



Lange Kleiweg 137
Postbus 45
2280 AA Rijswijk

www.tno.nl

T +31 15 284 30 00
F +31 15 284 39 91
info-DenV@tno.nl

TNO-rapport

TNO-DV 2007 A257

**Softwaremodule voor het simuleren
van de gevolgen van raketonderschepping**

Datum	juli 2007
Auteur(s)	dr. E. Abadjieva ir. R.P. Sterkenburg ir. F. Bouquet ir. P.W. Doup
Rubricering rapport	Ongerubriceerd
Vastgesteld door	Maj R.H. Jongkind
Vastgesteld d.d.	12 juni 2007 (Deze rubricering wijzigt niet)
Titel	Ongerubriceerd
Managementuittreksel	Ongerubriceerd
Samenvatting	Ongerubriceerd
Rapporttekst	Ongerubriceerd
Exemplaarnummer	21
Oplage	30
Aantal pagina's	16 (excl. RDP & distributielijst)
Aantal bijlagen	-

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.

© 2007 TNO

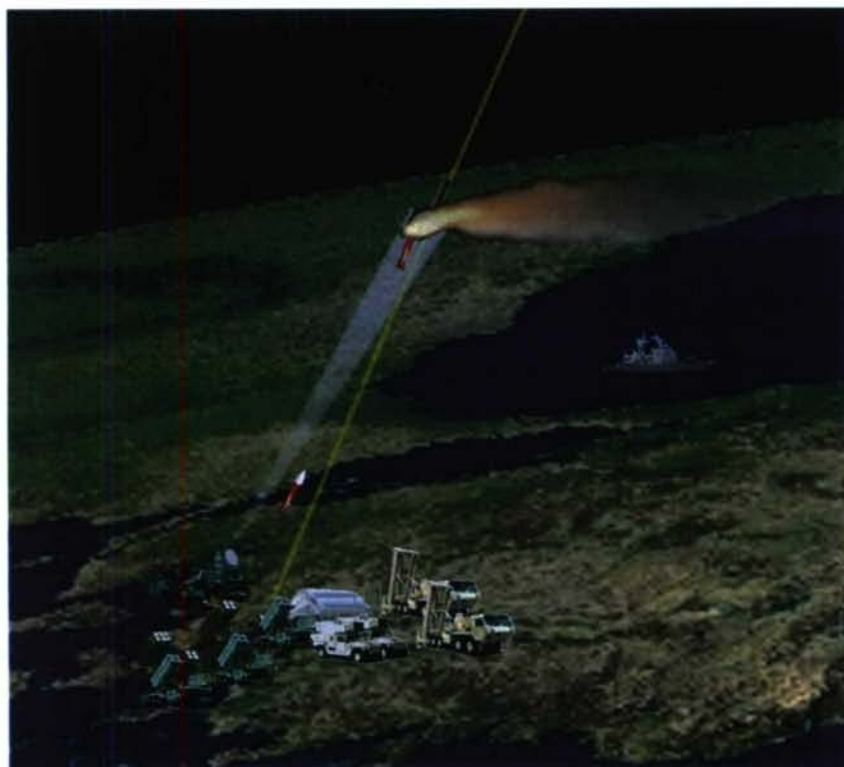
DISTRIBUTION STATEMENT A
Approved for Public Release
Distribution Unlimited

AQ F08-02-01343

20071126055

Softwaremodule voor het simuleren van de gevolgen van raketonderschepping

Voor de operationele luchtverdediging is het van belang om inzicht te verkrijgen in de gevolgen van onderschepping van projectielen en ballistische raketten gevuld met een chemische lading. Met behulp van de hier ontwikkelde softwaremodule is het programma HAPPIE in staat om deze gevolgen zichtbaar te maken onder operationele omstandigheden.



Probleemstelling

Voor de operationele luchtverdediging is het van belang om inzicht te verkrijgen in de gevolgen van onderschepping van projectielen en ballistische raketten gevuld met een chemische lading.

Als gevolg van een dergelijk optreden bestaat het gevaar dat uiterst giftige materialen op de grond terecht komen met alle gevolgen van dien voor niet alleen het

militaire personeel maar ook de aanwezige burgerbevolking.

Een tijdige waarschuwing en alarmering is dan van levensbelang, voor zowel de militaire eenheden als de burgerautoriteiten. Dit rapport geeft een technische beschrijving van een softwaremodule, die in staat is de grootte en ligging van de gevaarsgebieden te voorspellen.

Deze gebieden zijn het gevolg van

onderscheppingsacties van raketten en tactical ballistic missiles.

Deze softwaremodule kan door de Nederlandse krijgsmacht ingezet worden bij de planning van verdediging, bij het ontwikkelen van procedures en doctrines, bij het trainen van betrokkenen (operators, planners, commandanten, NBC'ers) en bij het beheersen van de gevolgen van onderscheppingen van raketten met B/C-lading.

Dit project in V502 is een overbrugging tussen programma's V004 (beëindigd in 2005) en V601 (start in de tweede helft van 2006) om te voorkomen dat er een gat in de werkzaamheden viel.

Beschrijving van de werkzaamheden

Er zijn twee belangrijke aspecten van het gedrag van de chemische lading bij onderschepping. Ten eerste, het opbreken c.q. overleven van het projectiel, submunities en agens op het moment van onderschepping. Ten tweede, het gedrag (baan, verspreiding, verhitting, bezwijken) van submunities tijdens hun baan naar beneden en van het agens dat zij bevatten. Deze processen werden in een ketenmodel verenigd en aanvankelijk in Matlab geprogrammeerd en vervolgens in de softwaremodule van het HAPPIE-pakket ingevoegd.

De integratie van het softwarepakket met andere relevante door de NAVO standaard gebruikte NBC-software is met succes getest in operationele omstandigheden tijdens de JPOW-oefening in 2006 te Griekenland.

Resultaten en conclusies

Via deze softwaremodule is het HAPPIE-programma in staat om de gevolgen van een onderschepping van een raket of TBM gevuld met een chemische lading in kaart te brengen. Door rekening te houden met processen die het gedrag van de chemische lading als gevolg van de opwarming door luchtverwrijving kunnen beschrijven wordt een nauwkeurige inschatting van het risico verkregen. De ontwikkelde softwaremodule kan door de Nederlandse krijgsmacht

ingezet worden voor de hierboven genoemde doeleinden.

Toepasbaarheid

Het HAPPIE-programma is toepasbaar voor de uitvoering van dreigingstudies en als gereedschap bij het uitvoeren van planningen op het gebied van luchtverdediging. Tevens is het inzetbaar gebleken tijdens operaties om snel een inzicht te krijgen in de omvang van een te verwachten gevaarsgebied. Via de nu ontwikkelde softwaremodule kan de gebruiker de gevolgen van de onderschepping van projectielen met chemische lading beter in kaart brengen en maatregelen definiëren.

Contact en rapportinformatie

Lange Kleiweg 137
Postbus 45
2280 AA Rijswijk

T +31 15 284 30 00
F +31 15 284 39 91

info-DenV@tno.nl

TNO-rapportnummer
TNO-DV 2007 A257

Opdrachtnummer
-

Datum
juli 2007

Auteur(s)
dr. E. Abadjieva
ir. R.P. Sterkenburg
ir. F. Bouquet
Ir. P.W. Doup

Rubricering rapport
Ongerubriceerd

PROGRAMMA	PROJECT
Programmabegeleider KTZ M.J.W. Neuteboom, Defensie Interservice Commando	Projectbegeleider Maj R.H. Jongkind, Joint Kennis Centrum (JKC) NBC
Programmaleider dr. R. Busker, TNO Defensie en Veiligheid, businessunit 4	Projectleider ir. R.A. Rumley-van Gorp, TNO Defensie en Veiligheid, businessunit 4, DB
Programmatitel Passieve verdediging tegen NBC-wapens	Projecttitel v502 8.2 ontwikk. software missile def
Programmanummer V502	Projectnummer 014.17721
Programmaplanning Start 1 januari 2006 Gereed 31 december 2009	Projectplanning Start 1 januari 2006 Gereed 31 december 2006
Frequentie van overleg Met de programma/project- begeleider werd 4 maal gesproken over de invulling en de voortgang van het onderzoek.	Projectteam ir. R.P. Sterkenburg dr. E. Abadjieva ir. F. Bouquet ir. P.W. Doup ir. W. Keijzer

Samenvatting

Onder het nationale Nederlandse programma Joint Air Defence (V004) is een keten van modellen ontwikkeld: HAPPIE (Hazard Area Prediction by Perturbations In Ensembles). Het programma simuleert de onderschepping van ballistische raketten en de hierop volgende effecten op de grond. Het gevareng gebied wordt berekend aan de hand van het Missile Intercept Report (MIR), het Chemical Downwind Report (CDR) en het Basic Wind Report (BWR) die in overeenstemming zijn met de ATP-45 normering. Het programma zal gebruikt worden voor waarschuwingsberichten in real-time maar ook voor Joint Air Defence (JAD) planningsoperaties om de configuratie van luchtverdedigingssystemen in het inzetgebied te optimaliseren. HAPPIE zal worden uitgebreid met enkele nieuwe submodules die het gedrag van het puin en het opbreken van de druppels beschrijven voor onderscheppingen boven de 200 km. Dit rapport geeft een overzicht van de fysische modellen die het gedrag van de chemische agentia beschrijven tijdens het afdalen na een onderschepping.

Inhoudsopgave

	Managementuittreksel	2
	Samenvatting.....	4
1	Inleiding.....	6
2	Beschrijving van de modelketen in HAPPIE.....	7
2.1	Algemene ketenbeschrijving	7
2.2	Dispersiemodel	8
2.3	Verdampingsmodellen	9
2.4	Meteorologisch model	10
2.5	DEBRIS model voor het gedrag van submunities	10
2.6	Debut06-model voor het opbreken van de vloeistof	11
2.7	Input en output	11
2.8	Communicatiesysteem en toepassingen	12
3	Conclusies.....	14
4	Referenties.....	15
5	Ondertekening	16

1 Inleiding

TNO beschikt momenteel over simulatieprogramma's om de verspreiding van chemische strijdmiddelen in klassieke oorlogsscenario's te simuleren en de gevolgen van dergelijke incidenten in kaart te brengen.

Simulatieprogramma's die het vrijkomen van industriële chemicaliën kunnen beschrijven en programma's die de gevolgen van terroristische aanvallen zijn momenteel in ontwikkeling in TNO.

Simulatieprogramma's voor dreigingsanalyse moeten in staat zijn om verschillende scenario's te kunnen simuleren onder uiteenlopende omstandigheden en inclusief aanvallen met CBRN agentia. Het is van belang voor de operationele luchtverdediging om inzicht te verkrijgen in de gevolgen van onderschepping van projectielen en ballistische raketten.

Om de hierboven geschetste onderscheppingsincidenten te kunnen behandelen, is het pakket HAPPIE ontwikkeld. Deze module bevat een keten van fysische modellen die het gedrag van het agens, de meteorologische condities en de gevolgen van het incident op de grond beschrijven.

Dit pakket kan ingezet worden bij de uitvoering van dreigings- en effectsstudies of in operationele context op het gebied van verwerking van waarschuwings- en meldingsberichten.

Dit rapport bevat een technische en kwalitatieve beschrijving van de modelmatige aanpak en van de fysische achtergrond van de verschillende deelmodellen.

De operationele doelstelling van dit project is te bewerkstelligen dat de CBRN simulatiesoftware door de NL krijgsmacht ingezet kan worden bij de planning van verdediging, bij het ontwikkelen van procedures en doctrines, bij het trainen van betrokkenen (operators, planners, commandanten, NBC'ers) en bij het beheersen van de gevolgen van onderscheppingen van raketten met B/C lading.

Deze werkzaamheden leiden tot het vergroten van de kennis van de belangrijkste processen die een rol spelen bij:

- het opbreken c.q. overleven van de warhead, submunities en agens op het moment van onderschepping; voornamelijk de initiële verspreiding en druppelgrootte.
- het gedrag (baan, verspreiding, verhitting, bezwijken) van submunities tijdens hun baan naar beneden en van het agens dat zij bevatten.

Dit project in V502 is een overbrugging tussen de activiteiten binnen programma V004 (beëindigd in 2005) en die binnen V601 (start in de tweede helft van 2006) om te voorkomen dat er een gat in de werkzaamheden viel.

2 Beschrijving van de modelketen in HAPPIE

2.1 Algemene ketenbeschrijving

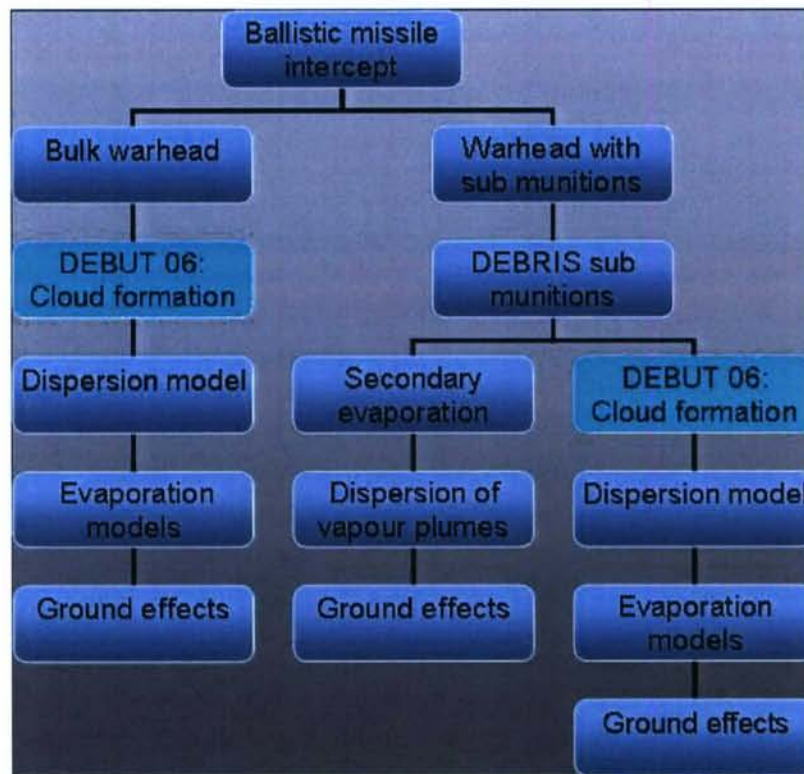
Om een voorspelling te kunnen doen over de gevolgen op de grond ten gevolge van de onderschepping van een raket met chemische lading moet de hele serie van gebeurtenissen die plaats zou kunnen vinden worden gesimuleerd. Beginpunt van deze simulatieketen is het beschrijven van het gedrag direct na de onderschepping van een raket. Zoals hieronder wordt beschreven maken we in het simulatieproces onderscheid tussen ballistische raketten met twee soorten *warheads* gevuld met chemische agentia. De ballistische raket kan of een bulkloading bevatten of een lading, bestaande uit submunities.

Na onderschepping van een raket met bulkloading vormt zich een wolk van vrijgekomen strijdmiddel. De druppels in de wolk kunnen worden beschreven met behulp van hun initiële druppelgrootteverdeling. Omdat de druppels vrijkomen bij zeer hoge snelheden, zullen de druppels in meerdere stappen opbreken en verdampen. Dit leidt tot een bredere druppelgrootteverdeling die afhankelijk is van het type chemisch strijdmiddel, snelheid van de raket enz. De druppels zullen zich bij hun daling naar de grond afhankelijk van de weerscondities verspreiden. Een deel van de vloeistofmassa zal verloren gaan ten gevolge van verdamping. Dit verdampingsproces genereert secundaire 'wolken' (puffs) die vervolgens op hun beurt zich zullen verspreiden.

De vloeibare massa die uiteindelijk op de grond terecht komt zal daar gaan verdampen en additionele damppluimen vormen.

Voor een raket gevuld met een lading van submunities kunnen zich een aantal scenario's voordoen. Allereerst zal een deel van de submunities vernietigd worden waarbij een gedeelte van het strijdmiddel, daardoor op onderscheppingshoogte vrij komt. De overige submunities zullen met grote snelheid naar beneden vallen en door frictiekrachten verhit worden. Als gevolg hiervan zal een deel van submunities verloren gaan en de lading zal tussen de onderscheppingshoogte en de grond vrijkomen. Ontleding van het agens door het verhittingsproces in de submunitiehuls is ook mogelijk. Ten derde is het mogelijk dat enkele van de submunities onbeschadigd de grond bereiken en daar hun lading vrij laten komen. Om ieder van deze processen te beschrijven is een keten van fysische modellen ontwikkeld.

Figuur 1 geeft deze keten schematisch weer.



Figuur 1 Schematisch overzicht van de modelketen die is geïmplementeerd in HAPPIE.

2.2 Dispersiemodel

De initiële wolk die de druppels bevat wordt gedefinieerd als een serie van ‘puffs’ met een Gauss verdeling zoals gegeven in formule (1) en (2). Elke puff komt overeen met een druppelklasse met een bepaalde diameter. De concentratie ruimtelijke verdeling $C(x,y,z)$ wordt verondersteld te benaderen te zijn met een Gauss verdeling, waarbij de standaarddeviaties σ_x , σ_y , σ_z afhankelijk zijn van de massa, die puff $m(t)$ bevat.

$$C(x, y, z, t) = m(t) \cdot E_x \cdot E_y \cdot E_z \quad (1)$$

$$E_x = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_x} \cdot \exp\left(-\frac{(x - x_c)^2}{2\sigma_x^2}\right) \quad (2)$$

De termen E_y en E_z kunnen analoog aan voorgaande E_x beschreven worden. Hierin zijn x , y en z de coördinaten van het zwaartepunt van de puff. De damp-puffs worden achtereenvolgens in tijdstappen gegenereerd met constante massa en standaarddeviaties, gelijk aan die van initiële puffs bij de overeenkomende tijdstap.

De dispersie van zowel de vloeistof- als de damp-puffs wordt gemodelleerd als een puff die in alle richtingen expandeert, zoals gegeven door (3) en (4).

$$\sigma_{xy} = f(x, a, b, u(z_i)) \quad (3)$$

$$\sigma_z = f(x, z_0, c, d) \quad (4)$$

Hierin is x de afgelegde afstand, a, b, c, d zijn constanten die van de meteorologische Pasquill-stabiliteitsklassen afhankelijk zijn, u is de wind snelheid op hoogte z_i en z_0 is de ruwheidlengte. De dispersie van de vloeibare puffs heeft een correctiefactor die voor het massaverlies van de verdamping corrigeert. Uiteindelijk worden de concentratie, de depositie en de dosis berekend uit de sommatie van alle puffs en pluimen zoals gegeven in (5) tot (7).

$$C(x, y, z, t) = \sum_i C_{puff,i}(x, y, z, t) + \sum_j C_{plume,j}(x, y, z, t) \quad (5)$$

$$G(x, y, t) = \int_{-\infty}^{\infty} C(x, y, z, t) dz \quad (6)$$

$$D(x, y, z, t) = \int_0^t C(x, y, z, \tau) d\tau \quad (7)$$

2.3 Verdampingsmodellen

2.3.1 Primaire verdampingsmodellen

De primaire verdamping van de vallende druppels wordt gemodelleerd als een iteratief proces, zoals gegeven in (8).

$$\frac{dm}{dt} = -2\pi R D S h C_s \quad (8)$$

Hierin is R de radius van de druppel, D de diffusiecoëfficiënt van de druppel, C_s is de verzadigingsconcentratie van de druppel bij T_s , de oppervlaktetemperatuur van de druppel. Het Sherwoodgetal (Sh) is afhankelijk van de massaoverdrachts-coëfficiënt, en wordt bepaald door vloeistofeigenschappen als viscositeit, dampdruk en diffusiviteit. Bij elke iteratiestap wordt een damppluif gegenereerd zoals beschreven door (1) en (2).

2.3.2 Secundaire verdampingsmodel

Voor de verdamping van druppels van het oppervlak wordt het Monaghan-model gebruikt [2]. Het model relateert de verdampingssnelheden aan de druppeldiameter, de dampdruk en het type terrein. Het maakt onderscheid tussen twee fases in het verdampingsproces, beide met een constante verdampingssnelheid. Het model houdt ook rekening met een laatste fase waar de verdamping stopt, waarbij wordt aangenomen dat de resterende vloeistof permanent geabsorbeerd blijft aan het substraat. De drie fases in het model van Monaghan worden aangegeven met de tijd waarop de druppel inslaat t_{imp} , een steady-state tijd t_{ss} en de totale verdampingstijd t_e . De constante verdampingssnelheden q_1 , q_2 en q_3 in alle fases zijn:

$$q_1 = m_i \cdot \frac{1 - f_{ss}}{t_{ss} - t_{imp}} \quad (9)$$

$$q_2 = m_i \cdot \frac{f_{ss} - f_{te}}{t_{te} - t_{ss}} \quad (10)$$

$$q_3 = 0 \quad (11)$$

Hierin is f de fractie van overgebleven vloeistof op de bovengenoemde tijden.

Een nieuw model voor de secundaire verdamping wordt op dit moment ontwikkeld. Na experimentele validatie zal dit model worden toegevoegd aan de modelketen.

2.4 Meteorologisch model

Monte-Carlo procedures simuleren de windrichting, windsnelheid en de Pasquill klasse. De actuele windrichting behorende bij een enkele realisatie wordt verondersteld Gauss verdeeld te zijn rond de voorspelde windrichting. Een systematische frequentieverdeling van deze drie parameters wordt gegenereerd. De meteorologische condities worden gedefinieerd als een willekeurige combinatie van de drie parameters. Alle mogelijke combinaties van meteorologische condities vormen een ensemble met een representatieve frequentieverdeling. De parameters die deze verdeling beschrijven zijn ontleend aan de gegevens van 30 weermeetstations in Duitsland gedurende een periode van 14640 uur. De gemeten gegevens waren windsnelheid, windrichting, atmosferische stabiliteit, temperatuur, vochtigheid, weersverschijnselen en bedekkingsgraad van het wolkendeck.

2.5 DEBRIS model voor het gedrag van submunitities

Het DEBRIS model bepaalt de letaliteit van de submunitities, die de onderschepping van de TBM overleefd hebben. Daarvoor is het belangrijk of de submunitie de aerodynamische verhitting gedurende de daling kan overleven en of de strijdmiddel-lading nog steeds letaal is.

Bij voldoende verhitting is het mogelijk dat het strijdmiddel dusdanige chemische veranderingen ondergaat dat het gedurende de daling geheel of gedeeltelijk omgezet wordt in andere, minder giftige stoffen [1].

Het DEBRIS model simuleert de baan en de aerodynamische verhitting van de submunitie en de mogelijke thermische ontleding van de strijdmiddel lading. De aerodynamische verhitting is afhankelijk van de vorm en het materiaal van de submunitie, de ejectiesnelheid (snelheid waarmee de submunities de onderscheppingszone verlaten) en de hoogte waarop de submunitie vrijkomt. Thermische ontleding vindt plaats als gevolg van warmteoverdracht tussen de submunitie huls en de vloeistoflading. Deze warmteoverdracht is afhankelijk van zowel de materiaaleigenschappen van de schil als van fysisch-chemische eigenschappen van de strijdmiddellading.

2.6 Debut06-model voor het opbreken van de vloeistof

Het DEBUT06 model berekent de dimensies van de agenswolk, de druppelgrootte-verdeling en het aanvankelijke verlies aan massa na onderschepping van een TBM die een chemische lading bevat. Processen die dit gedrag beïnvloeden zijn: druppelopbreking, verdamping en aerodynamische verhitting.

Het opbrekingsproces van druppels en de wolkvorming hangen sterk af van het Webergetal (We), dat een dimensieloze combinatie is van dynamische druk, druppelgrootte en oppervlaktespanning van de druppel. De verdampingssnelheid van de druppel hangt af van de aerodynamische verhitting. Voor die laatste factor zijn de snelheid van het projectiel, de hoogte waarop de onderschepping plaatsvindt en de ejectiesnelheid van de submunitie de belangrijkste parameters.

Het model zal verder ontwikkeld worden voor niet-Newtonse vloeistoffen om ook het gedrag van verdikte strijdmiddelen te kunnen beschrijven.

2.7 Input en output

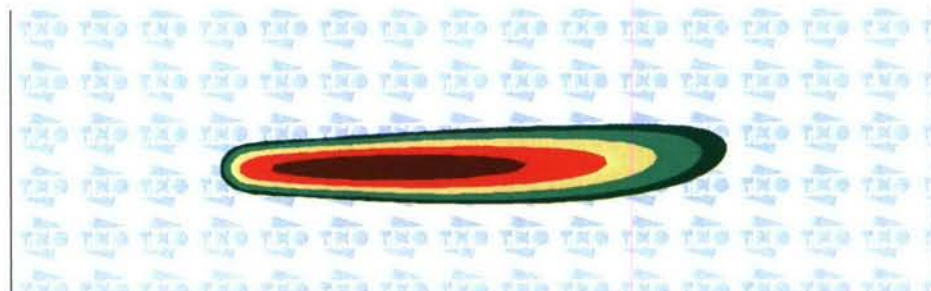
De input informatie wordt gegeven in de vorm van MIR (Missile Intercept Report/intercept report) CDR (Chemical Downwind Report/downwind report) en BWR (Basic Wind Report/wind report) berichten die in overeenstemming zijn met de ATP-45 normering. Tabel 1 geeft weer welke informatie deze berichten bevatten.

Tabel 1 Inhoud van de input berichten MIR, CDR en BWR.

Naam	Bevat de volgende informatie
MIR	Lokatie van de onderschepping, lokatie van het predicted impact point, de snelheid en richting van de raket, het type raket en warhead en het type strijdmiddel.
CDR	Weersomstandigheden aan de grond: windrichting, -snelheid, atmosferische stabiliteit, temperatuur, luchtvochtigheid, significante weersverschijnselen
BWR	Windrichtingen en -snelheden in de hogere luchtlagen, in lagen van 2 km, tot 30 km hoogte.

Het programma zal de vloeistofdepositie patronen, de waarschijnlijkheids-contourniveaus (het gebied waarbinnen de dosis met een bepaalde waarschijnlijkheid een bepaalde waarde overschrijdt bijvoorbeeld de ID50), het dosis patroon en de rest massa van het agens op de grond als output geven.

Een voorbeeld staat gegeven in figuur 2.



Figuur 2 Voorbeeld van de depositie op de grond zoals berekend door HAPPIE.

2.8 Communicatiesysteem en toepassingen

HAPPIE beschikt over de communicatiemogelijkheden die gebruik mogelijk maken tijdens uitvoering van TBM oefeningen zowel als plannings-hulpmiddel als voor waarschuwings- en meldingsdoeleinden. Het voldoet aan de NATO ATP-45 standaard. HAPPIE is in staat om met andere programma's/gebruikers te communiceren via DIS, LAN en HLA. In 2007 zal Link-16 daaraan worden toegevoegd. De laatste is een radiocommunicatiesysteem tussen alle onderdelen van het luchtdefensiesysteem, inclusief grondstations, vaartuigen en platformen in de lucht. In de militaire oefening JPOW IX 2006, die plaatsvond in Griekenland, is HAPPIE toegepast om de effecten op de grond te bepalen, na een onderschepping van een ballistische raket, om daarna een waarschuwingsbericht te doen uitgaan.

HAPPIE heeft daarbij aangetoond dat het een meerwaarde kan hebben in zowel de planningsfase als de uitvoeringsfase van een luchtverdedigingoperatie. Zeker nu de PATRIOT-systemen van PAC-3 software en missies worden voorzien en de operator de door HAPPIE berekende gevolgen van een onderschepping kan invoeren in zijn vuurleidingssysteem zodat ongecontroleerde besmetting van het te verdediging object of een eigen eenheid voorkomen kan worden.

Problemen die zich voordeden in de software werden onmiddellijk opgelost door de softwareontwikkelaar van TNO. Tijdens JPOW is er nagenoeg dagelijks een update op het programma uitgevoerd. Deze vorm van ondersteuning is voor zowel spelers als voor de ontwikkeling van de software ontwikkelaar een pré hetgeen resulteert in grote stappen vooruit en een integratie van het systeem in de totale omgeving.

Het gebruikersgemak van HAPPIE is naar een hogere peil gebracht en het systeem is uitstekend te gebruiken voor de taak die binnen Future Ops van de FPCP past.

Figuur 3 toont een voorbeeld van de simulatie tijdens de oefening (boven) en het resultaat van de berekening voor de effecten op de grond (onder).



Figuur 3 Simulatie van een onderschepping van een raket tijdens de JPOW IX (boven) en het voorspelde gevaregebied (onder).

3 Conclusies

Met het beschreven ketenmodel is HAPPIE in staat om de gevolgen van een onderschepping van een raket of TBM gevuld met een chemische lading in kaart te brengen. Door rekening te houden met processen die het gedrag van de chemische lading als gevolg van de opwarming door luchtwrijving kunnen beschrijven wordt een nauwkeurige inschatting van het risico verkregen. Het HAPPIE programma is toepasbaar voor de uitvoering van dreigingsstudies en als gereedschap bij het uitvoeren van Air Defense planning. Tevens is het gebleken inzetbaar te zijn tijdens operaties om snel een inzicht te krijgen in de omvang van een te verwachten gevaarsgebied.

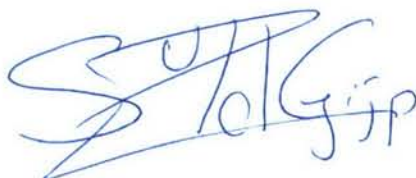
4 Referenties

- [1] Bouquet, F.; Hof, G. van 't en Bergers, W.W.A.,
*Ground Effects after Intercept of a Ballistic Missile
with Chemical Submunitions*,
TNO-rapport PML 2003-A75.
- [2] Beest, C.A. van; Hin, A. en Hof, G. van 't en Sterkenburg, R.P.,
Scientific manual RAP 2000.

5 Ondertekening

Rijswijk, juli 2007

TNO Defensie en Veiligheid

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'S. van der Gijp'.

dr. S. van der Gijp
Afdelingshoofd

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'E. Abadjieva'.

dr. E. Abadjieva
Auteur

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'R.A. Rumley-van Gurp'.

ir. R.A. Rumley-van Gurp
Projectleider

ONGERUBRICEERD
REPORT DOCUMENTATION PAGE
(MOD-NL)

1. DEFENCE REPORT NO (MOD-NL) TD2007-0128	2. RECIPIENT'S ACCESSION NO -	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO TNO-DV 2007 A257
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO 014.17721	5. CONTRACT NO -	6. REPORT DATE July 2007
7. NUMBER OF PAGES 16 (excl RDP & distribution list)	8. NUMBER OF REFERENCES 2	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Final
10. TITLE AND SUBTITLE The Dutch program for the simulation of missile intercept effects (Softwaremodule voor het simuleren van de gevolgen van raketonderschepping)		
11. AUTHOR(S) Dr E. Abadjieva, MSc R.P. Sterkenburg, MSc F. Bouquet, MSc P.W. Doup, MSc		
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) Joint Kenniscentrum NBC P.O. Box 10151, 5260 GC Vught, The Netherlands		
14. SUPPLEMENTARY NOTES The classification designation Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified, Stg. Confidentieel is equivalent to Confidential and Stg. Geheim is equivalent to Secret.		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE)) A national program in The Netherlands on Joint Air Defence (JAD) includes the development of a chain of models called HAPPIE (Hazard Area Prediction by Perturbations in Ensembles). It simulates ballistic missile intercepts and the consequence effects on the ground. The hazard area is calculated as a function of the ATP-45 compliant MIR (Missile Intercept Report), CDR (Chemical Downwind Report) and BWR (Basic Wind Report) messages. The program will be used for both real-time warning purposes and for JAD planning purposes, to optimize the configuration in the battle field of the air defence weapon systems. HAPPIE will be extended with several new sub-models, describing the debris behavior and the drop break-up at altitudes above 200 km after an intercept. This paper aims to provide an overview of the physical models which describe the chemical agents' behaviour during descending after an intercept.		
16. DESCRIPTORS Missile defence Intercept Hazard area prediction Operational Warning and reporting		IDENTIFIERS -
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) Ongerubriceerd	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) Ongerubriceerd	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) Ongerubriceerd
18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT Unlimited Distribution		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) Ongerubriceerd

ONGERUBRICEERD

Distributielijst

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

- | | |
|-------|--|
| 1 | DMO/SC-DR&D
standaard inclusief digitale versie bijgeleverd op cd-rom |
| 2/3 | DMO/DR&D/Kennistransfer |
| 4 | DMO/ Directie Beleid/DR&D/Cluster 2
KTZ J. Wind |
| 5 | Programmabegeleider V502
KTZAR M.J.W. Neuteboom |
| 6 | DMO/Directie Beleid/DR&D/Cluster 2
KLTZE ir. W.W. Schalkoort |
| 7 | DMO/Directie Beleid/DR&D/Cluster 2
LTZ2 ir. N.G. Pullen |
| 8 | DMG
Cdre A.J. van Leusden, Directeur Militaire Gezondheidszorg |
| 9 | CDC/BGGZ
Kol-arts H.A. Gerretsen MPH |
| 10 | CDC/BGGZ/CEMG
A.S. de Koning, arts
standaard inclusief digitale versie bijgeleverd op cd-rom |
| 11/12 | DMIVD, Kabinet |
| 13 | Militaire Inlichtingen- en Veiligheidsdienst
Drs. E. Buijs |
| 14 | BS/DS/DOBBP/B
Maj B. Doesburg-Smits |
| 15 | CJKC NBC,
Ltkol C.A. Bourgondiën
standaard inclusief digitale versie bijgeleverd op cd-rom |
| 16 | Mindef/DMO/DWS&B/RLS&B/Logistieke systemen
Kol ir. M.B.G. Mulder |
| 17 | BS/AL/CDS/D-OB BP/Res.OB/Afd.OpBel./Sectie A
Maj H. Boom |
| 18 | C-JNBC School
Maj M.J.M. Donkers |
| 19 | H.G.B. Reulink
LBBKL/KPU-bedrijf |

- 20 Mindef/DMO/Matlogco/Systeemgroep WTS
ir. A.A.M. Slagveer
- 21/23 Bibliotheek KMA
- 24 TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk,
Programmaleider V502
dr. R.W. Busker
- 25 TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk,
Manager BC Bescherming (operaties), ir. R.J.A. Kersten
- 26 TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk,
Business Unit BC Bescherming,
Dr. J.P. Langenberg
- 27/30 TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk,
Business Unit BC Bescherming,
dr. E. Abadjieva, ir. R.P. Sterkenburg, ir. F. Bouquet, ir. P.W. Doup

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

4 ex.	DMO/SC-DR&D
1 ex.	DMO/ressort Zeesystemen
1 ex.	DMO/ressort Landsystemen
1 ex.	DMO/ressort Luchtsystemen
2 ex.	BS/DS/DOBBP/SCOB
1 ex.	MIVD/AAR/BMT
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, Algemeen Directeur, ir. P.A.O.G. Korting
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, Directie Directeur Operaties, ir. C. Eberwijn
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, Directie Directeur Kennis, prof. dr. P. Werkhoven
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, Directie Directeur Markt, G.D. Klein Baltink
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 Informatie en Operaties (operaties), ir. P. Schulein
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk, Manager Bescherming, Munitie en Wapens (operaties), ir. P.J.M. Elands
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Soesterberg, Manager Human Factors (operaties), drs. H.J. Vink
1 ex.	Lkol H. Evertse DS/IMS/Afd. Navo-EU/Stafofficier Navo, nucleaire en non-proliferatiezaken
1 ex.	D.M. van Weel HDAB
1 ex.	Drs. E.S.A. Brands DJZ/IJB
1 ex.	Ltkol A. Solkesz HDP/DPB
1 ex.	Maj R.F.M. Schröder Las/PBDL/OB