CASM Expert Working Party die STANAG 4363 en AOP 21 (Editie 2) heeft opgesteld. Deze bijdrage betreffen zowel experimentele werkzaamheden (om de testomstandigheden, kritische parameters en relevante criteria te onderbouwen) als deelname aan de halfjaarlijkse vergaderingen met de overige deelnemers van de Expert Working Group / Custodians Working Group. Editie 2 is in de rapportage periode geratificeerd terwijl Editie 3 technisch inhoudelijk vrijwel afgerond is en kan naar verwachting in 2005 naar Subgroep 2 voor goedkeuring opgestuurd worden.

STANAG 4560 en AOP 43

Een van de bijdragen is het bijwonen en input leveren voor STANAG 4560: 'Electro-Explosive Device, Assessment and Test Methods for Characterization' en bijbehorende AOP 43. Deze STANAG betreft de karakterisatie van elektrische ontstekers met de bijbehorende testmethoden. Het merendeel van de bijdrage is geleverd door het deelnemen aan de meestal halfjaarlijkse werkvergaderingen.

TNO heeft binnen deze STANAG een aantal taken op zich genomen.

- TNO heeft een voorstel ingediend voor het aanpassen van de inmiddels sterk verouderde definitie voor EED/EID zoals tot nu toe gebezigd in STANAG 4560, AOP 43 en AOP 38. De huidige definitie omvat niet meer alle ontstekers waarop de STANAG van toepassing dient te zijn. Nederland heeft een voorstel voor herdefiniëring gedaan. De door Nederland voorgestelde definitie kon de goedkeuring wegdragen van alle op de vergadering aanwezige landen. De voorzitter zal deze nieuwe definitie voordragen bij de voor definitie verantwoordelijke commissie.
- Het uitvoeren van de testen volgens de matrix zoals deze in STANAG 4560 is beschreven. Dit ter verificatie of de uit een Amerikaanse MIL Standaard overgenomen matrices een relevante toevoeging zijn aan de STANAG.
- In de STANAG wordt voor het bepalen van de thermische tijdsconstante slechts één methode beschreven. Met behulp van een de TNO Thermal Transient Test is het echter ook mogelijk deze parameter te bepalen. De TNO Thermal Transient Test is een test die reeds een aantal jaren geleden bij TNO is ontwikkeld voor het nauwkeurig en *niet* destructief bepalen van de kwaliteit van een elektrische ontsteker. Door de ontwikkelingen op het gebied van digitale techniek is het mogelijk geworden de nauwkeurigheid van de bestaande apparatuur aanzienlijk te verbeteren. Hierdoor zal het mogelijk worden de kwaliteit van niet alleen de zogenaamde gloeidraad ontstekers maar ook van de EFI (Exploding Foil Igniters) en SCB (Semi Conductor Bridge) ontstekers die in de toekomst steeds meer toegepast zullen worden, niet-destructief te bepalen. Hieronder vallen de

zogenaamde firing properties (all fire level, no fire level, power threshold, energy threshold and thermal time constant), volgens STANAG 4560. De hardware van de apparatuur is inmiddels af en getest, de software behoeft nog enige aanpassingen.
- Toegankelijker maken en bevorderen van gebruik van STANAG's in het algemeen, zowel door test instituten / laboratoria als ook door defensie. Hiervoor is na afloop van de STANAG vergaderingen steeds een korte briefing gehouden met de defensie-afdeling DMKL. Deze briefings zijn intern door Defensie genotuleerd.

Inmiddels is Editie 2 van deze STANAG 4560 en AOP 43 ter ratificatie aangeboden.

2.5.3 *MFVM4 Kruiten (A01KL406)*

Ook in dit project zijn een aantal onderwerpen onderzocht. De hoofddoelen waren: ontwerpen van een testmethode om de ontsteekcapaciteit van kruit vast te stellen en het opbouwen van expertise betreffende inwendige ballistiek en loopslijtage. Deze laatste met name omdat er tegenwoordig steeds meer high performance kruiten, voor bijvoorbeeld lange dracht, ontwikkeld worden die hoge eisen aan de loop stellen. Tevens worden er steeds meer ongevoelige kruiten (lova-kruiten) ontwikkeld die ook moeilijker te initiëren zijn. Daarom is er bij TNO de zogenaamde 'stand-off test' ontwikkeld. Omdat het onderwerp lange dracht steeds meer aandacht nodig had was deze in de vorm van een extra project opgenomen in het reparatie programma. Hier zijn onder andere een geschutssimulator en een computer code ontwikkeld waarbij de werking van een kruit tot bepaalde hoogte berekend kan worden. Meer hierover is te vinden de eindrapportage van programma V218.

Ontwerp van een testmethode om ontsteekcapaciteit van kruit vast te stellen
Voor initiaalspringstoffen in de ontsteektrein van een gevechtslading zijn veel karakterisatie methoden beschikbaar. Echter voor de karakterisering van ontstekers van voortdrijvende ladingen is dit niet het geval. Naar aanleiding van problemen met onder meer het snelvuurkanon van de F16, zoals 'hang fires' and 'slow burners', is eind vorig decennium de 'stand-off test' ontwikkeld. De stand-off test bestaat uit een buis, waarmee de maximale afstand bepaald kan worden waarbij de ontsteker het kruit nog net kan initiëren (50% punt). Uit experimenten bleek het ontwerp nog enige zwakke punten te bevatten. Door de krachten die bij de ontsteking vrijkwamen werd de opstelling beschadigd. Verder veroorzaakte de reactieproducten van de acceptor corrosie en een moeilijk te verwijderen aanslag in de opstelling.

Om te komen tot een gebruikersvriendelijke testmethode is een nieuw ontwerp gemaakt zodat bovenstaande problemen verminderd worden. Verder is met eenvoudige experimenten een schatting gemaakt van de meest gunstige dimensies van de buis en is een berekening gemaakt van de te verwachten gasproductiesnelheden om de aflaat-openingen te dimensioneren. Op basis van literatuur en de bij TNO aanwezige kennis is een keuze gemaakt voor een geschikte (standaard) ontsteker voor de stand-off test, waarbij de reproduceerbaarheid en de ontsteekcapaciteit belangrijk waren. Daarnaast is aandacht besteed aan het gebruiksgemak, zodat voor routinematig gebruik de testen efficiënt worden uitgevoerd.

De standaard ontstekers, een pellet geperst zwart buskruit, is gebleken geschikt te zijn voor het testen van de ontsteekbaarheid van rookzwak buskruit met de stand-off test. Hiermee is een standaard donor geselecteerd, om variaties in de acceptor, bijvoorbeeld ten gevolge van veroudering, te bepalen. Of het gebruikte acceptor kruit geschikt is voor toepassing als 'standaard' acceptor voor het testen van ontstekers zal nader

onderzoek moeten uitwijzen. De stand-off test kan gebruikt worden voor het testen van de verandering in de ontsteekbaarheid van kruit bij bijvoorbeeld een verhoogde of verlaagde temperatuur. Tevens kan hij gebruikt worden om de ontsteekcapaciteit van een ontsteker te bepalen of voor periodiek onderzoek in het algemeen.

Loopslijtage in relatie tot ontwikkeling high performance kruiten
Naast de ontwikkeling van een nieuwe testmethode in dit project aandacht besteed aan loopbekleding. Ontwikkelingen op het gebied van 'high performance kruiten' ter vergroting van de dracht van munitie leiden tot hogere druk, temperatuur en projectiel-snelheden in de loop. Dit stelt hogere eisen aan de bekleding van de loop ter voor-koming van erosie. Onder het programma V218 is aandacht besteed aan de chemische aspecten van looperosie, werkzaamheden in V910 waren beperkt maar laten zien dat explosieve bewerkingsmethoden goede mogelijkheden bieden om een bekleding aan de binnenzijde van de loop aan te brengen. Binnen TNO is op dit gebied reeds veel expertise opgebouwd binnen de Markt-Product combinatie 'Explosieve Materiaal Bewerking'.

2.6 Thema 5 Effecten van munitie

Het hoofddoel van thema 5 was in het programmavoorstel omschreven als 'beschikbaar hebben van methoden om de effecten van een ongewenste explosie te bepalen en het adviseren van maatregelen om de effecten te reduceren'. Ook dit thema was verdeeld in drie projecten: MFVM5 Kogel/scherfinslag, MFVM5 Brand in Munitiemagazijnen en als laatste MFVM5 Internationale Samenwerkingen. De resultaten van de verschillende projecten worden aan de hand van de doelstellingen/defensievragen besproken.

2.6.1 *MFVM5 Kogel/scherfinslag (A01KL407)*

Het onderzoek naar kogel- en scherfinslag is onderdeel van het doorlopend onderzoek van TNO op het gebied van Minder Kwetsbare Munitie (MKM) in relatie tot verschillende MKM-dreigingen. Zoals afgesproken met defensie, worden hierbij één voor één de verschillende dreigingen onderzocht. In het verleden zijn de snelle en langzame opwarming van munitie (Slow en Fast cook-off) aan de orde geweest. Nu waren dit kogel- en scherfinslag. Tevens is hiernaast naar de 'schade in de explosieve stoffen in relatie tot gevoeligheid' gekeken. De geïnduceerde schade aan explosieve stoffen is van belang voor de responsie van de stof bij elk type MKM-dreiging.

Het doel van dit project was, naast het opbouwen van een kogel en scherfinslag faciliteit, als tool om inslag te bestuderen, het bestuderen van de initiatiemechanismen van generieke munitie zelf. Ook het opzetten van modellen die de responsie kunnen voorspellen was een van de doelen. Het onderzoek betreft de mechanismen zoals de zogenaamde DDT (deflagratie naar detonatie overgang), SDT (shock naar detonatie overgang) en XDT (vertraagd/onbekend naar detonatie overgang), van onbeschadigd en beschadigd materiaal. Het onderzoek is en zal (tot 2007 in V405) in het kader van een Europese EUCLID-samenwerking voortgezet worden. Het opzetten van dit programma was ook een van de doelstellingen van dit project.

Opbouwen en verbeteren van kogel en scherfinslag (KSI) faciliteit
In een voorloper van dit project met de naam 'Thermische Initiatie en Kogel en Scherf Inslag (TIKSI) is, na literatuuronderzoek en enkele buitenlandse bezoeken, een opzet gemaakt van de kogel en scherfinslag opstelling gemaakt en neergezet. In dit

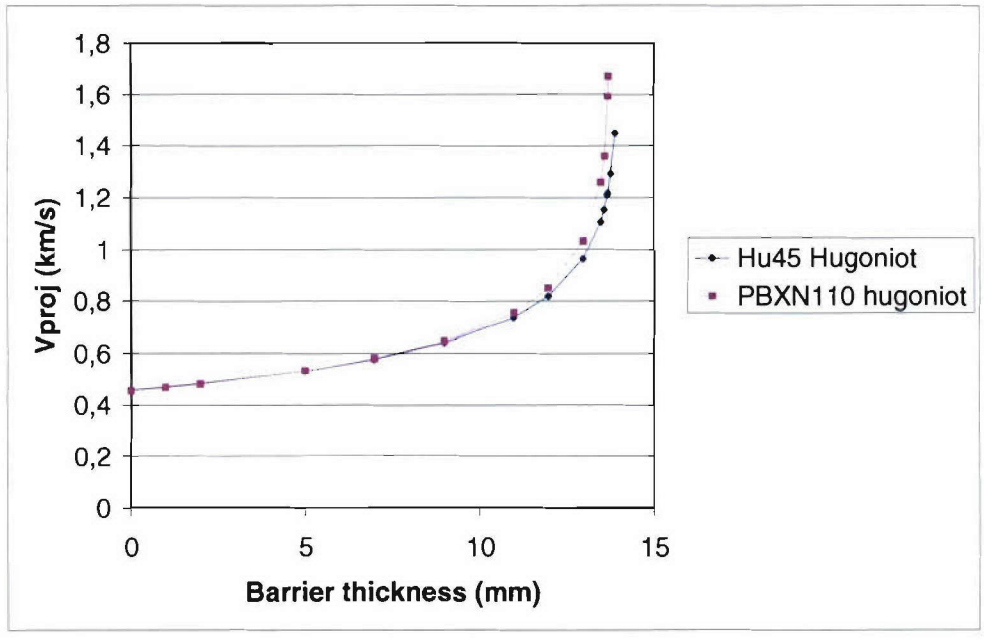
programma is de opstelling geëvalueerd en verbeterd en is de volledige opstelling gerapporteerd.

Fragmenten met verschillende vorm en geometrie kunnen worden versneld door middel van een 30 mm Gattling kanon, in bruikleen van de KM. De meest gebruikte projectielen zijn gemaakt van wolfraam en staal met massa's van 27-140 gram. Er zijn twee typen kruit gebruikt om snelheden te halen van 400 tot 1200 m/s voor het standaard KRA kruit en 1000 tot 1700 m/s voor het snelbrandende kruit (HL4350). Naast een precieze snelheidsmeting van het projectiel vóór inslag, is het nu mogelijk om met een digitale hoge-snelheidscamera beelden van snelle reacties van explosieve stoffen te maken. Dit levert een grote bijdrage aan het onderzoek/inzichten naar de mechanismen die tot een bepaalde reactie leiden bij explosieve stoffen en munitie.

Testseries met KSI-opstelling
Verder zijn er in verschillende testseries een groot aantal explosieve stoffen en configuraties getest. De geteste explosieve stoffen zijn onder andere:

- Hu44 en Hu45 (HMX polymeer gebonden explosieve PBX 80 en 85gw% HMX),
- CK147 (stuwstof, polymeer gebonden en AP) en,
- PBXN-109 en PBXN-109-I (in service explosieve stof (Harpoon)).

De explosieve stoffen zijn onder verschillende omstandigheden getest: al dan niet beschadigd, opgesloten, verwarmd of onder een combinatie van deze condities getest. Dit geeft inzichten in onder andere hoeverre thermische beschadigde munitie (bijvoorbeeld munitie die tijdelijk in een brand gelegen heeft) gevoelig is voor een kogel of scherf inslag (zogenaamd sympathisch meereageren).

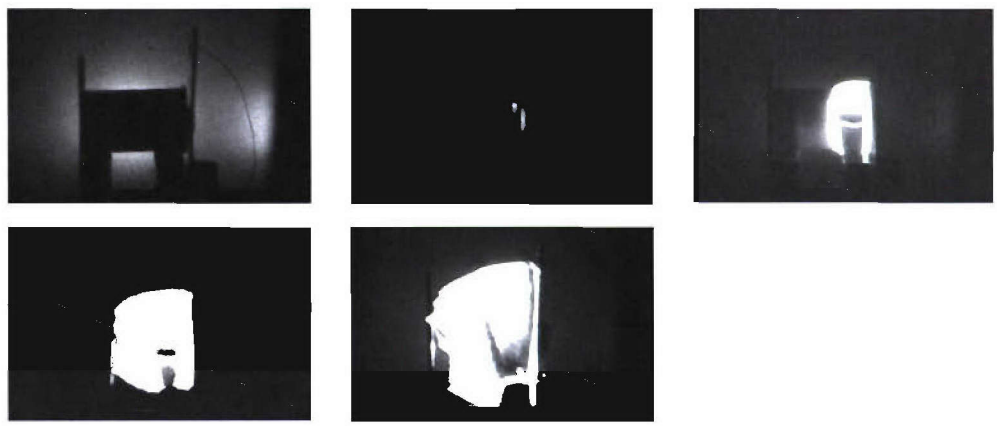


Figuur 9 Model dat weergeeft dat bij dikkere barrière tussen het explosief en het fragment, een hogere snelheid voor het projectiel nodig is om de explosieve stof tot explosie te brengen (SDT).

De geteste HU45, is een explosieve stof vergelijkbaar met in-service kristallijnen explosieve stoffen in gevechtsladingen van missiles (PBXN-110). Hiermee zijn onder andere experimenten uitgevoerd met verschillende barrières diktes voor de explosieve

stof. Dit als een validatie voor schokinitiatie-modellen met een barrière. In dit laatste geval is er ook een model opgezet die een eerste orde schatting geeft voor de snelheid die nodig is om een explosieve stof via een SDT reactie tot detonatie te brengen. Dit model is in een spreadsheet programma (Excel) geïmplementeerd en bij meerdere projecten buiten dit programma gebruikt zoals in de additionele projecten Goalkeeper of 'kwetsbaarheid voertuigen'.

Het onderzoek naar PBXN-109 en zijn ongevoelige tegenhanger I-PBXN-109 heeft wereldwijd sterk de aandacht. De laatste heeft als hoofdcomponent het ongevoelige I-RDX (SNPE, Frankrijk). Deze testseries met de 2 explosieve stoffen heeft eveneens duidelijk uitgewezen dat de schokgevoeligheid drastisch verandert van 4 naar 7 GPa. In praktijk betekend dit dat de kogel/fragment snelheid een factor 1,5 hoger moet zijn om de ongevoelige versie te laten exploderen.



Figuur 10 The impact van Ø22 mm fragment op kaal HU44 met een barrière van 5 mm staal. De snelheid is 692 m/s. Timing tussen de frames van links naar rechts: 450, 600, 650, 700, 850 μs.

De kogel- en scherf inslag test is een minder kwetsbare munitie (MKM-)dreiging en staat onder andere omschreven in the NATO STANAG 4439. Naast het gebruik in andere projecten kan/wordt de kennis en de opstelling gebruikt in het onderzoek naar mitigation technieken (temperen van effect), Sensitivity Group (SG) en CEPA JP14.11 onderzoek in het programma V405, maar ook zoals in eerder genoemde additionele opdrachten en in een opdracht als MAGIE.

2.6.2 *MFVM5 Brand in Munitiemagazijnen (A01KL408)*

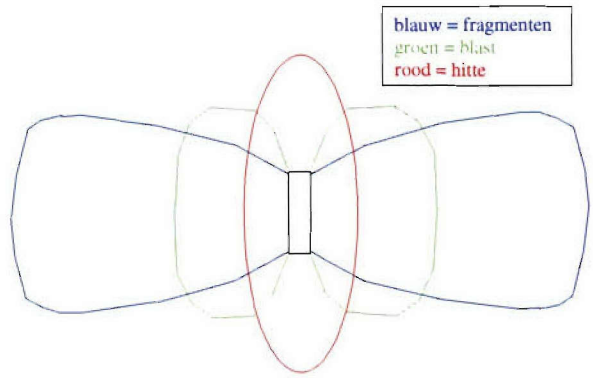
Het onderzoek binnen het project 'Brand in munitiemagazijnen aan boord van schepen' is een spin-off van het cook-off onderzoek uit het verleden. De doelstelling van dit project was: de analyse van de maatregelen die genomen kunnen worden om het effect een brand in een munitiemagazijn aan boord van een schip te minimaliseren.

Binnen het project is een aantal methoden geïdentificeerd die de opslag van munitie, in het algemeen maar ook in relatie tot een brand, veiliger kunnen maken.

- Bij een brand aan boord van een schip wordt momenteel wél een verhoogde temperatuur geregistreerd maar níet het verloop in de tijd. Samen met dit verloop kan namelijk een schatting gegeven worden wanneer een munitie artikel tot reactie kan overgaan. Met de opgebouwde kennis uit het cook-off onderzoek zijn rekenmethoden ontwikkeld die snel een schatting kunnen maken van de tijd die nog geblust kan worden als munitie in of in de nabijheid van een brand ligt. Naast een spreadsheet vorm is er ook een formule vorm van een dergelijke methode

ontwikkeld. Daarnaast is er ook een testmethode ontwikkeld (1,6 cc) waarmee cook-off parameters van explosieve stoffen bepaald kunnen worden. Deze tools worden momenteel ook gebruikt in een verwant onderzoek voor de KL-munitie-magazijnen.

- Een andere bijdrage aan de veiligheid is een systeem dat in het geval van brand in relatie munitie aangeeft welke gevaren contouren (warmte, scherven en druk) er heersen voor de bluseenheid. Dit geldt met name op het dek van het schip. Indien men buiten deze contouren blijft (tijdens het blussen) is er bij een onvoorziene explosie zeer grote kans dit te overleven. Ook kan men bijvoorbeeld de blusapparatuur aanpassen op de overall contouren van alle munitieartikelen.



Figuur 11 Voorbeeld van gevarencontouren, voor blast, hitte en fragmenten afkomstig van een munitie artikel.

- Een laatste methoden die geïdentificeerd is, is het gebruik van mitigation technieken in bijvoorbeeld het munitie magazijn van de conventionele (en niet-MKM) 127 mm munitie.

Er is een overzicht gerapporteerd van verschillende scenario's voor de verschillende situatie's en munitie artikelen die een gevaar voor het schip zouden kunnen betekenen. In het nieuwe munitie programma V405 zullen deze uitgewerkt worden en per scenario adviezen gegeven worden.

De boven beschreven methoden kunnen ook gebruikt worden bij platform survivability rekenmethoden. Vooralsnog werd er uitgegaan dat bij een treffer in het magazijn een volledige detonatie zou optreden. Met de vergaarde kennis uit dit project en andere projecten uit het V910 programma blijkt dat een treffer in het munitiemagazijn van een schip niet het einde van het schip hoeft te betekenen. Wel moeten er enige aanpassingen gedaan worden. Ook kan de veiligheid met betrekking tot munitie-opslag in het algemeen sterk verhoogd worden.

2.6.3 *MFVM5, Internationale Samenwerkingen (A01KL409)*

Het genoemde hoofddoel van dit project werd omschreven als het opzetten en starten van een samenwerking binnen WEAG betreffende kogel- en scherfinslag. Daarnaast zegt de naam van dit project zegt al voldoende om aan te geven wat de nevendoelen van dit project de volgende taken bevatte:

- de uitwisseling van kennis binnen een Data Exchange Argreement (DEA) met de USA op het gebied van 'cook-off' (langzame en snelle opwarming van munitie) en 'fire fighting' (brand bestrijding) in relatie tot munitie en verder op het gebied van schade aan explosieve stoffen;

- tevens was het uitvoeren van onderzoek binnen de ANNC-samenwerking (UK, N en NL) en de uitwisseling van gegevens op dit gebied, één van de taken.

Opzet CEPA 14.11 Modelling and testing: BIFI
Binnen het project is aan de hand van een aantal international overleggen een nieuw projectvoorstel geschreven en opgestart JP 14.11, 'IM modelling and testing: Bullet Impact and Fragment Impact'. Dit project is gestart binnen het reparatie programma V218, en zal onder V405 afgerond worden.

Data Exchange Agreement (DEA) N-02-NE-4822
Onder de (oude en) vernieuwde DATA Exchange Agreement MWDDEA-N-(96)02-NE-4822 Combustion and detonation phenomena in rocket motors and warheads met de USA wordt op het gebied van met name stuwstoffen en explosieven veel kennis uitgewisseld. Er vindt minimaal éénmaal per jaar een uitwisseling plaats in de vorm van een vergadering en bezoeken aan meerdere laboratoria. Naast de uitgewisselde documenten is en wordt van gedachten gewisseld over onderwerpen als cook-off, fire fighting en schade aan explosieve stoffen in relatie tot de gevoeligheid van deze explosieve stoffen. Meettechnieken, ideeën, testopstellingen of delen hiervan zijn uitgewisseld, evenals experimentele resultaten.

Binnen dit project is ook samen met Alice Atwood van China Lake (NAWC/WPNS) een vernieuwde DEA geschreven die naast de uitbreiding op het gebied van explosieve stoffen en MKM-eigenschappen ook een uitwisseling mogelijk maakt met de 'Department Of Energie' Laboratoria: Sandia National Laboratories, Lawrence Livermore National Laboratory en Los Alamos National Laboratory.

Met name met het laatste laboratorium is ongeveer 2 jaar geleden in uitwisseling gestart op het gebied van schade aan explosieve stoffen en de invloed hiervan op de gevoeligheid van munitie voor impact in het algemeen. Impact bij lage snelheden (b.v.een bevestigingsoog, in het engels een spigot), impact van scherven of kogels, impact bij vervorming van munitie bij verwerking van puin van een afscherming voor munitie opslag etcetera. Maar ook heeft de uitwisseling met het NSWC-laboratorium Indian Head een opstelling opgeleverd (Ballistic impact Chamber, zie thema 6: Detonatie en gevoeligheid), hetgeen anders niet of moeilijk mogelijk geweest zou zijn.

Afronding ANNC Cook-off en KSI van specifieke explosieven
Onder een oud doelfinancierings project voor een ANNC samenwerking/Working Group III is in 1997 gestart met een samenwerking op het gebied van kristal kwaliteit en de invloed hiervan op de gevoeligheid en verwerkbaarheid van PBX-en. Binnen het programma V910, is deze afgerond. Er zijn gaskanon experimenten en verschillende series cook-off testen gedaan, met de voormalige UN 'SCB-test' en de eindrapportage van het project is uitgevoerd. Uit het onderzoek is toen der tijd al naar voren gekomen dat de kwaliteit van het kristal grote invloed heeft op de schokgevoeligheid van explosieve stoffen. Gevoeligheidsverschillen voor opwarming werden niet gevonden. Verder hebben kleine kristallen een goede invloed op de gevoeligheid van explosieve stoffen. Algemeen heeft dit onderzoek een beter inzicht gegeven in wat een explosieve stof gevoelig maakt.

Binnen deze samenwerking zijn ook verschillende zogenaamde Thermoplastische elastomeren (TPE) aangeschaft. Dit zijn bindersystemen voor persbare explosieve stoffen die recyclebaar zijn. Bij verhoogde temperaturen worden deze min of meer

vloeibaar en zijn vast bij kamertemperatuur. Deze specifieke TPE met naam HYTEMP heeft daarentegen nog een goede eigenschap dat deze persbaar is tot dichtheden die normaal alleen bij gegoten explosieve stoffen voorkomt. Omdat de porositeit minimaal is zijn deze een stuk ongevoeliger dan andere geperste explosieve stoffen. Binnen dit project is er ervaring opgebouwd met de verwerkbaarheid van deze stoffen.

De Scherfinslag experimenten met (I-)PBXN109 gerapporteerd in het project 'kogel en scherf inslag' zijn in principe onder dit project uitgevoerd. De resultaten zijn hier tevens besproken.

Over het algemeen kan gezegd worden dat internationale samenwerkingen en een uitwisseling onder deze zeer levende DEA naast een extra bron voor kennis een goede mogelijkheid is om onze richting in het onderzoek te toetsen, up to date te zijn op voor wat betreft onderwerpen als MKM, internationale ontwikkelingen als classsificatie in zogenaamde Sensitivity Group (een onderwerp in V405) etcetera. Eind 2005 zal weer een nieuwe aanzet gegeven worden voor nieuwe onderwerpen voor samenwerking/uitwisseling.

2.7 Thema 6 Detonatie en gevoeligheid

2.7.1 MFVM6, Detonatie en gevoeligheid (A01KL410)

Het doel van dit thema was het dieper in gaan op het functioneren van de explosieve stof. Waarom initieert een explosieve stof en hoeveel gevoeliger is een explosieve stof met een bepaalde mate van schade (thermisch of mechanisch). Deze schade kan bijvoorbeeld ontstaan ten gevolge van veroudering, maar ook het effect zij van een inslag van een kogel of scherf of van het opwarmen van munitie bij een brand. Anderzijds kan men met deze kennis ook bepalen hoe munitie effectiever kan zijn of hoe binnenkomende dreigingen beter uitgeschakeld kunnen worden. Voorbeelden hiervan zijn projecten als *Goalkeeper* of *mortierverdediging* (twee projecten op het gebied van verdediging). Voor dit thema zijn een aantal nevendoelstellingen gedefinieerd onderzoeks/defensievragen die met deze mechanisme te maken hebben te weten:

- het opbouwen van testen om explosieve stoffen te karakteriseren;
- modelleren van het effect van (mechanische) schade aan explosieve stoffen op de veiligheid en functionering van munitie;
- modelleren van de schokinitiatie van explosieve stoffen voor de beoordeling van de veiligheid en functionering van detonatieketens en vernielingsladingen;
- adviseren van Defensie over een nieuwe Set Speciale Springstoffen.

Deze laatste zou door de bijstellingen minder aandacht krijgen. De afgeleide vragen zijn uiteraard nog toegespitst naar op te leveren resultaten zoals:

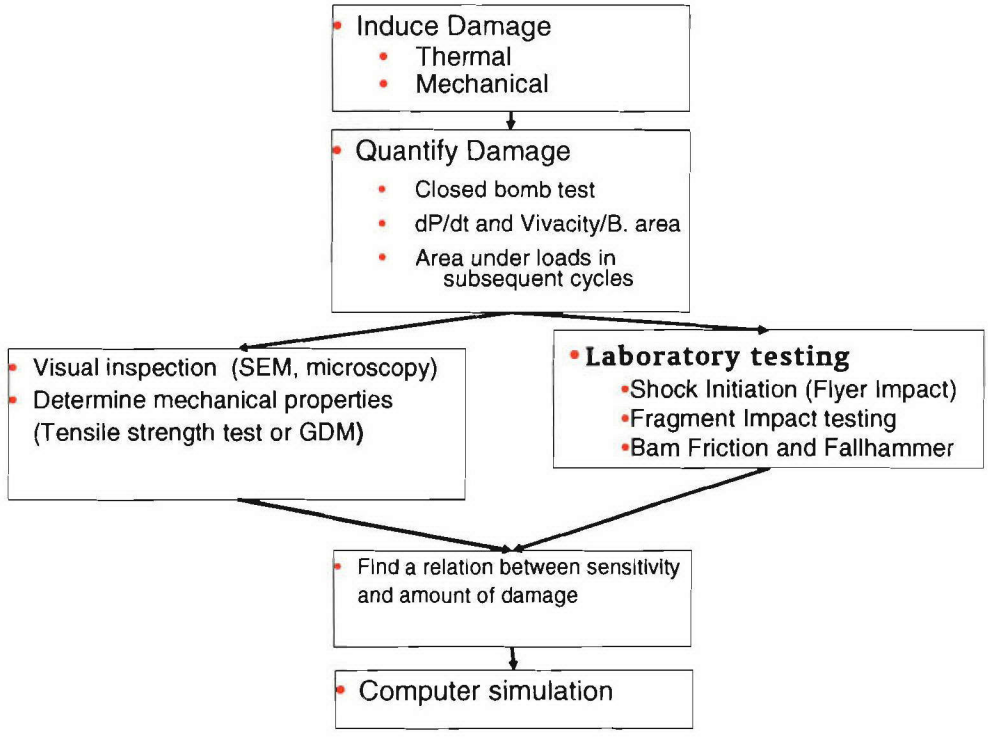
- modelleren van de initiatie van een explosieve stof ten gevolge van flyer impact;
- model mechanische eigenschappen PBX en de invloed op de gevoeligheid;
- model schade PBX ten gevolge van omgevingsinvloeden;
- modelontwikkeling voor friability en stoot gevoeligheid van explosieve stoffen;
- modelontwikkeling voor de effecten van kogel/scherfinslag;
- bouw Ballistic Impact Chamber;
- opzetten CYLEX test voor de bepaling van de detonatie-energie;
- bepaling detonatieparameters van springstof met grote kritische diameter;
- ontwikkelen Faraday rotatie/Fabry Perot meetmethode;

- ondersteunen Defensie voor het gebruik van een set speciale springstoffen.

De werkzaamheden in dit thema zijn fundamenteler van aard en zijn voor wat betreft de ontwikkeling van theorie, modelvorming en apparatuur ook toeleverend aan de andere thema's.

Modelontwikkelingen van initiatie en schade van explosieve stoffen
Veiligheid en functionering van munitie is van groot belang voor zowel de munitie zelf, als voor het personeel. Er zijn tal van factoren die invloed hebben op de gevoeligheid van explosieve stoffen. Schade aan explosieve stoffen, in wat voor vorm dan ook, maakt in het algemeen de stof gevoeliger voor een kogel of scherf of ander soorten dreigingen. Schade kan van thermische en/of mechanische aard zijn of een combinatie hiervan.

In het verleden is in verschillende verkennende onderzoeksprojecten onderzoek gedaan naar schade aan explosieve stoffen en de gevoeligheidstoename. Getracht is onder dit thema dit te een simulatiemodel in de hydrocode Autodyn op te zetten en door te rekenen voor de Friability test (schade door impact op stalen plaat, 'analyse van de friability test met Autodyn'). Kwalitatief gaf dit redelijke goede resultaten maar kwantitatief bleek dit nog niet te kloppen. Tevens is het initiatie model (Lee Tarver model) verbeterd met het zonegenaamde 'pore collapse' theorie. Helaas bleek dit (toegepast bij secundairy flyer impact van HNS IV) nog niet de gewenste resultaten te leveren voor de initiatiedruk.



Figuur 12 Opzet van het onderzoek aan schade van explosieve stoffen in relatie tot gevoeligheidtoename en modelvorming.

Daarom is er onder dit thema een opzet gemaakt en is onderzoek uitgevoerd om schade te kwantificeren en verbeterde modellen op te zetten. Hoeveel schade geeft hoeveel toename in gevoeligheid. In figuur 12 is de gedachte weergegeven. Schade werd

aangebracht, door bijvoorbeeld een gaskanon experiment, of compressietest (mechanisch) of door verhoogde temperatuur (thermisch). Daarna werd de schade gekwantificeerd en gekarakteriseerd (porositeit of brandoppervlak vergroting, mechanische sterkte verandering, drukafgeleide in een gesloten bom test etcetera.). Tevens werden de samples onderzocht (Electronen microscopie) of optische microscoop etcetera. Verder werden er schokgevoeligheids of scherfinslagtesten testen uitgevoerd om de gevoeligheidstoename te bepalen. Deze opzet en resultaten zijn verschillende malen gepubliceerd en gerapporteerd.

Het onderzoek zelf in de vorm van het kwantificeren van schade in relatie tot gevoeligheids-toename is vrij uniek in de wereld. Dit geldt ook voor het implementeren van een schade model, in de vorm van brandoppervlak vergroting, in het (schok)initiatie model. Binnen de DEA met de USA maar ook de CEPA 14.11 zijn en worden deze ontwikkelingen bediscussieerd. Dit lopende onderzoeksprogramma wordt binnen V405 (CEPA 14.11) voortgezet. De werkzaamheden aan het hieraan gelinkte (schok)initiatie model zullen in het thema 'Munitie Veiligheid' uitgevoerd worden.

Binnen de *doelstelling* ontwikkeling van testen voor karakterisatie van explosieve stoffen vallen een aantal nieuw ontwikkelde technieken.

Bouw Ballistic Impact Chamber en numeriek simulaties
Een van de initiatie mechanismen is gerelateerd aan de vervorming van een munitie-item en de afschuifspannings-verandering (shear-rate) die daarmee gepaard gaat. In principe is dit ook een vorm van schade. Voorbeelden waarbij shear-initiatie een rol speelt, zijn 'hard target penetrating warheads' (Bunker buster), explosief vervormbare warhead (aimable warhead). Hierbij krijgt de explosieve lading een forse vervorming te verwerken alvorens de hoofdlading op een getimede en gecontroleerde wijze wordt ontstoken. Ander voorbeelden kunnen gevonden worden binnen de munitie opslag in Out-of-Area-missies en verpakkingsontwerp en ontwikkeling van missile launch containers. De accidentele detonatie van een opslagunit mag hierbij niet leiden tot een sympathische reactie in naastgelegen modules en/of blootliggende munitie-items. Deze voorbeelden vallen allen in principe onder de term 'lage snelheids impact'. Het is ook een vorm van schade maar de initiatiebron is energie afkomstig van vervorming en shear-stress. Binnen dit thema is deze initiatievorm onderzocht en de Ballistic Impact Chamber gebouwd en gerapporteerd.

De Ballistic Impact Chamber is een soort sterk geïnstrumenteerde valhamer proef en bestaat uit een valgewicht dat wordt losgelaten vanaf een bepaalde hoogte. De inslag op de ballistic impact chamber is met een vastgestelde snelheid. Bij inslag wordt het monster van energetisch materiaal platgedrukt tegen een aambeeld. De Ballistic Impact Chamber is uitgerust met diverse sensoren, namelijk twee lichtsensoren, een druk opnemer, een 4.5 kaliber loop en een versnellingsopnemer. Verschillende typen energetisch materiaal zijn getest met deze opstelling in diverse projecten, inclusief US Navy gekwalificeerd PBXN-109 (blast explosief) en PBXN-111 (onderwater-explosief) en verschillende bij TNO gefabriceerde explosieve composities.

De relatie tussen de snelheid in energie omzetting en de snelheid van de plastische deformatie van een sample ten gevolge van plastische vervorming wordt gekarakteriseerd als shear rate. De theoretische achtergrond van shear is in detail beschreven in het rapport.

Meerdere autodyn berekeningen zijn uitgevoerd voor de verschillende vervormings-testen, zoals de Friability test (gaskanon versnelling van sample tegen stalen wand), een impact test van LANL, de bekende Steven impact test (in verschillende laboratoria in de wereld gebruikt voor low velocity impact onderzoek), de BIC zelf en de 'Aimable warhead'. Het lijkt er op dat op basis van de shear-rate uitspraken gedaan kunnen worden of het explosieve stof reageert of niet.

Ontwikkelen Faraday rotatie/Fabry Perot meetmethode
Eveneens is er aandacht besteed aan de ontwikkeling en verbetering van geavanceerde optische meetmethoden die worden gebruikt in de karakterisatie van explosieve stoffen. Een meting van snelveranderende hoge stroomsterkten is in principe mogelijk met behulp van het Faraday rotatie effect. In samenwerking met het voormalige TNO-TPD is deze meettechniek getest en gebruikt bij meerdere condensator-ontlaadsystemen voor onderzoek aan explosieve stoffen. Voorbeelden hiervan zijn de MegaAmpere Pulser, in gebruik voor schokgevoeligheidstesten, en het ontlaadcircuit voor Exploding Foil Initiators (de eerdergenoemde MEMsEFIs). Optredende stroomsterkten zijn respectievelijk 100 à 300 kA in 1 μs en 1 kA in 100 ns. In het 100 kA bereik is Faraday rotatie een goede meetmethode gebleken, en inmiddels is deze meettechniek ook toegepast in opdrachten op het gebied van elektromagnetische munitie (RF-munitie onderzoek). Het ontwerp van het Faraday rotatiesysteem en initiële testen zijn beschreven in TNO-rapporten PML 2000-SV17 en PML 2001-SV12.

Opzetten CYLEX test voor de bepaling van de detonatie-energie en metaal-versnellend vermogen
Het Fabry-Perot Velocity Interferometer System (FPVIS) is een reeds bestaand optisch systeem om de snelheid van snelbewegende oppervlakken te meten. De toepassing van de FPVIS in de bepaling van de detonatie energie in de CYLEX-test (cylinder expansion test waarbij een koperen buis gevuld met explosieve stof radiëel versnelt ten gevolge van de detonatie) is vooralsnog niet gelukt doordat de sterkte van de gereflecteerde laserbundel beneden de gevoeligheid van het optisch systeem is. In een variant op de CYLEX test, is een metaal schijf explosief versneld in een zeer dikwandige stalen buis. In deze 1-dimensionale configuratie is de versnelling met FPVIS wel te meten. Deze opstelling is gerapporteerd en beschreven in TNO-rapport PML-2002 IN12. Inmiddels is ook software geschreven die de uitlezing van het interferometer patroon vereenvoudigd.

De bovenstaande beschreven methode is reeds toegepast bij de vervanging van de tetryl booster in een bestaande buis door een andere explosieve stof. Hierbij is het inleidend vermogen, dit is het vermogen om de hoofdlading van een granaat te initiëren, vastgesteld door met FPVIS de versnelling van de metalen omhulling van de buis te meten.

Vonkgevoeligheid / elektrostatische gevoeligheid
In Tsjechië heeft men een nieuw vonkgevoeligheids-apparaat ontwikkeld. TNO heeft een apparaat gekocht en gedemonstreerd gekregen. Met de bepaling van vonkgevoeligheid van explosieve stoffen krijgt men een indruk hoe gevoelig een explosieve stof is voor een onverhoopte elektrostatische ontlading. De meetwaarden kan men bijvoorbeeld vergelijken met de waarden voor de elektrostatische energie waarmee de mens opgeladen kan zijn.

Met het nieuwe apparaat kan de pulsduur van de vonk worden ingesteld door variatie van weerstanden en condensatoren, en wordt de daadwerkelijke energie gedissipeerd in de explosieve stof berekend uit gemeten spanning en stroom. Enige modificaties zijn doorgevoerd, te weten een toevoeging van een Pearson probe als stroommeting en een optische waarneming van de reactie van de explosieve stof (zie ook rapport van Jarman). Door uitbreiding met kleinere condensatoren is ook de vonkgevoeligheid van primaire springstoffen te meten. Deze metingen zijn uitgevoerd aan nano-poedermengsels van onder andere aluminium en molybdeentrioxide (zie artikel Martinez). De doorbraken in nanotechnologie hebben recentelijk nieuwe en krachtige ontsteeksassen mogelijk gemaakt. In dit kader is ook een bezoek gebracht aan het MIC (Metastable Interstitial Compound) laboratorium van Los Alamos National Laboratories.

3 Publicatielijst en documenten

3.1 Inleiding

Thema 1 Kwalificatie en classificatie van explosieve stoffen
Project MFVM1 Kwalificatie/classificatie (A01KL401)

- R.M.M. van Wees, R.H.B. Bouma, Plan van aanpak 'spallgevoeligheid' munitie, memo 03D21042E, 22 juli 2003.
- E.G. de Jong, classificatie van klein kaliber munitie n.a.v. een Zweedse munitieproef, presentatie voor SMES, 13 februari 2004.
- R.H.B. Bouma, Minder Kwetsbare Munitie (MKM) / Insensitive Munitions (IM), presentatie voor SMES, 13 februari 2004.
- R.H.B. Bouma, blikseminslag – opslag munitie, presentatie voor SMES, 13 februari 2004.
- E.G. de Jong, classificatie klein kaliber munitie, memo 04D2/0718, 19 januari 2004.
- W.P.C. de Klerk, Levensduur voorspelling gekoppeld aan UN munitie – Retourmunitie Afghanistan (filosofie en problemen), presentatie voor SMES 18 mei 2004.
- R.H.B. Bouma, F. Peugeot, Insensitive Munitions – The effect of ageing upon lifecycle workshop, report on discussions, effects of ageing on IM signature – thermal threats, proceedings part 2, 22-27 mei 2005, Helsinki, Finland.
- W.P.C. de Klerk, D. Watt, Insensitive Munitions – The effect of ageing upon lifecycle workshop, report on discussions, study group for development of new STANAG 'Ageing of PBXs', proceedings part 2, 22-27 mei 2005, Helsinki, Finland.

Thema 2 Minder Kwetsbare Munitie (MKM)
Project: MFVM2 Minder Kwetsbare munitie (A01KL402)

- J.H.G. Scholtes, 'An Overview of the IM/EM Research at TNO Prins Maurits Laboratory', IM&EMT symposium, Bordeaux, France, Oktober 2001.
- R.H.B. Bouma et al, 'Influence of crystal Quality and Size on the sensitivity of RDX-based PBXs', IM&EMT symposium, Bordeaux, France, Oktober 2001.
- E. Martin, 'Impact of shaped charge jee ton explosive substances, rapport PML 2001-SV1.
- R.H.B. Bouma, 'Ontwikkelingen met betrekking tot IM (Insensitive Munitions)', LBBKL dag.
- Van der Steen, Scholtes, Bouma en Van der Heijden, 'Overview of the IM/EM research at TNO-PML' verschenen , artikel in NIMIC newsletter 4^{e} kwartaal 2002.
- J.H.G. Scholtes 'TNO-PML overview of enabling techniques for IM development', Gun & Ammunition Symposium, april 2002, Panama, USA.
- R.H.B. Bouma, H.J. Verbeek en R.M.M van Wees, 'Design of Barriers for the prevention of sympathetic detonation in out-of-area munition storage', EuroPyro 2003, Saint-Malo, Frankrijk (artikel).
- R.H.B. Bouma, ' Insensitive Munitions/ Minder Kwetsbare Munitie, Arte Pugnantibus Adsum, jaargang 40, nummer 80 december 2003, (artikel in vakblad).
- R.H.B. Bouma, J.A. van Gool, C.J. Kampschuur, J.H. van Heerwaarden, Concept beleid 'Strategie voor de invoering van Minder Kwetsbare Munitie binnen de Nederlandse Krijgsmacht', 6 augustus 2003.

- R.H.B. Bouma, M.N. Boers en J.H.G. Scholtes, Boekje: 'MKM: Veilig gebruik, volwaardige prestatie, verantwoorde prijs'.
- M.N. Boers, B. Meuken. 'Gevoeligheid van PBXN-109 en I-PBXN-109 voor holle lading inslag, rapport PML 2004-A115.
- A.E.D.M. van de Heijden, R.H.B. Bouma, A.C. van der Steen, 'Physicochemical parameters of nitramines influencing the shock sensitivity ', 'Reduced Sensitivity RDX (RS-RDX), technical meeting, WTD91, Meppen, Duitsland 17-19 november 2003.
- Ing. A.C. Hordijk, 'The production of LOVA gun propellants- Modelling performance and erosion testing.' Artikel om IM symposium, San Francisco, Ca, USA 2004.
- Ing. A.C. Hordijk, ' Energetische binders in munitie, Oriënterend onderzoek', rapport PML 2004-A120.
- A.C. Hordijk, J.H.G. Scholtes, B. Meuken en W.P.C. de Klerk, 'Insensitive Munitions – The effect of ageing upon lifecycle', Workshop on ageing, Helsinki, 2005.
- M.N. Boers en E.I.V. van den Hengel, 'Gebruik van kleine-schaal testen en modellen voor de bepaling van MKM-eigenschappen', rapport DV2 2005-A16.

Thema 3 Milieu

MFVM3: Milieu (A01KL403)

- Drs. N.H.A van Ham, 'Demolition of munitions', NATO Workshop Portugal, October 2001.
- N.H.A van Ham, 'Onderzoek naar de bepaling van TNT en ontledingsproducten in water', TNO rapport 2002- A31.
- N.H.A van Ham, 'Milieu-implicaties van munitiegebruik', TNO rapport 2002-A63,
- Drs. N.H.A. van Ham en W. Duvalois, 'Onderzoek AT 26 ontstekers', rapport PML 2003-A60 (additioneel betaald in relatie tot V910).
- W. Duvalois, Briefrapport omtrent: CSK Doelengebied op Vlieland werkvoorschrift HPLC: Q222-W-136 v11.
- 'De verspreiding van munitiegerelateerde stoffen in verschillende milieucompartimenten', rapport TNO CRO-024.
- 'Improvement of the extraction method of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) from soil', rapport PML 2004-SV4.
- 'De verspreiding van munitiegerelateerde stoffen in verschillende milieucompartimenten; Modelberekeningen met Pearl en Simple Box', rapport TNO CRO-024.
- 'Verspreiding van munitiegerelateerde stoffen in het Milieu', concept rapport PML 2005-Axx.

Thema 4 Munitie componenten

MFVM4 ontsteeksystemen (A01KL404)

- W.C. Prinse, ' Nederlandse bijdrage aan het 'joint programme concerning ignition systems' TNO-PML rapport 2004-A39.
- W.C. Prinse et al. 'Characterisation of the properties of some explosive candidates for use in exploding foil initiators. rapport TNO-PML 2004-A61.
- H.J. Verbeek, 'Modellering van schokinitiatie van HNS IV met Flying plate en slapper, concept rapport DV2 2005-Axx.
- W. Prinse en O. Lemmens, 'Self Destruct Fuzes', concept rapport DV2 2005-A62.
- W. Prinse, 'Ontwikkelingen op ontsteker gebied, concept rapport DV2 2005-A70.

- W. Prinse, 'Electro Static Discharge (ESD); Threats for Electro Explosive Devices (EED)', concept rapport DV2 2005-A64.

MFVM4 AC310 SGII, Stanag 4363 Ed 3 (A01KL405)
- W. Prinse, 'Voorstel voor verandering van definitie van een EED', presentatie in EWP voor stanag 4560.
- E.G. de Jong, R. Oostdam, J.J. Verbeek, R.H.B. Bouma, Analysis of shock wave curvature in the water gap test', Ict conferentie, Karlsruhe, Duitsland.
- W. Prinse, 'Bepaling van de energie-dissipatie in een Exploding Foil Initiator', concept rapport DV2 2005-A63.

MFVM4 Kruiten (A01KL406)
- Ir. M.N. Boers, J.C. Makkus, 'Redesign of the stand-off test', rapport PML 2001-A30.
- Ir. M.N. Boers, B meuken en J.C. Makkus, 'Ontsteking van kruiten', rapport PML 2004-A121.

Thema 5 Effecten van munitie

MFVM5 Kogel/scherfinslag (A01KL407)
- Gert Scholtes, Richard Bouma, Frans Peter Weterings, Albert van der Steen, 'Thermal and mechanical Damage of PBXs', Det symposium, Aug 2002, San Diego, USA.
- J.H.G. Scholtes et. al. 'The influence of thermal and mechanical damage on the sensitivity of PBX's', IM&EMT symposium, San Diego, 2003.
- J.H.G. Scholtes: 'Shear rate and damage in relation to the response of an explosive', Workshop: 'Explosive behaviour', Santa Fe, NM, USA.
- J.H.G. Scholtes et. al. 'IM-related and laboratory scale testing on I-RDX and RDX-based explosives', IM symposium, San Francisco, 2004.
- Ir. D. Meuken, Ir. J.H.G. Scholtes en J.C. Makkus, 'Bullet Fragment Impact Test; Set-up and Research, rapport DV2 2005-A27.

MFVM5 Brand in Munitiemagazijnen (A01KL408)
- 'Optimalisatie van 1.57cc cook-off opstelling en het uitvoeren en analyseren van experimenten', J.C. Brouwer, Afstudeerrapport PML2002, IN16 juni 2002.
- A.M. van Gemeren, ' Implementatie van Tarver-McGuire reactiekinetiek voor een 1-dimensionaal cook-off fit en simultieprogramma', PML 2003-SV8.
- J.H.G. Scholtes, M.N. Boers, V. Verboom, 'Rekenmethoden om de tijd tot een explosie van munitie in of in de nabijheid van vuur te schatten. Rapport TNO-PML 2004-A29.
- Ir. V. Verboom en Ir. J.H.G. Scholtes, 'Mogelijke scenario's en veiligheidssystemen bij brand aan boord van een schip' . Concept Rapport DV2 2005-Axx

MFVM5 Int Samenwerkingen (A01KL409)
- DEA-N-84-TN-4822 Combustion and detonation phenomena in rocket motors and ramjets, Progress meeting 2000
- J.H.G. Scholtes, B.J. van der Meer, R.H.B. Bouma, J.C. Makkus, F.A.M.H. Jacobs, R van Esveld, A.C. van der Steen, L. Cheng, Measurements techniques in cook-off research at TNO- Prins Maurits laboratory, 32nd Int. Ann conference of ICT, Karlsruhe, Duitsland, July 2001
- G. Boudon, 'Modelling of reaction violence in Cook-off', PML 2001-SV14

- J.H.G. Scholtes, Measurement techniques in cook-off research at the TNO Prins Maurits Laboratory (extended version), DEA vergadering , China Lake USA April 2001
- J.H.G. Scholtes, 'Cook-off methodology and modeling, DEA vergadering, China Lake, USA, april 2001
- J.H.G. Scholtes, 'Research in Cook-off at TNO-Prins Maurits Laboratory', Thermal response Workshop 2001, Santa Fe NM, USA Oct 2001
- Dr. R.H.B. Bouma, 'invloed van de kristallisatie op de verwerkbaarheid van en de gevoeligheid van kuststof-gebonden explosief, rapport PML 2001-A61
- Supplement No JP 14.11 on the WEAG Memorandum of Understanding for Technology arrangement for Laboratories for Defence European Science (THALES), Version 5.0, dated 29th April 2002, for a Joint Programme concerning Insensitive Munitions Modelling and Testing: Bullet and Fragment Impact'.
- Annual Progress Report, MWDDEA-N-96-TN-4822 Combustion and detonation phenomena in rocket motors and warheads, 2001
- J.H.G. Scholtes, A. Atwood (NAWCWPNS) Annex NO. N-02-TN-4822 To the mutual weapons development, Master data exchange agreement between the Government of the United States of America and the Government of the Netherlands: Combustion and detonation Phenomena in Rocket motoers and Warheads.
- Annual Progress Report MWDDEA-N-02-NE-4822 Combustion and detonation phenomena in rocket motors and warheads, 2002- july 2003

Thema 6 Detonatie en gevoeligheid

MFVM6 Detonatie en gevoeligheid (A01KL410)

- M. Rusche 'A: Faraday project, B: Het ontwerpen van een verbeterde schakeling voor een flitser', TNO rapport PML 2000-SV17.
- M. Beltman 'Stroommeting met behulp van Faraday rotatie', rapport PML 2001-SV12,
- R.H.B. Bouma, R. Jongeneel, 'Schokinitiatie in relatie tot detonatieketens', rapport PML
- B.M. Beltman, 'Experimentele bepaling van explosieve metaalversnelling', PML 2002-IN12.
- D. Jarman, W. Prinse, R. Bouma, 'Electrostatic Discharge initiation of Cl20', Artikel ICT, Karlsruhe, Duitsland, 2003
- M. Martinez Pacheco en R.H.B. Bouma: 'Electrostatic discarge initiation of Ti+C mixtures and the thermite Al+MoO3, Artikel op Gordon conferentie 2004 en ICT conferentie in Karlsruhe, Duitsland 2004.
- J. Barlier, 'Shear initiation', TNO-PML rapport 2004 SV12
- H.J. Verbeek, 'Evaluatie van optredende 'shear rates' in gevoeligheidstesten', concept rapport DV2 2005-Axx
- H.J. Verbeek, 'Analyse friability test met Autodyn', concept rapport DV2 2005-Axx
- J. Barlier, B. Meuken, 'Ballistic Impact Chamber (BIC)', concept rapport DV2 2005-A036

4 Ondertekening

Rijswijk, september 2005

TNO Defensie en Veiligheid

Ir. P.J.M. Elands
Referent

Ir. J.H.G. Scholtes
Auteur

A Uitvoeringsplan V910

A.1 Thema 1 Kwalificatie en classificatie

In MP40-22 staat aangegeven aan welke eisen munitie moet voldoen om geschikt te zijn voor de rol die toegedacht wordt. Dit is de typeclassificatie van munitie. Een belangrijk onderdeel van de typeclassificatie is de kwalificatie van de explosieve stoffen die in de munitie toegepast worden. Dit bepaalt of een explosieve stof als primaire springstof, secundaire springstof, kruit, raketstuwstof of pyrotechnische compositie toegepast mag worden. Omdat Nederland zelf geen industrie bezit die explosieve stoffen ontwikkelt wordt een beperkte capaciteit in stand gehouden om de kwalificaties uit te voeren. In de afgelopen jaren is de MP40-22 door TNO getest op zijn volledigheid door proefkwalificaties uit te voeren voor kneedspringstoffen. Daarnaast vindt binnen AC/310 de harmonisatie plaats van eisen en testprocedures voor munitie en worden op verschillende gebieden STANAGS opgesteld (onder andere stabiliteit testen). Dit alles onder meer om de uitwisselbaarheid van munitie te vergroten. Dit laatste is een moeizaam en tijdrovend proces, maar omdat steeds meer (grote) landen zich bewust worden dat zij niet alle wapensystemen zelf kunnen ontwikkelen en door de internationale samenvoeging van bedrijven wordt hier steeds meer belang aan gehecht. In het NAVO-overleg zal worden gestreefd naar een verdere harmonisatie van de testmethoden van munitie.
Komende jaren zal het accent liggen op het implementeren van testprocedures in de Nederlandse regelgeving, het tijdig aangeven van nieuwe ontwikkelingen en, waar nodig, het ondersteunen van Defensie (bijvoorbeeld het LBBKL / Munitiebedrijf, Afdeling wapensystemen en munitie) bij het uitvoeren en interpreteren van testresultaten van typeclassificatie testen voor munitie die door Nederland wordt aangeschaft.

A.2 Thema 2 Minder Kwetsbare Munitie (MKM)

Diverse ongelukken bij de US Navy hebben op het eind van de 70'er jaren de ontwikkelingen rond Minder Kwetsbare Munitie (Insensitive Munitions) gestart. Tot dan toe stond de functionaliteit van de munitie en wapensystemen bij de ontwikkelingen voorop. En werd nauwelijks aandacht gegeven aan de veiligheid c.q. kwetsbaarheid van de munitie. Ondanks dat de omslag naar MKM niet zo snel verloopt als verwacht zal een geleidelijk invoering van MKM plaatsvinden. De noodzaak heeft het ongeluk in Camp Doha aan het einde van de Golfoorlog opnieuw ondubbelzinnig aangetoond. De Nederlandse Krijgsmacht en het TNO-PML volgen de ontwikkelingen op dit gebied al enkele jaren. Het onderzoek is gericht op het zichtbaar maken van de voordelen van MKM voor de Nederlandse Defensie en op het verkrijgen van inzicht in de toegepaste testmethoden. Meer specifiek is het onderzoek gericht op:

- dreigingsanalyse: het combineren van de dreiging en de respons die de munitie kan geven (Threat hazard analysis);
- kosten-baten analyse: ontwikkelen van modellen waarmee een kosten baten analyse voor MKM en conventionele munitie onder operationele en vredesomstandigheden kan worden uitgevoerd;
- effectiviteit van MKM voor opslag en transport: bepalen van de consequenties voor opslag en transport condities wanneer MKM wordt toegepast;
- testen: gevormde lading- en kogel inslag testen op enkele munitietypes;

- springstofeigenschappen: relatie tussen de eigenschappen van de explosieve kristaldeeltjes, de toegepaste binder en de productiewijze van de springstof en de MKM-eigenschappen van munitie;
- kleinschalige testen: welke kleinschalige testen (ter reductie van de kosten) zijn in staat de MKM-eigenschappen van munitie te voorspellen (ook in relatie tot de levensduur van de MKM-eigenschappen);
- deelname aan NAVO Expert Working Group voor het opstellen van STANAG 4439 (Ed. 2) en de bijbehorende AOP 39 waarin de vereisten voor MKM worden vastgelegd. Verwacht wordt dat deze STANAG in 2002 gereed is.

A.3 Thema 3 Milieu

De milieu consequenties van de aanschaf en het gebruik van munitie gaan een steeds belangrijker rol spelen. Als eerste is er de wens dat zo weinig mogelijk schadelijke stoffen bij de productie van en in munitie toegepast worden. Op dit gebied is er een nationale regelgeving vanuit VROM (prioritaire stoffen). Vervolgens wordt personeel aan allerlei schadelijke stoffen blootgesteld bij het gebruik van munitie (schietbanen, ontledingsproducten, kruitresten, etcetera.). Tot slot geeft de afstoting van oude munitie nog problemen omdat de gebruikelijke methoden (verbranding, detonatie) milieutechnisch niet meer toegestaan worden.
TNO adviseert de EOCKL al vele jaren betreffende milieu-, ARBO en veiligheidsaspecten bij het ruimen van munitie. Recentelijk is gestart met een studie naar de risico's voor het personeel bij het gebruik van munitie. Daarnaast adviseert TNO Defensie over de wijze waarop munitie zowel economisch als milieutechnisch het beste vernietigd kan worden.
Na de tweede wereldoorlog is een aanzienlijke hoeveelheid munitie in de Noordzee en de Oosterschelde gedumpt. De lange verblijfsduur in het zeewater levert zeer specifieke veiligheidsrisico's. Door het regelmatig bepalen van de conditie van de munitie (monitoring) kunnen deze risico's geminimaliseerd worden.
Internationaal wordt er steeds meer onderzoek gedaan naar de modulaire opbouw van munitie en het gebruik van groene explosieve stoffen om de milieueffecten zoveel mogelijk te reduceren. Dit onderwerp wordt in het programma opgenomen. Eén van de mogelijkheden is het evalueren van niet-schadelijke vervangers voor prioritaire stoffen die nu nog in explosieve stoffen worden toegepast (bijvoorbeeld difenylamine en dinitrotolueen in kruiten).

A.4 Thema 4 Munitiecomponenten

Dit thema is gericht op de functionering en de veiligheid van diverse munitiecomponenten. Het onderzoek is gericht op het verdiepen van de kennis van munitiecomponenten waar problemen vermoedt worden en op gebieden waar problemen zich hebben voorgedaan. Op basis hiervan kunnen nieuwe en verbeterde eisen aan munitie gesteld worden bij een volgend verwervingsproces. In de komende jaren ligt de nadruk op de volgende onderwerpen.

- De verdediging van een vliegtuig of helikopter kan onder meer plaatsvinden door flares. In het verleden is gebleken dat relatief hoge percentages weigeraars kunnen optreden. Onderzoek zal gedaan worden naar de oorzaken en de mogelijke oplossingen zullen worden aangegeven. Bij ernstvuurwerken treden vergelijkbare problemen op. Het onderzoek hieraan zal geïnitieerd worden.

- Als onderdeel van het oplossen van problemen met de ontsteking van de F16-munitie is de stand-off test voor kruiten ontwikkeld. Deze test bepaalt de ontsteekbaarheid van het kruit en de ontsteekcapaciteit van de ontsteker. Deze test wordt momenteel verder ontwikkeld omdat verwacht wordt dat deze test in de toekomst bij andere projecten ingezet kan worden.
- Vergelijking van Impulse Cartridges voor diverse veiligheidssystemen in de Apache helikopter en de F16-vliegtuigen. Onderzoek naar de kwaliteit van ontstekers in de Cougar helikopter.
- De invloed van de inwendige ballistiek op het juist en veilig functioneren van geschutsystemen heeft de afgelopen jaren te weinig aandacht gekregen. Door de introductie van nieuwe energetische kruiten in de nabije toekomst (LOVA-kruiten, modulaire ladingen) en door de wens tot langere dracht en hogere nauwkeurigheid kunnen problemen ontstaan betreffende de functionering en veiligheid. Het onderzoek zal gericht moeten zijn op de relatie tussen kleine schaal proeven en het echte kaliber, specifiek betreffende de eisen voor ontsteking, loopslijtage en vuurmonden. Recentelijk zijn extreme problemen met de loopslijtage van de 35 mm luchtdoelmunitie geconstateerd die zijn veroorzaakt door veranderde eisen die gesteld worden aan het kruit. Ook bij andere kalibers doen zich vergelijkbare problemen voor.
- Ontsteeksystemen in buizen (fuzes) zullen steeds nauwkeuriger, flexibeler en multifunctioneler worden. Verwacht wordt dat een nieuwe generatie ontsteeksystemen in het eerste decennium van het volgende millennium in munitie ingevoerd gaat worden. Onderzoek zal verricht worden naar de eisen die aan nieuwe types elektronische ontstekers gesteld moeten worden en aan de wijze waarop deze binnen de Krijgsmacht toegepast dienen te worden (onder meer om de veiligheid in relatie tot elektromagnetische straling (radar) te verhogen). Zo nodig zal geadviseerd worden over de technische eisen die aan deze ontsteeksystemen gesteld moeten worden.
- In NAVO-verband neemt het TNO deel aan Expert Werkgroepen van AC/310 die gericht zijn op het vastleggen van de eisen die in de toekomst door middel van STANAGS aan ontstekers gesteld moeten worden. Daarbij wordt speciale aandacht gegeven aan Exploding Foil Igniters (EFI). Momenteel wordt een bijdrage geleverd aan STANAG 4560 en de bijbehorende AOP. Deze ontstekers hebben een zeer hoge nauwkeurigheid en maken door hun constructie een mechanisch safety and arming device overbodig. Hierdoor kan ingespeeld worden op de wens naar meer sensoren in buizen, speciaal voor de kleinere kalibers. Additioneel geldt dat deze ontstekers minder milieugevaarlijke stoffen bevatten.
- Daarnaast vertegenwoordigt TNO Nederland in een AC/310 Expert Working Party die de eisen stelt aan alle explosieve componenten die zich in een buis kunnen bevinden (slagpijpje, doorgeeflading, booster, pyrotechniek en detonatiekoord). Verwacht wordt dat de betreffende STANAG 4363 (Ed. 2) in 2001 gereed is.
- Binnen EUCLID CEPA 14 JP4 wordt de komende jaren samengewerkt met Portugal, UK en Turkije voor de ontwikkeling van zogenaamde EFI-ontsteeksystemen.
- Op langere termijn zal onderzoek gedaan worden aan self-destruct systemen die een zeer hoge betrouwbaarheid hebben en aan HERO-problemen die aan boord van kunnen optreden ten gevolge van de toegenomen vermogens van de radarsystemen. De elektrostatische gevoeligheid van munitie speelt een rol bij de toenemende rol die helikopters bij het vervoer van munitie gaan spelen.

A.5 Thema 5 Effecten van munitie

Dit thema is gericht op het beter begrip van de factoren die een ongewenste initiatie van munitie, en als gevolg daarvan allerlei ongewenste effecten, mogelijk maken. In de afgelopen jaren is de initiatie door middel van opwarming bestudeerd (cook-off). Daarbij is gebleken dat de heftigheid van de reactie door allerlei parameters worden bepaald. Dit programma wordt nu in internationaal verband voortgezet onder EUCLID RTP 14.2. In 1998 is een vervolg project gestart voor het bepalen van de dreiging voor kogel- en scherfinslag. In dit project wordt een kogel en scherf inslagfaciliteit ontwikkeld op het TNO. Vervolgens zullen enerzijds testen worden uitgevoerd en anderzijds modelontwikkeling plaatsvinden om het initiatiemechanisme te beschrijven. Ondersteuning zal plaatsvinden vanuit kleinschalige testen (friabiliteitstest en mechanische eigenschappen). Afhankelijk van de voortgang van dit programma wordt verwacht dat in 2001 met de volgende dreiging begonnen kan worden. Internationaal overleg binnen EUCLID CEPA 14 zal hierover plaatsvinden, maar het meest waarschijnlijk is de sympatische detonatie.
Een specifiek aspect hiervan is het optreden van brand in munitiemagazijnen. Momenteel wordt onderzoek uitgevoerd naar de consequenties van een brand in munitie aan boord van een schip. Zowel de brandbestrijding als het temperen van de effecten van de de brand worden geëvalueerd. De resultaten kunnen er toe leiden dat er op velerlei gebieden adviezen gegeven worden, zoals: brandbestrijding en nazorg, opslag, protectie tegen en voor het temperen van de explosie-effecten. Het kan ook leiden tot aanpassingen in de ontwerpen van schepen. De resultaten van dit onderzoek zullen vooral van belang zijn voor de vervanging van de L-fregatten, wat in de periode 2008-2010 zal gaan spelen.
In het kader van een ANNC-samenwerking met Noorwegen wordt onderzoek verricht naar de relatie tussen de intrinsieke eigenschappen van de explosieve stof (kwaliteit van de binder en de springstofkristallen) en de respons van de munitie onder de verschillende MKM-dreigingen. Het onderzoek is momenteel gericht op de respons onder opwarming en van kogelinslag. Dit programma is van groot belang voor de internationale samenwerkingen en verwacht wordt dat dit project wordt voortgezet met de overige dreigingen.

A.6 Thema 6 Detonatie en gevoeligheid

Het doel van dit thema is het op peil houden van de kennis en kunde op het gebied van schokinitiatie van explosieve stoffen en de toepassing daarvan op detonatieketens. Het lopende project (tot juli 2000) binnen dit thema is gericht op het beschikbaar hebben en ontwikkelen van karakteriseringmethoden voor explosieve stoffen (ontwikkelen Ballistic Impact Chamber), een methode om de energie-inhoud van springstoffen te meten, verdere ontwikkeling van het Fabry Perot interferometer systeem en het beschikbaar hebben van numerieke technieken (hydrocode AUTODYN) om de respons van explosieve stoffen te simuleren (Hugoniot bepaling en simulatie detonatieketens). Modellen worden ontwikkeld om de schokinitiatie van explosieve stoffen te beschrijven en de invloed van schade aan de explosieve stof op de functionering en de veiligheid van munitie.
Springstoffen worden ook als vernielingsladingen toegepast. De betrouwbaarheid van de toegepaste detonatieketens (overdrachtladingen) heeft in het verleden de nodige problemen gegeven. Nieuwe systemen en nieuwe springstoffen voor vernielingsladingen zullen gekarakteriseerd en geëvalueerd worden. Indien mogelijk zal

dit leiden tot aanbevelingen aan de Genie voor een Set Speciale Springstoffen (SSS) die ieder hun eigen en specifieke toepassing hebben. Deze aspecten zullen in een later stadium onderzocht worden.

B Overzicht resultaten en publicaties

Kleurcode eerste kolom
Blauwe tekst: projectnaam
Rode tekst: onderzoeksvragen/defensievragen
Zwarte tekst: op te leveren resultaten uit resultatentabel hoofdstuk 1
Groene tekst: extra verrichte werkzaamheden (in overleg met programmabegeleider)

Doelstellingen en taken per thema	Rapporten/resultaten	
1. Kwalificatie en classificatie van explosieve stoffen		
Doelstelling: Defensie adviseren betreffende de typeclassificatie van munitie en het uitvoeren van de kwalificatie van explosieve stoffen (MP40-22),		
Project: MFVM1 Kwalificatie/classificatie (A01KL401)		
deelname aan en bijdrage leveren aan NAVO-werkgroepen (AC/310), SMES en MCGS		
Deelname AC310 en Subcommissie Munitie Explosieve Stoffen/MCGS	Notitie 03D21042E van 22 juli 2003 'Plan van aanpak 'Spallgevoeligheid' munitie'	
Defensie ondersteunen bij het opstellen van regelgeving voor kwalificatie en classificatie (MP40-22).		
Ondersteunen Defensie mbt MP 40-22	Indirect via SMES bijdragen (zie publicatie lijst)	
In stand houden van een infrastructuur om kwalificatie testen in Nederland te kunnen uitvoeren,		
In stand houden infrastructuur kwalificatie explosieve stoffen	Gerealiseerd via bijdrage stanags AC310/AC326 (zie hoofdstuk 3)	
2. Minder Kwetsbare Munitie (MKM)		
Doelstelling: Defensie ondersteunen bij de introductie van Minder Kwetsbare Munitie.		
Project: MFVM2 Minder Kwetsbare munitie (A01KL402)		
Stimuleren en adviseren van Defensie bij het verder uitdragen van Minder Kwetsbare Munitie	MKM-boekje, APA blad artikel, MKM, Concept strategie MKM, bijdrage conferenties, etc	
Deelname aan NAVO Expert Working Groups		
Afronding Joint AC/258+310 Working Group	Bijdrage/vergaderingen voor Stanag	
Editie 2 STANAG 4439 + AOP-39	Bijdrage/vergaderingen voor Stanag	
Opstellen van dreigingsanalyses in relatie tot de effecten die bij een ongewenste reactie kunnen optreden (threat hazard analysis)		
Introductie dreigingsanalyse (THAMES)	Opzet/bijdrage workshop voor Defensie, okt 2001	
Modelleren van de veiligheidsconsequenties (collaterale schade) en financiële consequenties voor de aanschaf van Minder Kwetsbare Munitie		
Introductie kostenbaten analyse (MONTE, CBA, COBEAN, ABC)	vervallen i.o.m. J van Gool	
Vaststellen collateral damage en veiligheidsconsequenties ten gevolge van introductie MKM	Bijstelling naar V218	
Evaluatie van kleine schaal testen om het MKM-karakter van munitie te voorspellen (relatie tussen de eigenschappen van de explosieve stof en de MKM-eigenschappen van munitie)		
Evaluatie kleine schaal testen ter bepaling van MKM-karakter munitie	DV2 2005-A16 'Kleine schaal testen'	
Vaststellen effect holle lading inslag op munitie	PML 2004-A115 'Gevoeligheid van PBXN109 en i-PBXN109 voor holle lading inslag'	PML 2001-SV1

Vaststellen toepasbaarheid thermoplastische elastomeren als binder voor MKM	PML 2004-A120, 'Energetische binders in munitie'.	
Vaststellen effect veroudering energetische materialen op MKM-eigenschappen	Insensitive Munitions: The effect of ageaing upon lifecycle', artikel/presentatie Ageing workshop	
Vaststellen mitigation technieken voor munitie (in opslag)	Bijstelling naar V218	
3. Milieu	overige rapporten	
Doelstelling: Adviseren van Defensie betreffende het reduceren van de consequenties voor milieu en personen van het gebruik van munitie.		
Project: MFVM3: Milieu (A01KL403)		
vaststellen welke schadelijke stoffen zich in munitie bevinden en welke stoffen geschikt zijn om deze schadelijke stoffen te vervangen (prioritaire stoffen),		
Defensie aangeven welke schadelijke stoffen vervangen moeten worden	TNO 2002-A63 'Milieuimplicaties voor munitiegebruik'	TNO CRO -024, 'De verspreiding van munitie gerelateerde stoffen in verschillende milieucompartimenten'
vaststellen van de risico's voor het personeel bij (operationeel) gebruik van munitie,		
In stand houden cq verbeteren analyse technieken explosieve stoffen (EOCKL)	intern werkvoorschrift Q222-W-136 V11 'werkvoorschrift HPLC'	PML 2004-SV4,' Improvement of the extraction method of TNT from soil'.
evalueren van de mogelijkheden om te komen tot 'groene explosieve stoffen',	Vervallen ivm bijstelling	
Vaststellen van richtlijnen voor de introductie van 'groene explosieve stoffen'	Vervallen ivm bijstelling	
adviseren van de EOD'en		
Ondersteuning EOCKL mbt ruimen en vernietigen niet reguliere munitie	'Demolitionof Munitions', artikel workshop Portugal	
Vaststellen veiligheidsaspecten oude munitie (incl milieurisico's) (EOCKL)	TNO 2002-A31' Onderzoek naar de bepaling van TNT en ontledingsproducten in water'.	TNO 2003-A60 'onderzoek AT26 ontstekers (additioneel betaald)
Advies voor het invoeren van 'on the spot' analyse technieken (EOCKL)	2003-A97, Bepaling witte fosfor	
4. Munitie componenten		
Doelstelling: Kennis in stand houden betreffende de juiste functionering en veiligheid van munitiecomponenten en het inbrengen van deze kennis in NAVO-werkgroepen		
Project: MFVM4 ontsteeksystemen (A01KL404)		
Opstellen van technische eisen voor nieuwe ontsteeksystemen (NAVO)		
Aangeven van ontwikkelingen mbt nieuwe minder gevoelige ontsteeksystemen	DV2 2005-A70, 'Ontwikkelingen op ontsteker gebied'.	
Opstellen van technische eisen voor (nieuwe) ontsteeksystemen	DV2 2005-A70, 'Ontwikkelingen op ontsteker gebied'.	
Opstellen van technische eisen voor de ontsteking van flares		
Vastleggen technische eisen voor ontsteking flares	Vervallen ivm bijstellingen	
Vaststellen gevaren elektromagnetische straling op ontsteeksystemen		
Beoordelen electrostatische gevoeligheid ontsteeksystemen (oud en nieuw)	DV2 2005-A64, 'Electro Static Discharge (ESD); Threats for Electro Explosive Devices (EED)'	
ANNC: Evaluatie veiliger explosieve stoffen voor nieuwe ontsteeksystemen	PML 2004-A61, 'Characterisation of the properties of some explosieve candidates for use in EFIs'	
Verhogen betrouwbaarheid self destruct systemen	DV2 2005-A62, 'Self Destruct Fuzes'	

Project: MFVM4 AC310 SGII, Stanag 4363 Ed 3 (A01KL405)		
Deelname aan NAVO Expert Working Groups		
Afronden STANAG 4363 (Editie 2), explosieve componenten	Bijdrage/bijwonen stanag	
Afronden STANAG 4560 (Editie 1), ontstekers	Stanag 4560 Ed 2	
Afronden AOP-21 (behorend bij STANAG 4560)	Voorstel voor verandering van definitie van EED, presentatie Stanag 4560	
Inspanningen omtrent STANAG ontstekers	Bijdrage aan stanag in vorm inspanningen rond TTT- testopstelling	
Optimalisatie van EFI systemen	DV2 2005-A63, 'Bepaling van de energie-dissipatie in een EFI'.	
Secundairy flyer impact/MemsEFI	Bijdrage conferentie Gun & ammunition, Flyer/presentatie	
Project: MFVM4 Kruiten (A01KL406		
Ontwerpen van een testmethode om de ontsteekcapaciteit van kruit vast te stellen		
Opzetten test voor ontsteekbaarheid kruit en advies mbt veiligheid	PML 2001-A30, 'Redesign of the stand-off test'	
Opbouwen van expertise betreffende inwendige ballistiek en loopslijtage		
Advisering veiligheid en functioneren kruiten voor grotere dracht	PML 2004-A121, 'Ontsteking van Kruit'	
5. Effecten van munitie		
Doelstelling: Beschikbaar hebben van methoden om de effecten van een ongewenste explosie te bepalen en het adviseren van maatregelen om de effecten te reduceren.		
MFVM5 Kogel/scherfinslag (A01KL407)	DEA-N-84-TN-4822, Progress meeting 18-19 May 2000	
Opbouwen van een faciliteit om de responsie van munitie op een kogel- of scherfinslag te bepalen		
Rapportage opzet van (IM dreiging) kogel/scherfinslag faciliteit	DV2 2005-A27, 'Bullet Fragment Impact Test; Set-up and Research	
Modelleren van de responsie van de munitie (in relatie tot de intrinsieke eigenschappen van de explosieve stof)		
Resultaten en modellering van KSI experimenten deel I	DV2 2005-A27, 'Bullet Fragment Impact Test; Set-up and Research	
Resultaten en modellering van KSI experimenten deel II	DV2 2005-A27, 'Bullet Fragment Impact Test; Set-up and Research	
MFVM5 Brand in Munitiemagazijnen (A01KL408)		
Analyse van de maatregelen die genomen kunnen worden om een brand in een munitiemagazijn aan boord van een schip te minimaliseren		
Model ontwikkeling voor de opwarming van munitie bij brand in schepen	PML 2004-A29, Rekenmethoden om de tijd tot een explosie van munitie in of in de nabijheid van vuur te schatten	PML 2003-SV8, Implementatie van Tarver Mcguire reactiekinetiek voor een 1-dim cook-off fit programma
Ondersteunen Marine mbt munitie-informatiesystemen bij brand in schepen	DV2 2005 Axxx, Mogelijke scenario's en veiligheidssystemen bij brand aan boord van een schip.	
DEA Fire Fighting USA (jaarlijkse voortgangsrapportages)	Jaarlijkse rapportage van MWDDEA-N-96-TN-4822 Combustion and detonation phenomena in rocket motors and warheads	
MFVM5 Int Samenwerkingen (A01KL409)	PML 2004-A29, Rekenmethoden om de tijd tot een explosie van munitie in of in de nabijheid van vuur te schatten	PML 2003-SV8, Implementatie van Tarver Mcguire reactiekinetiek voor een 1-dim cook-off fit programma
Opzetten en starten van een samenwerking binnen WEAG betreffende kogel- en scherfinslag.	Supplement No JP 14.11 on the WEAG Version 5.0, dated 29th April 2002, for a Joint Programme concerning Insensitive Munitions Modelling and Testing: Bullet and Fragment Impact'.	
DEA Cook-off USA (jaarlijkse voortgangsrapportages)	Jaarlijkse rapportage van MWDDEA-N-96-TN-4822 Combustion and detonation phenomena in rocket motors and warheads	Jaarlijkse rapportage van MWDDEA-N-96-TN-4822 Combustion and detonation

		phenomena in rocket motors and warheads
ANNC: Cook-off responsie van specifieke explosive stoffen	PML 2001-A61, Influence of crystal quality on th sensitivity and processablilty of PBX's	
ANNC: KSI responsie van specifieke explosieve stoffen	DV2 2005-A27, 'Bullet Fragment Impact Test; Set-up and Research	PML 2004 C27, Fragment impact and friability testing on an AP/HTPB propellant
Opzetten van een 'spigot intrusion' (IM dreiging) test faciliteit	Bijstelling vervallen	
ANNC: Spigot Intrusion responsie van specifieke explosieve stoffen	Bijstelling vervallen	
Schade aan explosieve stoffen onderzoek mbt scherfinslag	Bijdrage workshop Explosive behaviour,'Shear rate and damage in relation to the response of an explosive', Santa Fe, NM, USA	
6. Detonatie en gevoeligheid		
Doelstelling: Kennis in stand houden betreffende de eigenschappen van explosieve stoffen.		
Project: MFVM6 Detonatie en gevoeligheid (A01KL410)		
Modelleren van de schokinitiatie van explosieve stoffen voor de beoordeling van de veiligheid en functionering van detonatieketens en vernielingsladingen		
Modelleren van de initiatie van een explosieve stof ten gevolge van flyer impact	DV2 2005-Axxx, Modellering van Schokinitiatie van HNS IV met flying plate en slapper	
Modelleren van het effect van (mechanische) schade aan explosieve stoffen op de veiligheid en functionering van munitie		
Model mechanische eigenschappen PBX en de invloed op de gevoeligheid	DV2 2005-Axxx, 'Evaluatie van optredende shearrates in gevoeligheids testen	
Model schade PBX ten gevolge van van omgevingsinvloeden	Bijdrage in vorm van Artikel: 'Thermal and mechanical Damage of PBXs', Det symposium, Aug 2002, San Diego, USA	
Modelontwikkeling voor friability en stoot gevoeligheid van explosieve stoffen	DV2 2005 Axxx, 'Analyse friability test met Autodyn	artikel: Influence of mechanical damage on the shock sensitivity...
Modelontwikkeling voor de effecten van kogel/scherfinslag	PML 2003 A-43, 'Onderzoek naar het directe-schok initiatiegedrag van explosieve stoffen' theorie gerapporteerd in add rapport	
Opbouwen van testen om explosieve stoffen te karakteriseren		
Bouw Ballistic Impact Chamber	DV2 2005 AXXX, 'Ballistic Impact Chamber'	
Opzetten cylex test voor de bepaling van de detonatieenergie	PML 2002 IN12, 'Experimentele bepaling van explosieve metaalversnelling'	
Ontwikkelen Faraday rotatie/Fabry Perot meetmethode	PML 2001-SV2, Stroommeting met behulp van Faraday rotatie	
Bepaling detonatieparameters van springstof met grote kritische diameter	eveneens gerapporteerd in PML 2002 IN12, Experimentele bepaling van explosieve metaalversnelling	
Adviseren van Defensie over een nieuwe Set Speciale Springstoffen		
Ondersteunen Defensie voor het gebruik van een set speciale springstoffen	Door geringe inspanning geen rapport, naar v218 verhuisd	

C Bijstellingen per thema

Thema 1 Kwalificatie en classificatie van explosieve stoffen
Als inflatie wordt meegenomen, heeft er een reductie van het totale budget plaatsgevonden. Dit werd gevonden in het niet/minder onderhouden van testmethoden en infrastructuur die voor de kwalificatie van explosieve stoffen nodig zouden zijn.

Thema 2 Minder Kwetsbare Munitie
De inflatie meegerekend, is het totale budget niet veranderd, de realisatie van de onderwerpen heeft enigszins vertraagd plaats gevonden. Een aantal onderwerpen zou met minder diepgang behandeld worden. Uiteindelijk was besloten de onderwerpen 1) Vaststellen collateral damage en veiligheidsconsequenties ten gevolge van de introductie MKM en 2) Vaststellen mitigation technieken voor munitie (in opslag) onder het reparatieprogramma V218 Munitietechnologie uit te voeren. Ook is in overleg met de programmabegeleider aangegeven dat de kosten-baten-analyse minder aandacht zou krijgen na de introductie van een software programma hiervoor van NIMIC (MSIAC).

Thema 3 Milieu
De geplande inspanningen op dit gebied waren al gering ondanks de zeer vele vragen die door Defensie gesteld werden. Het onderwerp 'groene explosieve stoffen' is komen te vervallen omdat dit gezien de looptijd en de personele capaciteit niet meer op voldoende niveau te realiseren was. Ook het in stand houden en verbeteren van analyse technieken heeft minder de aandacht gekregen.

Thema 4 Munitiecomponenten
Inflatie meegeteld, is het totale budget sterk afgenomen en de realisatie is over een langere periode gespreid. De onderwerpen 'self destruct' systemen en elektrostatische gevoeligheid zijn slechts gedeeltelijk uitgevoerd. Tevens is bij de totstandkoming van het reparatieprogramma V218 het munitietechnologie het onderdeel loopslijtage in relatie tot lange dracht, vanwege zijn omvang, binnen V218 komen te vallen. Wel is er een literatuurstudie op gebied van loopslijtage binnen dit kader uitgevoerd en gerapporteerd. Tevens is door de hoeveelheid aan additionele opdrachten het onderwerp 'eisen op het gebied van ontsteking van flares' vervallen maar is er extra aandacht besteed aan werkzaamheden binnen onder andere STANAG 4360.

Thema 5 Effecten van munitie
Binnen dit thema zou met ingang van 2003 ook de 50% financiering van het CEPA 14.11 programma Bullet and Fragment impact plaatsvinden (de andere helft zou door KL en de KLu additioneel gefinancierd worden). Dit betekende dat 'Spigot intrusion' kwam te vervallen in het kader van de ANNC samenwerking. Met een vertraagde start van het CEPA 14.11 programma is er nog een stuk binnen V218 gefinancierd. Omdat de voorbereidingen, het schrijven en reizen voor de opzet van het programma echter niet additioneel gefinancierd werden is met de programma begeleider overeengekomen dat dit binnen project 'Internationale samenwerkingen' zou vallen. Tevens is er wel extra aandacht besteed aan het basis van het 'Spigot intrusion' mechanisme, namelijk op het gebied van mechanische eigenschappen van PBX-en.

Thema 6 Detonatie en gevoeligheid
Vanwege het in stand houden van een minimale basiskennis op dit gebied is dit onderwerp niet gekort en alleen over de gehele looptijd uitgesmeerd, wel is er hierdoor iets minder aandacht gegeven aan de set speciale springstoffen.

Thema 7 Management
Een verdeling van het budget over de langere looptijd is uitgevoerd. Verder is aangegeven dat door overdracht van de A.C.van der Steen naar de J.H.G. Scholtes het management budget licht verhoogd is. Verder is dit voor het laatste jaar voor de eindrapportage gedaan.

ONGERUBRICEERD

REPORT DOCUMENTATION PAGE
(MOD-NL)

1. DEFENCE REPORT NO (MOD-NL)	2. RECIPIENT'S ACCESSION NO	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO
TD2005-0072		TNO-DV2 2005 A072
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO	**5. CONTRACT NO**	**6. REPORT DATE**
014.12895.01.01	-	September 2005
7. NUMBER OF PAGES	**8. NUMBER OF REFERENCES**	**9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED**
71 (incl 3 appendices, excl RDP & distribution list)	74	Final

10. TITLE AND SUBTITLE

Final report of Program V910 Munition: functioning, safety and environmental aspects
(Eindrapportage doelfinancieringsprogramma V910 Munitie: functionering, veiligheid en milieu)

11. AUTHOR(S)

J.H.G. Scholtes

12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES)

TNO Defence, Security and Safety, P.O. Box 45, 2280 AA Rijswijk, The Netherlands
Lange Kleiweg 137, Rijswijk, The Netherlands

13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)

Defensie Materieel Organisatie Ressort, Defensie Research & Development,
Frederikkazerne, Van der Burchlaan 31, 2597 PC The Hague, The Netherlands

14. SUPPLEMENTARY NOTES

The classification designation Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified.

15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE))

This document is the final report of the program V910 Munitions: Functioning, Safety and environmental aspects. The program started in November 2000 and ended in June 2005. The program was divided into six major themes: Qualification and Classification of explosive substances, Insensitive Munitions, Environmental aspects, Components of munitions, Response of munitions to IM-threats and Detonation and sensitivity of explosives. Much of the results and expertise obtained or gathered in this program has already been used in related programs and additional funding project. It will also be useful for the Dutch MOD in their DMP process and can be used in answering their questions/problems on the area of the functioning, safety and environmental aspects of munitions.

16. DESCRIPTORS	IDENTIFIERS
Qualification and Classification of explosive substances	Components of munitions
Insensitive Munitions	Response of munitions to IM-threats
Environmental aspects	Detonation and sensitivity of explosives

17a.SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT)	17b.SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE)	17c.SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT)
Ongerubriceerd	Ongerubriceerd	Ongerubriceerd
18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT		**17d.SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES**
Unlimited Distribution		Ongerubriceerd

ONGERUBRICEERD

Distributielijst

Onderstaande instanties/personen ontvangen het managementuittreksel en de distributielijst van het rapport.

4 ex.	SC-DR &D
2 ex.	Defensie R&D, Hoofd R&D Kennistransfer KTZE J.Wind
1 ex.	MIVD Bureau Relatie Beheer LtKol R. Meurink
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, Algemeen Directeur, ir. P.A.O.G. Korting
3 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, Directie Directeur Operaties, ir. C. Eberwijn Directeur Kennis, prof. dr. P. Werkhoven Directeur Markt, G.D. Klein Baltink
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, accountdirector CO
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Den Haag, Manager Waarnemingssystemen (operaties), dr. M.W. Leeuw
1 ex	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Den Haag, Manager Beleidsstudies Operationele Analyse & Informatie Voorziening (operaties), drs. T. de Groot
1 ex	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk, Manager BC Bescherming (operaties), ir. R.J.A. Kersten
1 ex	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Soesterberg, Manager Gedrag, Training & Prestatie (operaties), drs. H.J. Vink

Onderstaande instanties/personen ontvangen een volledig exemplaar van het rapport.

1/2	Defensie R&D, BCDI/DARIC, J. Keuning
3	Ing. J.C. Hoeneveld, MatLogco/LBB Munitiebedrijf, Programma-/Projectbegeleider Defensie
4	Lkol A.F. Keijzer, Matlogco/WO-KL,
5	Ing. L.J. Zijdeman, Matlogco/WO-KL

6	Maj. C.J. Kampschuur, DMKLu/MPGWM,
7	KLTZ P.E.G. de Both, DMKM/WCS/HGEMU
8	Ir. H.C. van Arkel DGW&T, Centrale Directie
9	Maj (Ing.) R. Pijtak EOCKL
10/12	Bibliotheek KMA
13	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk, daarna reserve Bescherming, Munitie en Wapens (operaties), ir. P.J.M. Elands
14	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk, Bescherming, Munitie en Wapens (kennis) Mw. ir. E.N. van Son-de Waard
15	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk, Bescherming, Munitie en Wapens (markt) dr. ir. L.H.J. Absil
16	Ir. J.H.G. Scholtes, Programmaleider TNO Defensie en Veiligheid, BU Bescherming, Wapens & Munitie
17/18	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk, Informatie- en Documentatiedienst
19/23	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk, Business Unit Bescherming, Munitie en Wapens, Dr. R.H.B Bouma, ir. M.N. Boers, ir. B. Meuken, drs. N.H.A. van Ham, ir. O.M.E.J. Lemmens
24	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk, Marketing en Communicatie, digitale versie via Archief
25	TNO Defensie en Veiligheid, locatie Rijswijk, afdeling Tekstverwerking (digitale versie)