

19970407085

TNO-rapport  
PML 1997-A3

## Een overzicht van hard-kill actieve pantser- systemen

TNO Prins Maurits Laboratorium

DTIC QUALITY INSPECTED 4

Lange Kleiweg 137  
Postbus 45  
2280 AA Rijswijk

Datum  
januari 1997

Telefoon 015 284 28 42  
Fax 015 284 39 59

Auteur(s)  
Dr. ir. J.L. Verolme

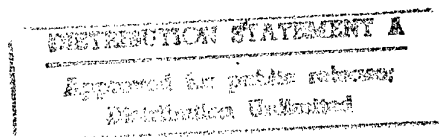
Rubricering  
Vastgesteld door : Maj. ir. G.L. Schonewille  
Vastgesteld d.d. : 20 januari 1997  
(De rubricering wijzigt niet)

Titel : Ongerubriceerd  
Managementuittreksel : Ongerubriceerd  
Samenvatting : Ongerubriceerd  
Rapporttekst : Ongerubriceerd

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

Exemplaarrr. : 13  
Oplage : 27  
Aantal pagina's : 15 (excl. RDP & distributielijst)  
Aantal bijlagen : -

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



© 1997 TNO

TNO Prins Maurits Laboratorium is onderdeel  
van de hoofdgroep TNO Defensieonderzoek  
waartoe verder behoren:

TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium  
TNO Technische Menskunde



Nederlandse Organisatie voor toegepast-  
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

## Managementuittreksel

Titel : Een overzicht van hard-kill actieve pantsersystemen  
Auteur(s) : Dr. ir. J.L. Verolme  
Datum : januari 1997  
Opdrachtnr. : A96KL407  
Rapportnr. : PML 1997-A3

De ontwikkeling met betrekking tot het penetrerend vermogen van zowel kinetische energie (KE) munitie als gevormde ladingen maken een steeds 'zwaardere' bescherming van personeel en materieel noodzakelijk. In dit kader vinden er allerlei verbeteringen en vernieuwingen plaats op het gebied van passieve (*add-on*) pantsers, zoals bijvoorbeeld de toepassing van keramiek en composieten. Daarnaast worden ook (explosief) reactieve pantsers toegepast die zeer effectief tegen bepaalde dreigingen zijn. Eén van de nadelen verbonden aan passieve en reactieve pantsers is het feit dat het projectiel (KE-penetrator, holle ladingstraal of granaat) daadwerkelijk het doel treft en dientengevolge schade aanricht. Eigenlijk zou men een treffer willen voorkomen, of in ieder geval de schade ten gevolge van een treffer zoveel mogelijk willen beperken. Dit is de benaderingswijze van de zogenaamde *actieve pantsers*.

Actieve pantsers nemen op een of andere manier de dreiging van een inkomend missile of penetrator waar en activeren vervolgens een tegenmaatregel waardoor de dreiging verstoord of vernietigd wordt. De algemene benaming voor het geheel van sensor, rekenprocessor en tegenmaatregel is *Defence Aid Suite (DAS)*. Deze DAS-systemen worden weer onderverdeeld in zogenaamde *soft-kill* systemen, die ingrijpen op de geleiding van de dreiging naar het doel (bijvoorbeeld *decoys*, *jammers*, of rook) en *hard-kill* systemen, die door fysiek contact de dreiging proberen uit te schakelen.

Binnen de eerste fase van deze opdracht, A96KL407 'Kennisopbouw actieve pantsers', zijn de in de open literatuur gevonden hard-kill systemen geëvalueerd. De interactie tussen de dreiging (missile of penetrator) en de hard-kill tegenmaatregel (bijvoorbeeld verschervende granaat of versnelde pantserplaat) heeft hierbij centraal gestaan.

Het blijkt dat ondanks het feit dat actieve pantsersystemen momenteel erg in de belangstelling staan, de meeste systemen de ontwikkelingsfase nog niet verlaten hebben. Dit brengt met zich mee dat slechts weinig informatie over bijvoorbeeld de effectiviteit bekend is. Naast het grote voordeel van actieve pantsersystemen dat het te beschermen voertuig niet of nauwelijks geraakt wordt, blijft het gevaar, bij sommige systemen, voor bijvoorbeeld infanterie die zich in de buurt van het voertuig bevindt, voorlopig onopgelost.

## Samenvatting

Dit rapport beschrijft een overzicht van de in de literatuur gevonden hard-kill actieve pantsersystemen. Deze systemen bevinden zich op een voertuig en trachten een inkomende dreiging voor dat voertuig uit te schakelen door middel van fysiek contact.

De meeste van deze systemen hebben de ontwikkelingsfase momenteel nog niet verlaten. Dit brengt met zich mee dat ook slechts beperkte informatie bekend is over bijvoorbeeld de effectiviteit. Het grote voordeel van actieve pantsers in zijn algemeenheid is het niet of nauwelijks beschadigen van het te beschermen voertuig door de inkomende dreiging. Nadelig blijft voorlopig het gevaar voor bijvoorbeeld uitgestegen infanterie.

## Inhoud

Managementuittreksel .....	2
Samenvatting .....	3
1 Inleiding .....	5
2 Hard-kill actieve pantsersystemen .....	7
2.1 Impactor-systemen .....	7
2.2 Fragmenting charges systemen .....	8
2.3 Missilesystemen.....	10
2.4 Combinaties van actieve pantsers .....	10
3 Counter-DAS mogelijkheden .....	11
4 Conclusies .....	12
5 Aanbevelingen.....	13
6 Referenties.....	14
7 Ondertekening .....	15

## 1 Inleiding

De ontwikkeling met betrekking tot het penetrerend vermogen van zowel kinetische energie (KE) munitie als gevormde ladingen maken een steeds 'zwaardere' bescherming van personeel en materieel noodzakelijk. In dit kader vinden er allerlei verbeteringen en vernieuwingen plaats op het gebied van passieve (*add-on*) pantsers, zoals bijvoorbeeld de toepassing van keramiek en composieten. Daarnaast worden ook (explosief) reactieve pantsers toegepast die zeer effectief tegen bepaalde dreigingen zijn. Eén van de nadelen verbonden aan passieve en reactieve pantsers is het feit dat het projectiel (KE-penetrator, holle ladingstraal of granaat) daadwerkelijk het doel treft en dientengevolge schade aanricht. Eigenlijk zou men een treffer willen voorkomen, of in ieder geval de schade ten gevolge van een treffer zoveel mogelijk willen beperken. Dit is de benaderingswijze van de zogenaamde *actieve pantsers*.

Actieve pantsers nemen op een of andere manier de dreiging van een inkomend missile of penetrator waar en activeren vervolgens een tegenmaatregel waardoor de dreiging verstoord of vernietigd wordt. De algemene benaming voor het geheel van sensor, rekenprocessor en tegenmaatregel is *Defence Aid Suite (DAS)*. Deze DAS-systemen worden weer onderverdeeld in zogenaamde *soft-kill* systemen, die ingrijpen op de geleiding van de dreiging naar het doel (bijvoorbeeld *decoys*, *jammers*, of rook) en *hard-kill* systemen, die door fysiek contact de dreiging proberen uit te schakelen. Natuurlijk zijn ook systemen denkbaar die soft- en hard-kill principes combineren.

In het kader van opdracht A94KL460 'Prefeasibility study DAS' heeft een algemene inventarisatie van DAS-systemen en van de belangrijkste daarmee samenhangende verschijnselen plaatsgevonden [1]. Deze opdracht, A96KL407 'Kennispbouw actieve pantsers', sluit hierop aan door het evalueren van hard-kill systemen. Zodoende wordt een indruk verkregen van de werking en effectiviteit van deze systemen en kunnen karakteristieke grootheden worden vastgesteld waaraan de effectiviteit kan worden afgelezen. De interactie tussen de dreiging (missile of penetrator) en de hard-kill tegenmaatregel (bijvoorbeeld verschervende granaat of versnelde pantserplaat) staat hierbij centraal.

De opdracht A96KL407 'Kennispbouw actieve pantsers' kent een gefaseerde aanpak. In fase 1 wordt een inventarisatie van (bestaande) actieve pantsersystemen en de daaraan gerelateerde ontwikkelingen uitgevoerd. Op basis van de aldus verkregen informatie zal een voorstel voor de invulling van de volgende twee fasen worden gedaan. In fase 2 worden enkele karakteristieke actieve pantsersystemen en/of concepten op hun werking en effectiviteit beoordeeld. Binnen deze fase wordt ook aandacht besteed aan modellering van de geëvalueerde systemen en visualisering. Fase 3 sluit op fase 2 aan door het bestuderen en evalueren van concrete c.q. operationele systemen.

Dit rapport besluit de eerste fase van opdracht A96KL407. In hoofdstuk 2 wordt een kort overzicht van de in de literatuur gevonden hard-kill systemen gegeven. Voor een uitgebreide inventarisatie van actieve pantsersystemen in het algemeen

wordt verwezen naar [1]. Vermeldenswaard zijn ook de Counter-DAS-systemen/mogelijkheden, die als reactie op de ontwikkeling van actieve pantsers zijn ontstaan (zie hoofdstuk 3). Counter-DAS-mogelijkheden zijn mede van belang voor het bepalen van de effectiviteit van actieve pantsers. Na de conclusies (hoofdstuk 4) van de inleidende studie, volgen in hoofdstuk 5 enkele aanbevelingen voor de invulling van het onderzoek in fase 2, waarbij twee karakteristieke hard-kill systemen nader worden bestudeerd.

Overigens heeft in het kader van opdracht A96KL476 'Beproeving ARENA-systeem' een inleidend onderzoek plaatsgevonden naar de werking en effectiviteit van een operationeel actief pantsersysteem: het ARENA-systeem. Hierbij werd statisch de uitwerking van het ARENA-systeem op een antitank missile bestudeerd [8].

## 2 Hard-kill actieve pantsersystemen

Bij een hard-kill actief pantsersysteem worden maatregelen genomen om de dreiging te treffen en zodoende een vroegtijdige detonatie van de gevechtsskop te bewerkstelligen. Ook kan door het treffen het projectiel worden opgebroken of beschadigd. In enkele gevallen zal een (kleine) afbuiging of verstoring van de baan van het projectiel voldoende zijn. De genoemde effecten kunnen door de volgende tegenmaatregelen worden bereikt [1]:

- het afvuren van 'projectielen' die verscherven en/of een blastwerking hebben;
- het afvuren van EFP's en/of holle ladingen;
- het afwerpen van 'pantserplaten';
- het plaatsen en/of afwerpen van een obstructie in de baan van het projectiel (bijvoorbeeld een net).

In de volgende paragrafen wordt een aantal systemen beschreven dat in concept bestaat of als idee in de literatuur is teruggevonden. Hierbij worden ook de voor- en nadelen van ieder systeem opgesomd. Praktische DAS-systemen met een zuivere *blast werking* of die bijvoorbeeld *een net uitwerpen* zijn niet gevonden.

In het algemeen vuren hard-kill actieve pantsers 'projectielen' in de richting van de dreiging af. Deze projectielen kunnen *impactors* of *mini shaped charges* zijn voor dreigingen binnen 2 meter, *fragmenting charges* voor 2 tot 10 meter, en autonome miniraketten die een eigen baan zoeken (*autonomous agile mini-missile*) voor afstanden groter dan 10 meter. Deze globale verdeling wordt in de rest van dit hoofdstuk aangehouden.

### 2.1 Impactor-systemen

Voor dreigingen binnen 2 meter van het voertuig kunnen projectielen afgeworpen of afgevuurd worden in de richting van de dreiging om deze uit te schakelen.

Afgevuurde projectielen kunnen variëren van kleinkalibermunitie tot *Explosively Formed Projectiles (EFP's)*. Ook kunnen platen afgeworpen worden.

Actief pantser dat platen versnelt in de richting van een dreiging is eigenlijk geen bruikbaar pantserconcept. Door het afwerpen van de platen kan dit type pantser slechts eenmaal gebruikt worden. Een tweede dreiging of inslag op dezelfde plaats betekent vrijwel altijd beschadiging of uitschakeling.

#### 2.1.1 CIWS

Zowel de UK als de VS noemen het *Close In Weapon System (CIWS)* effectief als tegenmaatregel voor voertuigen [1]. De stand van ontwikkeling is niet exact bekend. In de VS praat men over de *Long Range Slewable Gun (LRSG)*, een zwenkend wapen [1].

In de UK heeft men het uit de zeventiger jaren daterende *TAMS* van GEC-Marconi [1]. Dit laatste systeem bestaat uit een radaronderstel met daarop twee 7,62 mm

mitrailleurs en een zoekradar. Na onderkenning van een dreiging worden er salvo's van twintig schoten afgevuurd.

Een van de bekendste systemen die onder de noemer CIWS valt is overigens het *Goalkeeper*-systeem, dat weliswaar alleen op schepen wordt toegepast.

### 2.1.2 SProS

*SProS (Smart Armour Protection System)* is een Canadees systeem dat nog in het prototypestadium verkeert [1]. Het maakt gebruik van een passieve detectie-methode en vuurt één of meerdere kleine holle ladingen op de dreiging af.

### 2.1.3 ADSC

Het *Active Defence against Shaped Charge (ADSC)* systeem (Deutsche Aerospace) bestaat uit een vlak met holle ladingen en een (bewegings)sensor [6]. Zodra een missile zich boven of in de nabijheid van dit systeem bevindt, worden holle ladingen afgevuurd in de richting van het missile en op die manier een voortijdige detonatie veroorzaakt. Een onmiddellijk aan te wijzen nadeel van dit concept is de mogelijkheid van schade aan het voertuig door de scherven en/of de blastwerking van het detonerende missile.

### 2.1.4 Uitvouwbare pantsers

Dit systeem is het best te vergelijken met een airbag zoals die gebruikt wordt in auto's. Voortijdige detonatie wordt hier bewerkstelligd door plaatmateriaal in de baan van de missile te brengen, op enige afstand van de tank [1]. Er zijn geen praktische uitvoeringen van dit type gevonden, slechts ideeën.

### 2.1.5 Explosieve en elektromagnetische pantsers

Het idee achter *explosief en elektromagnetisch pantser* is het afwerpen van pantsermateriaal door middel van explosies of elektromagnetische krachten, zodanig dat het in de baan van de inkomende dreiging terecht komt [1]. Een voorwaarde is natuurlijk de aanwezigheid van een detectiesysteem dat de inkomende dreiging onderkent, de baan voorspelt en het explosief initieert.

## 2.2 Fragmenting charges systemen

Het doel van fragmenting charge systemen is het verminderen van de uitwerking van een dreiging door middel van het gebruik van verschervende lading. De scherven moeten de dreiging zodanig beïnvloeden dat deze beschadigt of vroegtijdig detoneert.

### 2.2.1 ARENA

Het *ARENA*-systeem, ontwikkeld door het Russische *Design Bureau for Machinery Construction (KBM)* in Kolomna, is één van de weinige systemen dat nu al operationeel is. Het systeem is geschikt om bescherming te bieden tegen *direct attack missiles* [1].

Het waarnemend gedeelte is een radarsensor op de top van de toren van een gevechtstank. Aan de toren zijn rondom springstofcassettes met voorgevormde scherven aangebracht. Een belangrijk voordeel van verschervende lading is dat niet de exacte baan van de dreiging bekend hoeft te zijn. Wordt een dreiging onderkend door de radar, dan wordt één van de cassettes schuin omhoog geschoten. Met enige tijdsvertraging, op een afstand van ongeveer 1,5 meter van de tank, komt door een trekdraad de cassette tot detonatie. De scherven vliegen richting doel en beschadigen het missile. Dit systeem is bedoeld voor dreigingen die met een snelheid tussen 70 en 700 m/s aankomen. Het totale gewicht van het systeem is 800 kg terwijl het ongeveer 30 liter binnen in de tank inbeslagneemt [1].

Een cassette bestaat uit een lading springstof, ingesloten door plastic met een geprefragmenteerd stalen deksel. Het verspreidt na detonatie stalen scherven van 3,5 gram [4].

Het huidige ARENA-systeem is verschenen in 1993 en is een uitbreiding van het *THRUSH*-systeem [5] (soft-kill). De voornaamste nadelen van het *THRUSH*-systeem zijn een zwak radarsysteem en de onacceptabele hoge kosten (een aantal malen de kosten van de gehele tank!).

Experimenten, uitgevoerd bij het Defence Research Agency in de UK [7], hebben aangetoond dat het huidige ARENA-systeem erg effectief is tegen een horizontaal aanvliegend *Anti Tank Guided Missile (ATGM)* op een afstand van 1,5 tot 5 meter. Eén treffende scherf (van 3,5 gram) bleek voldoende te zijn om het missile uit te schakelen, of in ieder geval de uitwerking sterk te verminderen. De scherfsnelheid was ongeveer 1600 m/s.

Het ARENA-systeem biedt evenwel geen bescherming tegen missiles met hoge snelheden. Verder heeft het systeem geen antwoord op *overflying-top-attack missiles* [1].

Zoals reeds vermeld, is in het kader van opdracht A96KL476 'Beproeving ARENA-systeem' het ARENA-systeem nader bestudeerd [8].

### 2.2.2 CIAMS

Door Bofors wordt een familie van *Close-In Anti-Missile Shell (CIAMS)* systemen ontwikkeld [3]. Het concept komt overeen met dat van het hierboven behandelde ARENA. CIAMS lanceert, zodra een dreiging is waargenomen, een *close-protection projectile*. Dit projectiel moet de inkomende dreiging vernietigen door middel van geprefragmenteerde deeltjes. Het systeem wordt erg flexibel genoemd, het kan zowel op militaire als civiele voertuigen gemonteerd worden. Door het optimaliseren van het uitgestoten projectiel kan het systeem tegen alles van *small anti-armour shells* tot *anti-ship missiles* gebruikt worden. Om een indruk te krijgen van de werking heeft Bofors een *demonstrator* gebouwd [5]. Deze unit is 40 x 20 x 5 cm groot, weegt ongeveer 4 kg en produceert na detonatie vierentwintig *Explosively Formed Projectiles (EFP's)*. Zelfs als triggering van deze EFP's uitblijft, behouden deze modules hun explosief reactieve werking en kan een dreiging uitgeschakeld worden.

## 2.3 Missilesystemen

Van systemen die als bescherming tegen een dreiging een autonome missie (of slimme artilleriemunitie) afschieten is maar één voorbeeld gevonden.

### 2.3.1 SLID

Het *Small Low-cost Interceptor Device (SLID)* is een systeem dat wordt ontwikkeld om gevechtsvoertuigen, helikopters en kleine vaartuigen te beschermen tegen antitankwapens en slimme mortieren [5]. Tevens wordt enige effectiviteit tegen *High Explosive Anti Tank (HEAT)* projectielen gemeld. Een projectiel, zonder stuwkracht, wordt door middel van een UV- of IR-sensor en vuurgeleidingscomputer op een dreiging afgestuurd. Het totale gewicht van dit, relatief goedkope, systeem zou minder dan 100 kg zijn. De onderscheppingsafstand wordt geschat op 100 tot 300 meter. Een testprogramma is opgestart om het effect te onderzoeken op TOW, HEAT, artilleriegranaten en mortieren. In de VS worden momenteel twee aanpakken onderzocht: Rockwell bekijkt een IR- en Lasergestuurde *semi-active laser homing missile*, terwijl Raytheon een IR-gestuurde verticaal gelanceerde raket onderzoekt.

## 2.4 Combinaties van actieve pantsers

De volgende actieve pantsersystemen combineren een aantal concepten, waardoor een grotere flexibiliteit verkregen wordt of kan worden. Het complete systeem kan immers aangepast worden aan een scala van dreigingen, mits deze waargenomen en geïdentificeerd kunnen worden.

### 2.4.1 POMALS

Het Israëliëse *Pedestal Operated Multi Ammunition System (POMALS)* is bedoeld voor gevechtstanks [1]. De werking is als volgt: via een sensor wordt een dreiging gedetecteerd. Daarop maakt het systeem een keuze uit een scala van tegenmaatregelen: rookgranaten, *chaff*, *flares*, *decoys*, antipersoneelgranaten, *High Explosive* granaten of andere speciale munitie. Twee systemen zijn voldoende om de zijkanten en de voorkant van een tank te beschermen. Een *technology demonstrator* van dit POMALS-concept is gebouwd door TAAS-Israel Industries: *Active aRmor Protection Against anti-tank guided Missiles (ARPAM)* geïnstalleerd op een Merkava Mk3 gevechtstank [5].

### 2.4.2 GALIX

Deze familie van systemen is ontwikkeld door de Franse bedrijven GIAT Industries en Lacroix Défense [2]. De *GALIX 6*, bijvoorbeeld, maakt gebruik van een infrarode *decoy*, terwijl *GALIX 4* een geprefragmenteerd projectiel uitstoot en *GALIX 13* rookgranaten.

### 3 Counter-DAS mogelijkheden

Mogelijkheden om het inkomend missile ongevoeliger te maken voor actieve pantsers zijn (*Counter DAS* of *CDAS*) [1]:

- hogere snelheden van het missile (bijvoorbeeld hoger dan 700 m/s voor het ARENA-systeem);
- ontwikkelen van *long stand-off warheads*, die vanaf bijvoorbeeld 10 meter al hun lading vormen, zoals EFP's;
- manoeuvreren in de eindfase (*agile trajectory*);
- bepantsering van missiles verbeteren;
- *spoofing*, waarin de missile in de eindfase *decoys* uitstoot of zich splitst in meerdere delen.

## 4 Conclusies

Dit inleidende onderzoek naar hard-kill actieve pantsers, systemen die een op een voertuig afgevuurde dreiging uitschakelen door middel van fysiek contact, heeft de volgende conclusies opgeleverd.

- *Algemeen*

Actieve pantsersystemen staan momenteel erg in de belangstelling, maar er bestaan nog weinig concrete systemen. Mede hierdoor is weinig informatie beschikbaar over de effectiviteit van sommige hard-kill systemen zoals ARENA; op papier zou het moeten werken, maar in de praktijk moet het nog worden aangetoond.

Een voordeel van een (goed werkend) actief pantser is dat het te beschermen voertuig niet of nauwelijks geraakt of beschadigd wordt. Hierbij is detectie van de inkomende dreiging cruciaal.

Een nadeel van hard-kill systemen is het gevaar voor bijvoorbeeld infanterie in de omgeving van het voertuig; denk bijvoorbeeld aan een detonerende gevechtsskop of aan de verschervende ladingen die worden afgevuurd door het actieve pantsersysteem. Bovendien wordt de eigen positie door het afvuren van allerlei tegenmaatregelen prijsgegeven.

- *Impactor en missilesystemen*

Een groot voordeel van deze systemen is dat door het selecteren van het af te vuren 'projectiel' de effectiviteit tegen vrijwel alle denkbare binnenkomende dreigingen kan toenemen. Hierbij kan zowel naar type als naar snelheid worden geoptimaliseerd. Een nadeel is het geavanceerde, en meestal duurere, sensor-systeem dat nodig is. Platen kunnen wellicht effectief gebruikt worden tegen KE-projectielen.

- *Fragmenting charge systemen*

Een groot voordeel van het gebruik van verschervende granaten boven die van een impactor-systeem is het feit dat de baan van de dreiging niet exact hoeft te worden bepaald (treffer is niet noodzakelijk/wenselijk), waardoor een goedkopere sensor kan worden gebruikt. Het enige systeem dat daadwerkelijk bestaat is het Russische ARENA-systeem. Dit systeem wordt in samenwerking met Duitsland verder geoptimaliseerd en ontwikkeld. Een voorlopig resultaat van verkennende proeven en demonstraties met het ARENA-systeem heeft de effectiviteit tegen Anti Tank Guided Missiles getoond. Een nadeel is dat het, voorlopig, geen bescherming biedt tegen munitie met hoge snelheden (boven 700 m/s) en *overflying-top-attack* missiles.

## 5 Aanbevelingen

Op basis van de uitgevoerde inventarisatie lijken twee veelbelovende concepten van hard-kill actieve pantsers de moeite waard om nader te onderzoeken:

- 1 een ARENA-achtig systeem;
- 2 een systeem waarbij platen in de richting van de dreiging worden afgevuurd.

Over de andere systemen, zoals CIWS, explosieve pantsers en autonome missile-systemen, zijn gegevens voorhanden om uitspraken over de uitwerking van de tegenmaatregel op de dreiging te kunnen doen.

*Ad 1* Het ARENA-systeem is, wegens de importantie van dit systeem, reeds nader bestudeerd (opdracht A96KL476 'Beproeving ARENA-systeem'). In deze korte studie werden *statische* experimenten uitgevoerd, waarbij de uitwerking van een 'ARENA-granaat' op de gevechtsskop van een Dragon missile werd geëvalueerd [7].

Een logisch vervolgonderzoek zou het uitvoeren van *dynamische* experimenten zijn. Zo wordt een indruk van de invloed van de snelheid van het inkomende missile op de uitwerking van een ARENA-granaat op het missile.

Ook zou het nuttig zijn een daadwerkelijk ARENA-granaatje te testen.

Verder zou gedacht kunnen worden aan het variëren van de scherfgrootte en/of het scherfmateriaal, zodat een beeld ontstaat van de kwetsbaarheid van de munitie als functie van deze parameters.

*Ad 2* Voor het deelproject aangaande versnelde platen kunnen oriënterende AUTODYN-berekeningen uitgevoerd worden die de werking van het systeem kunnen aantonen. Hierbij kan gedacht worden aan berekeningen waarbij de interactie tussen een inkomend projectiel (bijvoorbeeld een lange staafpenetrator) en een plaat wordt bestudeerd. De interactie kan resulteren in een beschadiging van het projectiel of een afbuiging van de baan van het projectiel. Deze effecten worden vertaald naar penetratievermogens of restsnelheid, zodat wederom een indruk van de effectiviteit van het actieve pantsersysteem kan worden verkregen. Bij de berekeningen kunnen de volgende parameters worden gevarieerd:

- de snelheid van het inkomende projectiel;
- de afmetingen van de treffende plaat;
- de (loodrechte) snelheid waarmee de plaat op het projectiel komt;
- de hoek waaronder de plaat op het projectiel komt.

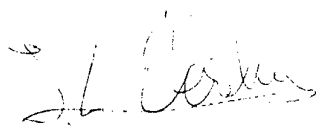
Ter validatie van de berekeningen zouden experimenten genomen moeten worden.

## 6 Referenties

De volgende referenties zijn geraadpleegd:

- 1 Boeschoten, Ir. R., et al.,  
'Defence Aid Suites (DAS) voor Pantservoertuigen',  
TNO-Rapport PML 1996-A30, Rijswijk, juli 1996.
- 2 Biverot, H.,  
'Improving the Odds. Sensors and the Science of Tank Survival',  
Jane's International Defense Review 3/1996, pages 28-33.
- 3 Carlsson, A.,  
'Weapon Systems' New Product Unit', Bofors News, Number 7,  
November 1995.
- 4 Essen, R. van,  
'Russisch 'actief pantser' geeft geheimen prijs', 'De onderofficier',  
ISSN 0166-8064, 1993, pagina's 227-230.
- 5 Hewish, M. en Ness, L.,  
'Shoot First, ask Questions Later. Smart Tanks Learn to Fend for Themselves',  
Jane's International Defense Review, 3/1996, pages 33-36.
- 6 Ness, L.,  
'Worldwide Development in Armour Modernisation', Cursus, Londen,  
Engeland, October 30th-November 1st 1995.
- 7 Reitsma, Dr. H.J. en Manders, Dr. ir. M.P.I.,  
Bron: Reisverslag, (beiden TNO-PML) naar DRA in 1995.
- 8 Verolme, J.L.,  
'Het actieve pantsersysteem ARENA. De verschervingskarakteristieken en  
uitwerking op een DRAGON-gevechtsskop', TNO-rapport PML 1996-A95,  
oktober 1996.

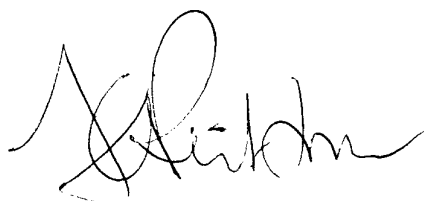
## 7 Ondertekening



Dr. ir. J.L. Verolme  
Projectleider/Auteur



Ir. Th.L.J. Keij  
Research Coördinator



Dr. H.J. Reitsma  
Groepshoofd

---

ONGERUBRICEERD  
**REPORT DOCUMENTATION PAGE**  
**(MOD-NL)**

<b>1. DEFENCE REPORT NO. (MOD-NL)</b> TD97-0003	<b>2. RECIPIENT'S ACCESSION NO.</b>	<b>3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO.</b> PML 1997-A3	
<b>4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO.</b> 231496065	<b>5. CONTRACT NO.</b> A96KL407	<b>6. REPORT DATE</b> January 1997	
<b>7. NUMBER OF PAGES</b> 15 (excl. RDP & distribution list)	<b>8. NUMBER OF REFERENCES</b> 8	<b>9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED</b> Final	
<b>10. TITLE AND SUBTITLE</b> Een overzicht van hard-kill actieve pantsersystemen (An overview of hard-kill active-armour systems)			
<b>11. AUTHOR(S)</b> J.L. Verolme			
<b>12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES)</b> TNO Prins Maurits Laboratory, P.O. Box 45, 2280 AA Rijswijk, The Netherlands Lange Kleiweg 137, Rijswijk, The Netherlands			
<b>13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)</b> DMKL/Afdeling Munitie P.O. Box 90822, 2509 LV The Hague, The Netherlands			
<b>14. SUPPLEMENTARY NOTES</b> The classification designation Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified.			
<b>15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE))</b> <p>This report gives an overview of hard-kill active armour systems. These systems are intended to protect the vehicle on which they are placed. They detect an incoming threat (e.g. an antitank missile) and try to minimize or fully eliminate the effects of this threat by some physical contact. This physical contact can be accomplished by firing for example a fragmenting projectile, EFP's or shaped charges, or plates.</p> <p>Although many systems of this kind have been found in the open literature, few have left the experimental stage to become an actual product.</p>			
<b>16. DESCRIPTORS</b> Active armor Hard-kill Military vehicles Protection			<b>IDENTIFIERS</b>
<b>17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT)</b> Ongerubriceerd	<b>17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE)</b> Ongerubriceerd	<b>17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT)</b> Ongerubriceerd	
<b>18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT</b> Unlimited Distribution		<b>17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES)</b> Ongerubriceerd	

## Distributielijst\*

- 1\*/2\* DWOO
- 3 DWOO
- 4 HWO-KL
- 5\* HWO-KLu
- 6\* HWO-KM
- 7/8 DMKL/Afdeling Munitie  
Maj. ir. G.L. Schonewille en Ing. J.C. Hoeneveld
- 9/10 DMKL, Afd. Manoeuvre  
Overste M. Hoogland en Ing. J. Westerduin
- 11 Bureau TNO-DO
- 12/14 Bibliotheek KMA
- 15\* Lid Instituuts Advies Raad PML  
Prof. B. Scarlett, M.Sc.
- 16\* Lid Instituuts Advies Raad PML  
Prof. ir. K.F. Wakker
- 17\* Lid Instituuts Advies Raad PML  
BGen. Prof. J.M.J. Bosch
- 18 TNO-PML, Directeur; daarna reserve
- 19 TNO-PML, Directeur Programma; daarna reserve
- 20 TNO-PML, Hoofd Divisie Wapens en Wapenplatformen  
Dr. R.R. IJsselstein
- 21/23 TNO-PML, Divisie Wapens en Wapenplatformen,  
Groep Munitie-uitwerking en Ballistische Bescherming  
Dr. H.J. Reitsma, Ir. Th.L.J. Keij en Dr. ir. J.L. Verolme
- 24 TNO-PML, Divisie Wapens en Wapenplatformen,  
Groep Wapeneffectiviteit, Programma Manager  
Dr. ir. M.P.I. Manders
- 25 TNO-PML, Divisie Wapens en Wapenplatformen,  
Groep Wapeneffectiviteit,  
Ir. R. Boeschoten
- 26 TNO-PML, Documentatie
- 27 TNO-PML, Archief

---

\* De met een asterisk (\*) gemerkte instanties/personen ontvangen uitsluitend de titelpagina, het managementuittreksel, de documentatiepagina en de distributielijst van het rapport.