TOTALFÖRSVARETS FORSKNINGSINSTITUT

FOI-R--1006--SE
December 2003
ISSN 1650-1942

Användarrapport

Rickard Forsén, Mattias Unosson

Skydd av anläggningsplattformar mot precisionsvapen

Vapen och skydd
147 25 Tumba

TOTALFÖRSVARETS FORSKNINGSINSTITUT
Vapen och skydd
147 25 Tumba

FOI-R--1006--SE
December 2003
ISSN 1650-1942

Användarrapport

Rickard Forsén, Mattias Unosson

Skydd av anläggningsplattformar mot precisionsvapen

Utgivare	Rapportnummer, ISRN	Klassificering
Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Vapen och skydd 147 25 Tumba	FOI-R--1006--SE	Användarrapport
	Forskningsområde 5. Bekämpning	
	Månad, år December 2003	**Projektnummer** E2011
	Verksamhetsgren 5. Uppdragsfinansierad verksamhet	
	Delområde 53 Skydd och anläggningsteknik	

Författare/redaktör	Projektledare
Rickard Forsén Mattias Unosson	Johan Magnusson
	Godkänd av Helena Bergman
	Uppdragsgivare/kundbeteckning Förrsvarsmakten
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig

Rapportens titel

Skydd av anläggningsplattformar mot precisionsvapen

Sammanfattning (högst 200 ord)

Vapen med allt bättre precision och penetrationsförmåga aktualiserar behovet av varnings- och motverkanssystem för anläggningsplattformar. Överlevnadsförmågan för en anläggningsplattform som skyddas av ett varnings- och motverkanssystem beror på hotbilden, egenskaperna hos varnings- och motverkanssystemet och skyddsobjektets (anläggningsplattformens) egenskaper. I rapporten presenteras på en övergripande nivå olika hot för en anläggning i ”mellanklass”, liksom olika verkansprinciper för motverkansstridsdelar. Vidare presenteras en översiktlig metodik för strukturering, analys och värdering av ett varnings- och motverkanssystem för en anläggningsplattform. Metodiken exemplifieras med ett fall där en anläggning i ”mellanklass” attackeras av penetrerande vapen.

Nyckelord

precisionsvapen, tandemladdning, anläggningsplattform, varnings- och motverkanssystem

Övriga bibliografiska uppgifter	**Språk** Svenska
ISSN 1650-1942	**Antal sidor:** 31 s.
Distribution enligt missiv	**Pris: Enligt prislista**

Issuing organization	Report number, ISRN	Report type
FOI – Swedish Defence Research Agency Weapons and Protection SE-147 25 Tumba	FOI-R--1006--SE	User report
	Programme Areas 5. Combat	
	Month year December 2003	**Project no.** E2011
	General Research Areas 5. Commissioned Research	
	Subcategories 53 Protection and Fortification	
Author/s (editor/s) Rickard Forsén Mattias Unosson	**Project manager** Johan Magnusson	
	Approved by Helena Bergman	
	Sponsoring agency Swedish armed forces	
	Scientifically and technically responsible	

Report title (In translation)

Protection of fortifications against precision engagement

Abstract (not more than 200 words)

Weapons with enhanced precision and penetration capability enforce an investigation of the necessity of a defensive aid suite technology for protective structures. The survivability of a protective structure protected by a defensive aid suite depends on the threat, the properties of the defensive aid suite and the properties of the object of protection (the protective structure). In this report different threats for a “medium class” protective structure and different warhead mechanisms for the counter measures are presented on a general level. Further, a general methodology for structuring, analysing and evaluating the defensive aid suite for a protective structure is presented. Finally, the methodology is applied to an example where a “medium class” protective structure is attacked by a penetrating weapon.

Keywords

precision engagement, multiple warhead, protective structure, defensive aid suite

Further bibliographic information	**Language** Swedish
ISSN 1650-1942	**Pages** 31 p.
	Price acc. to pricelist

Innehåll

1. Introduktion 7
2. Studieobjekt 9
2.1 Skyddsobjekt 9
2.2 Hotbild 10
2.2.1 Vapensystem 10
2.2.2 Stridsdelsprinciper 11
2.3 Motåtgärder 13
2.3.1 Verkansprinciper 13
3. Analysmetod 17
3.1 Motåtgärdsmatrisen 17
3.2 Händelseträd 17
4. Resultat 23
5. Diskussion 27
Referenser 29

1. Introduktion

Anläggningsplattformar har normalt ett mycket gott skydd mot vapenverkan jämfört med fordon och farkoster. En anledning är att skyddssystemen (förutom flyttbara och snabbyggda skydd) inte på samma sätt som för fordon och farkoster begränsas av massan. Penetrerande vapens prestanda utvecklas emellertid hela tiden både vad gäller penetrationsförmåga och träffsannolikhet. Detta aktualiserar studium av möjligheten att komplettera det strukturella skyddet dels med konceptuella skydd t.ex. maskering, och dels med varnings- och motverkanssystem.

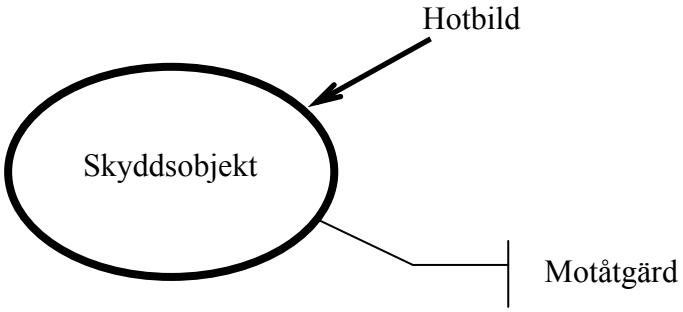
Den här rapporten fokuserar helt på varnings- och motverkanssystem. De huvudsakliga faserna i ett varnings- och motverkanssystem är detektion, utskjutning, leverans, initiering och verkan. I den här rapporten behandlas i stort sett uteslutande endast den sista fasen av dessa, nämligen verkan.

Tidigare studier på FOI inom området varnings- och motverkanssystem för olika skyddsobjekt innefattar bl.a. Hansson (2002), Hansson och Tarras-Wahlberg (1998), Tarras-Wahlberg (1998), Bratt, Dickman och Svensson (1997), Sjölander och Dickman (1996), Lindqvist, Andersson, Forsberg, Forsén, Holm, Hägglund, Laine, Liljegren, Pers, Tollbom och Åström (1997), Hansson (2001), Tarras-Wahlberg och Sjöberg (1995), Beckman (1996), och Bergman (1997).

En utländsk studie av varnings- och motverkanssystem för stridsvagnar är Vives, Bouchaud, Verriele och Touzelin (2002). Ett annat exempel är det s.k. Small-low cost interceptor device (SLID) under utveckling hos Boeing för fordon, helikoptrar och mjuka mål. Bekämpningsavståndet för detta system är i storleksordningen 250 m, se Boeing (2003). Stridsdelen består av en 7 kg tung projektil med diameter 10 cm och längd 53 cm. Data från Jane's (2003).

Den huvudsakliga avsikten med den här rapporten är att tydliggöra problemområdets vidd och att grovt redovisa en princip för analys och värdering av olika motverkanssystem. Principen för analys kommer att grovt exemplifieras för ett skyddsobjekt, ett hot och en motåtgärd. Det bör emellertid betonas att inom ramen för projektet har det inte funnits möjlighet att använda matematiska modeller för sannolikhetsberäkningar för verkan, utan grova antaganden har måst göras.

Val av lämpliga motåtgärder för minimering av skador på ett mål som angrips av ett vapen och förmågan hos motåtgärderna att minska skadeverkningarna är beroende dels av angripande vapen (hotet) och dels av målet (skyddsobjektet), se Fig. 1.



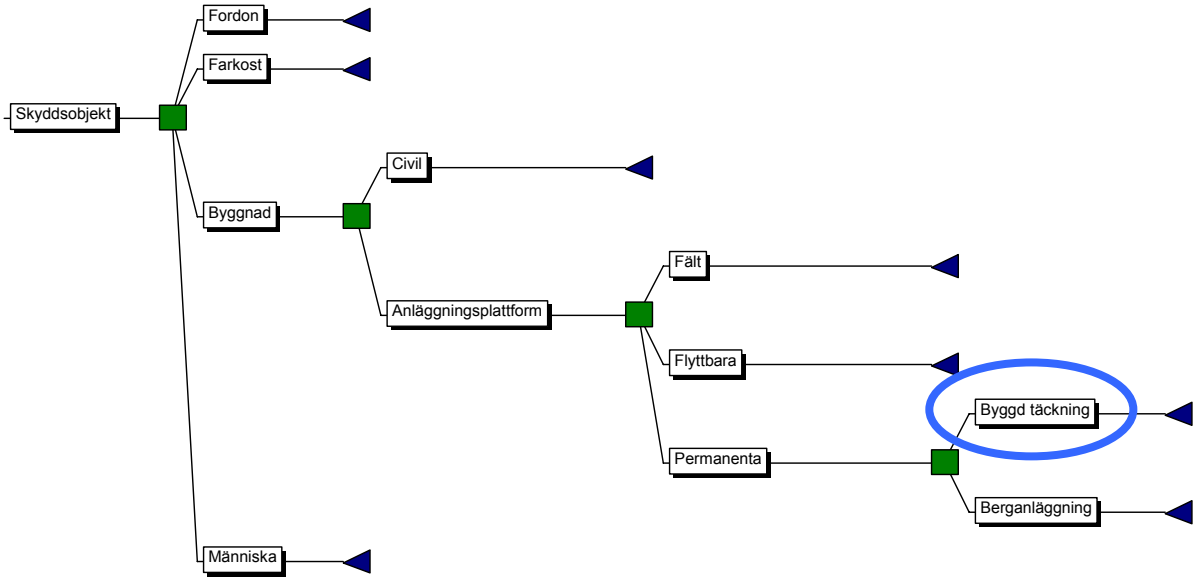
Figur 1. Problemsammanhang

I följande avsnitt kommer spektrat av hotbilder och skyddsobjekt, liksom motåtgärder att diskuteras och val av studieobjekt för den här rapporten att definieras.

2. Studieobjekt

2.1 Skyddsobjekt

I den här rapporten görs valet att studera en delmängd av olika tänkbara skyddsobjekt enligt nedanstående figur.

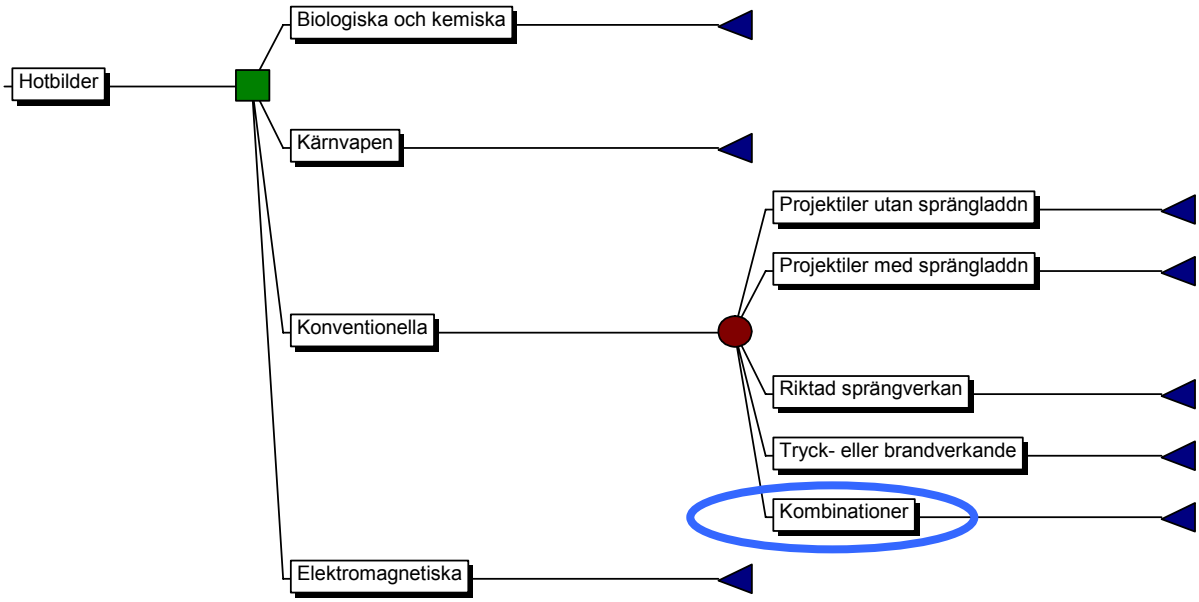


Figur 2. Olika skyddsobjekt

Anläggningsplattformar skyddas mot vapenverkan bl.a. genom att de förses med skyddstäckning vars dimensioner kan variera inom vida ramar. I ena änden av skalan finns avancerade anläggningar byggda i berg med åtminstone ca 10 m bergtäckning, och i andra änden enkla värn med relativt tunn jordtäckning. En berganläggning i svenskt urberg är normalt så motståndskraftig att den har erforderligt skydd mot penetrerande vapen och alltså inte behöver förses med varnings- och motverkanssystem vad gäller angrepp mot täckningen (dock kan det behövas vid angrepp mot ingångarna). Ett enkelt värn med relativt tunn jordtäckning kan å andra sidan anses alltför obetydligt för att utsättas för bekämpning med precisionsvapen. I denna utredning görs valet att behandla angrepp mot en anläggningsplattforms skyddstäckning mellan dessa både extremer. En rimlig skyddstäckning för en anläggning i ”mellannivå” är i storleksordning 0,5 meter armerad betongplatta och på den i storleksordning 1,5 meter sten och grus, samt i storleksordning 0,5 meter jord.

2.2 Hotbild

I den här rapporten görs valet att studera en delmängd av olika tänkbara hotbilder enligt nedanstående figur.



Figur 3. Olika hotbilder och verkansprinciper

2.2.1 Vapensystem

Hot mot anläggningar kan t.ex. vara i form av:

- Artillerigranater
- Artilleriraketer
- Granatkastare

samt från flyg i form av

- Attackrobotar
- Raketer
- Styrda eller ostyrda bomber

samt för viktiga anläggningar även

- Ballistiska robotar eller kryssningsrobotar

Flera olika vapensystem är tänkbara för bekämpning av en anläggning i ”mellanklass”. Några olika system som bedöms möjliga framgår av följande avsnitt.

Ballistiska robotar
Ballistiska robotar är vapen som efter utskjutningsfasen följer en kastbana mot målet, dock kan styrning under färden ske med roder eller raketer. Vapnen kan delas in efter räckvidden (SRBM – Short range, < 1000 km, MRBM – Medium range, 1000-3000 km, IRBM – Intermediate Range, 3000-5500 km, ICBM – InterContinental, >5500 km). De kan avfyras från land eller fartyg på eller i vatten. Karakteristiskt för en ballistisk robot är att den (Tarras-Wahlberg, 1998):

- Flyger i en ballistisk bana i huvudsak utanför jordens atmosfär och erhåller sin fart genom raketdrift enbart i början av sin flygbana
- Korrigerar sin kurs endast obetydligt genom raketer utanför atmosfären och med roder under slutfasens flykt i atmosfären
- Fullt ut samma precision vid målet som för kryssningsrobotar kan inte uppnås
- Genom sin mycket höga hastighet vid nedslaget kan stor verkan erhållas i mycket hårda mål genom enbart anslagsenergin
- Genom sin mycket höga flyghastighet och i slutfasen ringa radarmålyta är ballistiska robotar mycket svåra att bekämpa.

Kryssningsrobotar
En kryssningsrobot är ett vapen som har en luftförbrukande framdrivningsanordning och utefter en förprogrammerad flygväg autonomt navigerar fram till ett förutbestämt mål. Kryssningsrobotar kan avfyras från mark- fartygs- eller flygplattform. Karakteristiskt för en kryssningsrobot är att den (Tarras-Wahlberg, 1998):

- Flyger i lufthavet under hela flygsträckan med kontinuerligt motorpådrag och korrigerar sin kurs huvudsakligen kontinuerligt
- Genom den kontinuerliga navigeringen och den begränsade hastigheten kan mycket hög träffnoggrannhet uppnås vid målet
- Genom att kryssningsrobotar flyger i låg hastighet relativt ballistiska robotar måste den utrustas med t.ex. tvåstegsladdningar för att uppnå verkan i mycket hårda mål
- Kan i princip upptäckas och bekämpas med konventionellt luftförsvar men kan med långt driven smygteknik (mycket liten radarmålyta och mycket liten värmestrålning) göras mycket svår att bekämpa.

I studien av Tarras-Wahlberg (1998) definierades en kryssningsrobot som ett vapen med räckvidd överstigande 150 km. Det finns emellertid även robotar med kortare räckvidd, som här benämns attackrobotar.

Attackrobotar (från flyg)
Enligt Fredlund (2001) representeras hotet från robotar med kort räckvidd år 2010 av AGM65E som har en räckvidd på 10 km och är laserstyrd. På längre sikt sägs systemen bli autonoma. Utvecklingen går mot alltmer avancerade målsökare med användning av flera olika sensorers information.

Styrda bomber (frifallande)
Styrda bomber kan jämföras med ballistiska missiler d.v.s. hastigheten kan inte påverkas efter påbörjad färd. Hastigheten kan emellertid påverkas av om bomben släpps i dykanfall eller plananfall och även vilken fällningshöjd som används.

2.2.2 Stridsdelsprinciper

Stridsdelsprinciper tänkbara för bekämpning av en anläggning i ”mellanklass” är t.ex. RSV

eller penetrerande stridsdelar (HE med stålhölje) och kombinationer av dessa.

Elfving och Karlsson (2002) har undersökt vilka RSV-stridsdelar som behövs för att penetrera olika skyddstäckningar. För att penetrera en skyddstäckning till en anläggning i ”mellanklass” räcker det med hotnivå 2 d.v.s. en RSV-laddning med en kaliber av 70-110 mm.

”The small smart bomb” är ett ca 125 kg tungt vapen under utveckling som har samma penetrationsförmåga som en 1000 kg:s bomb av typen BLU-109, dock med endast ca 25 kg sprängämne. Bomben har vid demonstrationer visat en penetrationsförmåga på mer än 1,8 meter betong. Den utrustas med en ”intelligent” tändanordning som utlöser laddningen vid önskad inträngning i skiktade mål (Global Security.org, 2003).

En tandemladdning är en kombination av RSV-laddning (ungefär en tredjedel av stridsdelens massa) och penetrerande höljesladdning. Även denna typ av laddningar är under utveckling. En laddning på i storleksordning 500 kg kan penetrera 4-6 m betong.

I nedanstående tabell ges exempel på några vapensystem som kan tänkas användas mot anläggningar i ”mellanklass” och väsentliga egenskaper som bedöms påverka möjligheten att bekämpa dessa vapensystem med varnings- och motverkanssystem.

Tabell 1. Några olika vapensystem och stridsdelar

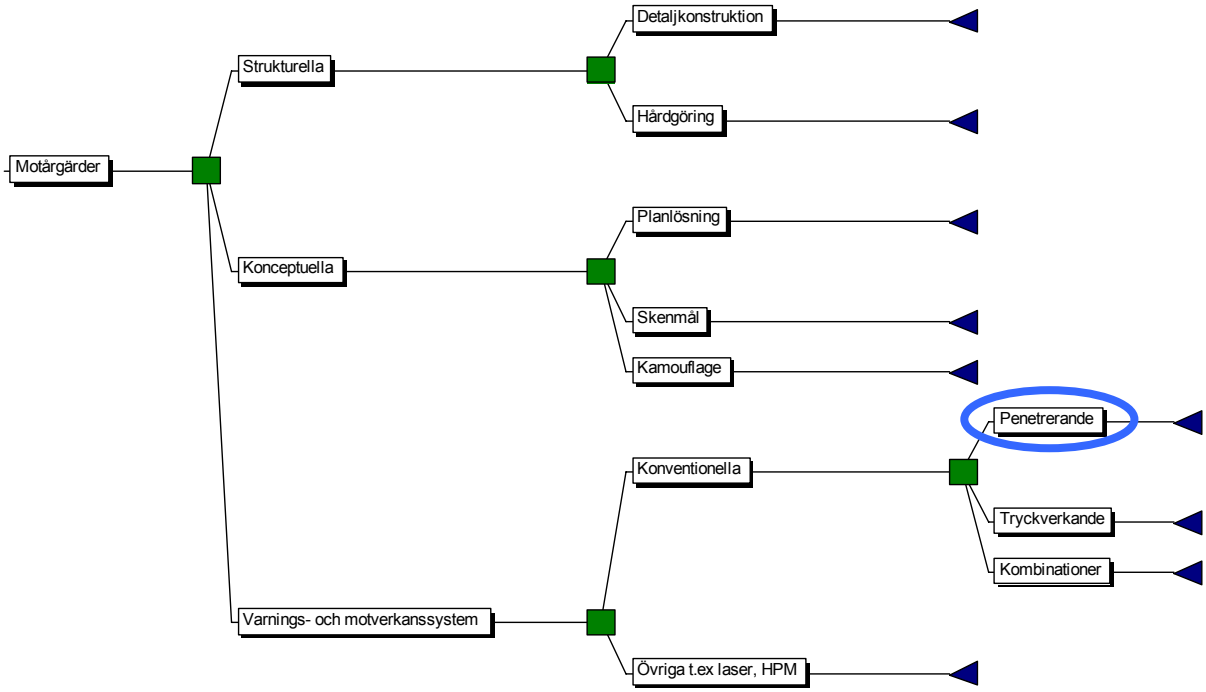
Vapensystem				**Stridsdel**		**Övrigt**	
Princip	**Exempel**	**Diam. (mm)**	**Längd (m)**	**Princip**	**Massa (kg)**	**Målsökare**	**Fällnings-avstånd (km)**
Styrd fri-fallande bomb	Small Smart Bomb, I-250	152	1,83	Penetrerande stridsdel, HE med stålhölje	22,6 kg HE	INS[1]/GPS[2]	Okänt
Attack-robot	AGM-65 Maverick (RB75)	305	2,49	RSV (alternativ finns)	57 kg RSV	TV[3] (alternativ finns)	3-25
Attack-robot	AGM-154C JSOW	Bredd/ höjd 442/ 337	4,1	Tandemladdning RSV och penetrerande stridsdel BROACH	454 kg	INS/GPS; IIR[4] målsökare	25-65 km

I den här principstudien görs valet att använda attackrobot AGM-154C JSOW med tandemladdning som studieobjekt, då detta bedöms vara ett allvarligt framtida hot mot anläggningsplattformar.

[1] Inertial Navigation System
[2] Global Positioning System
[3] Electro-optical/TeleVision
[4] Imaging InfraRed

2.3 Motåtgärder

Tänkbara motåtgärder för att förhindra eller reducera skador på en anläggning vid angrepp kan delas in i kategorierna konceptuella motåtgärder (planlösning, kamouflage, skenmål), varnings- och motverkanssystem (t.ex. en granat som skjuts iväg då en sensor registrerar ett inkommande vapen, men även vattendimma som startas av en sensor) och strukturella motåtgärder (detaljkonstruktion, hårdgörande), se Fig. 4. Strukturen är en kombination av den i Fortifikationshandboken (1991) och den i Faeh & Heierli (2001).



Figur 4. Olika motåtgärder verkansprinciper

I den här studien har det inte varit möjligt att studera hela problemområdet utan valet gjordes att enbart studera varnings- och motverkanssystem i form av bekämpning av inkommande vapen med motverkansstridsdelar.

Olika principer för motverkansstridsdelar inbegriper laservapen, HPM-vapen och mekanisk påverkan på vapnet. I denna framställning väljs att helt fokusera på mekanisk bekämpning av inkommande vapenhot.

Ett system för aktiv mekanisk bekämpning av ett vapen som inkommer mot en anläggning inbegriper detektion, utskjutning, leverans, initiering och verkan. För själva bekämpningen av ett inkommande vapen med en motverkansstridsdel är ett antal olika verkansprinciper tänkbara enligt nedan.

2.3.1 Verkansprinciper

I detta avsnitt ges en beskrivning av tänkbara verkansprinciper för en stridsdel avsedd att användas som motmedel mot en annan stridsdel som används för att bekämpa en anläggning.

Beskrivningen av verkansprinciper är till stora delar hämtade från en sammanställning av Lloyd (1998) samt till viss del från Lidén, Holmberg, Mellgard och Westerling (1994). Lloyds utgångspunkt är bekämpning av taktiska ballistiska robotar men sammanställningen bedöms i

väsentliga delar också gälla för andra typer av hot t.ex. styrda bomber.

Principiellt kan verkansdelen i konventionella[5] stridsdelar avsedda som motmedel delas upp i penetrerande och tryckverkande eller kombinationer av dessa:

Penetrerande stridsdelar kan delas in i två huvudtyper nämligen:

- Projektiler som får sin rörelseenergi vid utskjutningen eller raketer
- Stridsdelar som innehåller explosivämne och kastar ut någon form av penetrator till exempel splitter eller RSV-strålar

Tryckverkande stridsdelar kan vara av typen:

- Explosivämnesladdningar
- Termobariska laddningar

Utöver de båda nämnda huvudtyperna av konventionella stridsdelar tillkommer brandverkande stridsdelar som t.ex. kan slå ut målet genom den hetta de utvecklar.

I följande avsnitt ges en något mer detaljerad beskrivning av några typer av stridsdelars verkansprinciper som bedöms vara väl lämpade för utslagning av stridsdelar som används för att bekämpa en anläggning.

RSV-laddningar med i stort sett samma kaliber som stridsdelen
Huvudsaklig verkan erhålls genom en RSV-laddning med i stort sett samma kaliber som stridsdelen. RSV-laddningen kan utformas på tre olika sätt:
a. Strålbildande RSV-laddning med relativt spetsigt koniskt inlägg som kan vara rakt, trumpetformat eller tulpanformat ger en mycket hög strålhastighet (7-10 km/s) och därmed djup inträngning i t.ex. pansarstål
b. Hemisfäriskt inlägg ger också en hög strålhastighet med djup inträngning
c. Projektilbildande RSV-laddning har ett kalottformat eller trubbigt koniskt inlägg och genererar en metallklump med en utkastningshastighet på 2-3 km/s.

Multipla RSV-laddningar
Istället för endast en RSV-stråle eller -projektil kan stridsdelar utformas för att kasta iväg flera mindre strålar/projektiler. Sådana RSV-strålar/projektiler kan riktas antingen framåt eller utåt sidorna.

Splitterstridsdelar
En splitterstridsdel har som väsentliga komponenter dels ett sprängämne och dels metalldelar som kastas iväg som fragment, eller projektiler. Utförandet kan varieras inom vida ramar och några principer redovisas nedan.

[5] Med konventionella stridsdelar menas sådana som inte verkar med N-(nukleära), B- (biologiska) eller C-(kemiska) stridsmedel eller med elektromagnetisk strålning (EMP, HPM och laser) Fortifikationshandbok (1991).

Splitterstridsdelar med homogena höljen – naturlig fragmentering
Splitterstridsdelar med homogena stålhöljen kastar ut en svärm av olika stora splitter. Höljets geometri och materialegenskaper påverkar splittermassor, splitterhastigheter och splitterriktningar.

Splitterstridsdelar med höljen som har styrd fragmentering
Vid styrd fragmentering förses höljet med spår som utgör brottanvisningar vid sönderbrytningen. Detta gör att man huvudsakligen får en enda splitterstorlek som kan göras optimal mot en viss typ av mål. Fragmenteringen kan göras antingen så att man får mer eller mindre kubiska splitter eller långa stavliknande.

Förfragmenterade splitterstridsdelar
Förfragmenterade splitterstridsdelars höljen byggs upp med färdigformade splitter som sammanfogas med något bindemedel t.ex. härdplast. Fördelen är att storleksfördelningen och formen är fullständigt bestämd och kan optimeras mot en viss typ av mål.

KE-Rod warheads
En speciell typ av stridsdel (som här inordnas under splitterstridsdelar) byggs upp av en central sprängämneskropp och utanför den placeras stora mängder metallstavar (i flera lager). Stavarna kan t.ex. ha cirkulärt tvärsnitt eller hexagonalt för större packningsgrad och har en orientering i stridsdelens längdaxel. Ett sätt att ytterligare optimera verkan är att bygga upp stridsdelen med ett lager av sprängämne, ett lager av metallstavar, ett nytt lager av sprängämne följt av ett nytt lager av metallstavar osv. Detta gör att svärmen av stavar blir mer heltäckande över en yta än enligt det första konceptet.

Asymmetriskt splitterkast
Ytterligare en variant av splitterstridsdel är där skuren av metallstavar riktas åt ett håll t.ex. genom att endast del av sprängladdningen (på stridsdelens ena sida) runt stavarna utlöses.

Eldrörsluftvärn
En vanlig metod för att oskadliggöra inkommande vapen är att beskjuta dem med projektiler från ett eldrör t.ex. i en automatkanon.

I den här studien görs valet att utnyttja en motverkansstridsdel som genererar en cirkulär skur av metallstavar utkastade åt sidan. Detta är en vanlig princip för motverkansstridsdelar, se Lloyd (1998). Nämnas bör dock att motverkansstridsdelar som utnyttjar direktträff med singulär KE (Kinetisk Energi) oftast anses överlägset. T.ex. har ”Patriotsystemet” byggts om för denna princip (Army Technology, 2003).

3. Analysmetod

3.1 Motåtgärdsmatrisen

För att åskådliggöra situationen föreslås en tredimensionell motåtgärdsmatris där dimensionerna utgörs av hot, skyddsobjekt och motåtgärd, se Tabell 2. Den tredje dimensionen är indelad i kategorierna konceptuella motåtgärder (planlösning, kamouflage, skenmål), varnings- och motverkanssystem och strukturella motåtgärder (detaljkonstruktion, hårdgörande). Exempelfallet i denna studie återfinns i motåtgärdsmatrisen på positionen: Konventionella vapen, byggnader, varnings- och motverkanssystem. Detaljeringsgraden i matrisen kan givetvis utökas efter behov ända ner till t.ex. en specifik anläggningstyp och ett specifikt vapensystem.

Tabell 2. Motåtgärdsmatris

		Skyddsobjekt Fordon	Farkoster	Byggnader	Människor
Hot	Biologiska och kemiska vapen				
	Kärnvapen				
	Elektromagnetiska vapen				
	Konventionella vapen			**Motåtgärd** - Konceptuell - Varnings- och motverkanssystem - Strukturell	

3.2 Händelseträd

Utslagningssannolikheten (P_{total}) av en anläggning som bekämpas av en inkommande stridsdel och försvaras av en motverkansstridsdel påverkas av:

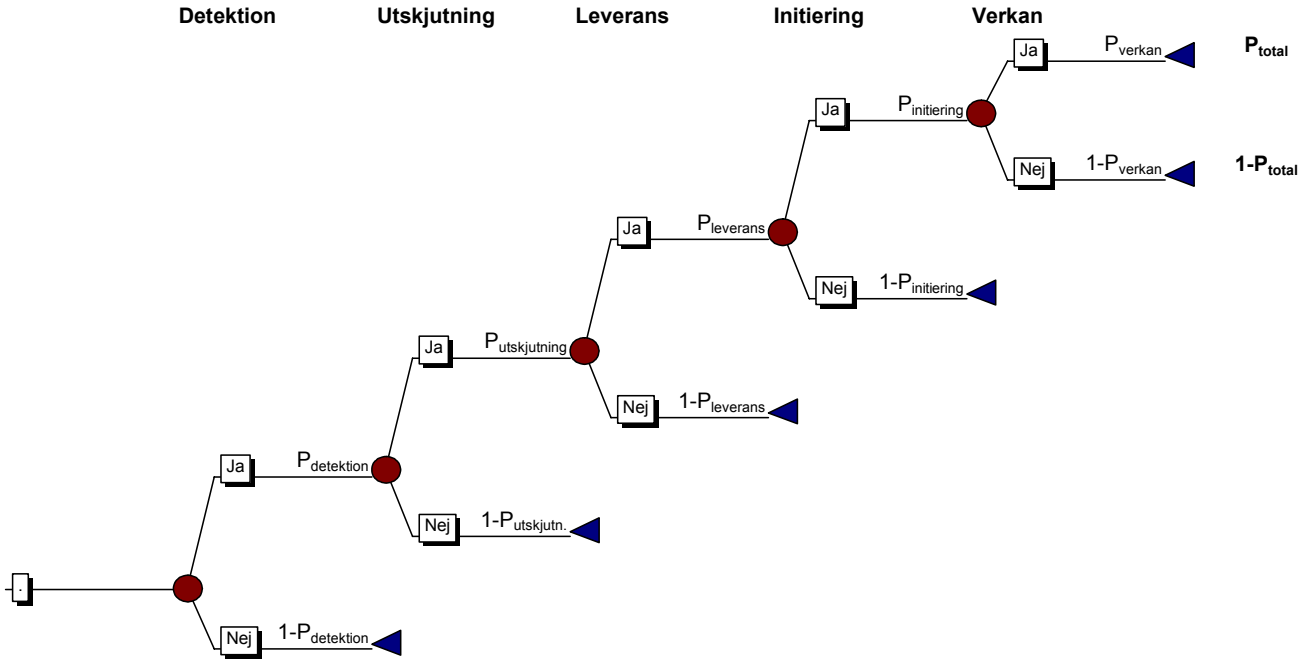
- Målet (dess styrka och naturligtvis vilka andra skyddsprinciper, t.ex. vattendimma, RSV-skärmar m.m., som används)
- Hotet (som i verkligheten inte är ett enda utan ett helt spektrum som dessutom ständigt utvecklas)
- Motverkansstridsdelen

Motverkanssystemet byggs upp av faserna:

- Detektion
- Avfyrning
- Leverans
- Antändning
- Verkan

där varje fas kan tilldelas en sannolikhet (P) för framgångsrikt genomförande.

Följande principiella händelseträd gäller:



Figur5. Händelseträd för funktionen hos ett varnings- och motverkanssystem

I denna studie väljer vi att begränsa oss till verkansfasen.

<u>Verkansdelen:</u>
För att en motverkansstridsdel ska vara effektiv måste den antingen reducera verkan av den inkommande stridsdelen eller få verkan att utebli helt. Följande alternativ är möjliga:

- Skador/utslagning av målsökare och/eller styrning. Om detta sker på relativt stort avstånd är det större sannolikhet att anläggningen klarar sig än om det sker på relativt kort avstånd. En robot bedöms vara något mer sårbar i detta avseende än t.ex. en frifallande bomb.

- Skada av framdrivningen (t.ex. skada på motor)

- Avvinkling av stridsdelen fysiskt

- Snedställning av stridsdelen (KE)

- Böjning av stridsdelen (KE)

- Annan skada på stridsdelen. Exempel på sådan skada kan vara påverkan på RSV-kon så att penetrationen inte blir lika hög som för en oskadad. En stridsdel med RSV-laddning bedöms vara lättare att skada än t.ex. en vanlig höljesladdning.

- Skada på tändsystemet

- Utslagning av stridsdelen genom att primär laddning utlöses på avstånd. Med den utveckling av explosivämne som sker mot allt okänsligare sådana, bedöms det krävas relativt kraftig påverkan för att explosivämnet ska detonera av påverkan från splitter eller

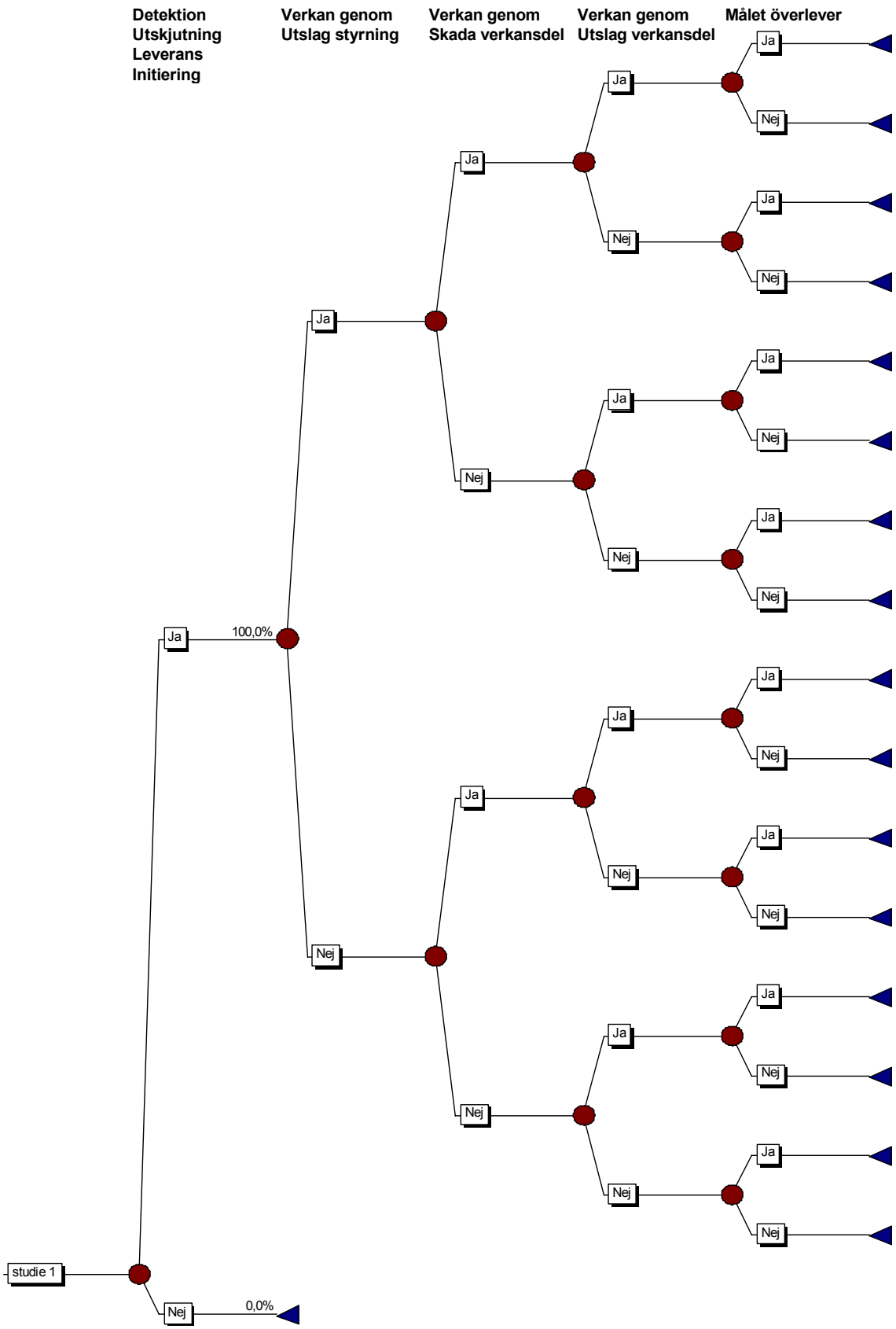
projektiler. Därför bedöms t.ex. motverkansstridsdelar med RSV-laddningar ha större potential att helt slå ut en inkommande stridsdel än enbart splitter.

Sammanfattningsvis väljs att gå igenom följande väsentliga (men förenklade) moment med modifierad[6] händelseträdsanalys:

1. Detektion, utskjutning, leverans och initiering (detta förutsätter vi alltså ske i 100% av fallen)
2. Verkan genom utslagen styrning. Detta kan ske t.ex. genom utslagen målsökare och/eller roder eller skada i eventuell motor. Detta medför att stridsdelen inte träffar på rätt plats, målet kan dock skadas eller slås ut ändå.
3. Verkan genom skadad verkansdel, t.ex. genom snedställning, böjning, skadad/utlöst RSV-laddning i en tandemladdning, eller skada på tändsystem. Detta medför att stridsdelen inte fungerar optimalt.
4. Utslagning av verkansdel genom detonation av huvudladdning i förtid.
5. Utslagning av skyddsobjektet. Det bör noteras att detta inte utan vidare kan besvaras med ja eller nej.

För varje kombination av hot, skyddsobjekt och motåtgärd kan ett händelseträd upprättas och en beräkning göras av skyddsobjektets överlevnadssannolikhet.

[6] Detta är inte ett händelseträd i strikt mening eftersom händelserna inte nödvändigtvis sker i kronologisk ordning och inte är direkt beroende av varandra.



Figur 6. Händelseträd för beräkning av överlevnadssannolikhet

Hela eller delar av händelseförloppet för ett konventionellt varnings- och motverkanssystem (detektion, avfyrning, leverans, antändning, verkan) går att modellera och simulera deterministiskt eller stokastiskt med hjälp av datorimplementerade modeller. I denna studie väljer vi att begränsa oss till verkansfasen.

Det finns sedan länge modeller för den här typen av beräkningar (på engelska ”endgamecodes”) framtagna inom både näringsliv och offentlig förvaltning. I Sverige finns det egenutvecklade datorprogram t.ex. Robin Hood, se Beckman (1996) och Bergman (1997) för värdering av splitter- och tryckalstrande stridsdelars verkan mot sjömålsrobotar och AVAL (2001), som simulerar vapenverkan i mark-, luft- och sjömål. AVAL hanterar både direkta fenomen, t.ex. penetration och sekundärsplitterbildning, och sekundära fenomen som t.ex. brand och bränsleläckage. Dessa modeller förutsätter detaljerade mål och motmedelsdata. Det finns även handberäkningsmetoder baserade på sannolikhetsteori, stelkroppsmekanik och experimentella data. Nedan följer en kort beskrivning av sådana handberäkningsmetoder för verkansdelar som genererar skurar av splitter eller stavar. En noggrannare beskrivning av metoden finns i Lloyd (1998).

Sannolikheten för att verkansfasen är framgångsrik är produkten

$$P_{verkan} = P_{träff} \cdot P_{utslagning}$$

där $P_{träff}$ är sannolikheten för att ett splitter träffar den studerade komponenten och $P_{utslagning}$ är sannolikheten för att detta splitter också sätter komponentens funktion ur spel. Sannolikheten för utslagning vid träff beräknas som

$$P_{utslagning} = A_{sårbar}/A_{exponerad}$$

där $A_{sårbar}$ är komponentens sårbara yta och $A_{exponerad}$ den totala exponerade komponentytan. Den totala exponerade ytan beräknas utifrån ritningar och antagande om träffvinklar medan komponentens sårbara yta även beror på material, rörelsemängd och geometri för splittren och skadetålighet. Detta ger att högre utslagningskapacitet hos splittren ökar komponentens sårbara yta. Sannolikheten för att minst ett splitter träffar en sårbar komponent beror på skurens geometri, antalet splitter och om den rumsliga fördelningen är likformig eller slumpmässig. Vid mer förfinad beräkning kan även hänsyn tas till splitternas enskilda area.

4. Resultat

Vi har valt att demonstrera metoden för beräkning av utslagningssannolikhet hos en anläggning som attackeras av ett hot i form av ett vapen med tandemladdning (en kombination av RSV-laddning och efterföljande penetrator) och som försvaras av en motverkansstridsdel med ”KE-Rod warheads”.

Överlevnadssannolikheten hos anläggningen utgörs av summan av delsannolikheter för kombinationer av utfall i delfaserna som innebär att anläggningen klarar sig. I den här analysen har inte något detaljerat studium genomförts utan sannolikheter för utfall i delfaserna (som här antas vara oberoende av utfall i övriga delfaser) väljs schablonartat enligt en 2-gradig skala nämligen:

- Låg sannolikhet 0,1 (dvs. 10%)
- Hög sannolikhet 0,9 (dvs. 90%)

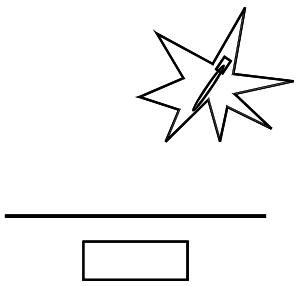
För val av sannolikheter för om skyddsobjektet överlever eller ej förutsatt olika kombinationer av delhändelser görs emellertid mer fritt val enligt nedanstående avsnitt.

Med det valda upplägget behöver vi bestämma ett antal delsannolikheter nämligen:

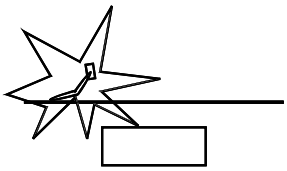
- Detektion, utskjutning, leverans och initiering – I denna studie inför vi idealiseringen att sannolikheten för dessa delfaser alltid är 1 dvs. 100%.
- Verkan genom utslagen styrning - Sannolikheten påverkas framför allt av storleken (exponerad yta i splittrens färdriktning) på de komponenter som ingår i styrsystemet och deras sårbarhet. I den här analysen väljer vi att sannolikheten för utslagning av styrningen är låg dvs. 10%.
- Verkan genom skadad verkansdel – Sannolikheten påverkas mycket av vilken motverkansprincip som är aktuell. En motverkansstridsdel som har en relativt stor sprängladdning har t.ex. kapacitet att deformera stridsdelen. Även principen för stridsdelen har stor betydelse. En stridsdel med en primär RSV laddning (ensam eller i en tandemladdning) är sårbar för splitter. I vårt fall med en motverkansprincip med utkastade metallstavar mot en tandemladdning med RSV väljs hög sannolikhet dvs. 90%.
- Verkan genom utslagning av verkansdel - Sannolikheten påverkas av i princip samma saker som verkan genom skadad verkansdel enligt ovan. I aktuellt fall utgörs huvudladdningen av en sprängladdning med kraftigt stålhölje som måste bedömas vara svår att utlösa. Sannolikheten sätts därför till låg dvs. 10%.
- Sannolikheten att skyddsobjektet överlever, förutsatt olika kombinationer av delhändelser, måste bestämmas. Det som påverkar är bl.a. avståndet mellan skyddsobjektet och mötesplatsen mellan inkommande vapen och motåtgärd, samt skyddsobjektets robusthet t.ex. förmågan att överleva vid träff och detonation några meter ifrån objektet, laddningsstorlek m.m. Vi har tillämpat följande bedömningsgrund (helt baserad på antaganden):

- Om styrningen slås ut så träffar inkommande vapen inte skyddsobjektet och tvärtom

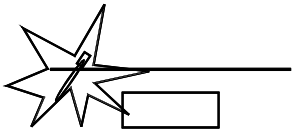
- Om huvudladdningen slås ut av varnings- och motverkanssystemet så överlever skyddsobjektet med sannolikheten 0,99 dvs. 99%



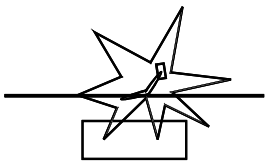
- Om utslagning sker av styrning och verkansdelen skadas, men huvudladdningen inte slås ut, så överlever skyddsobjektet med sannolikheten 0,95 dvs. 95%



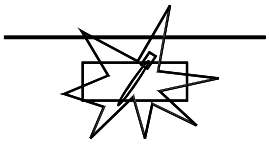
- Om utslagning sker av styrning, men varken skada eller utslagning av huvudladdningen sker, så överlever skyddsobjektet med sannolikheten 0,90 dvs. 90%



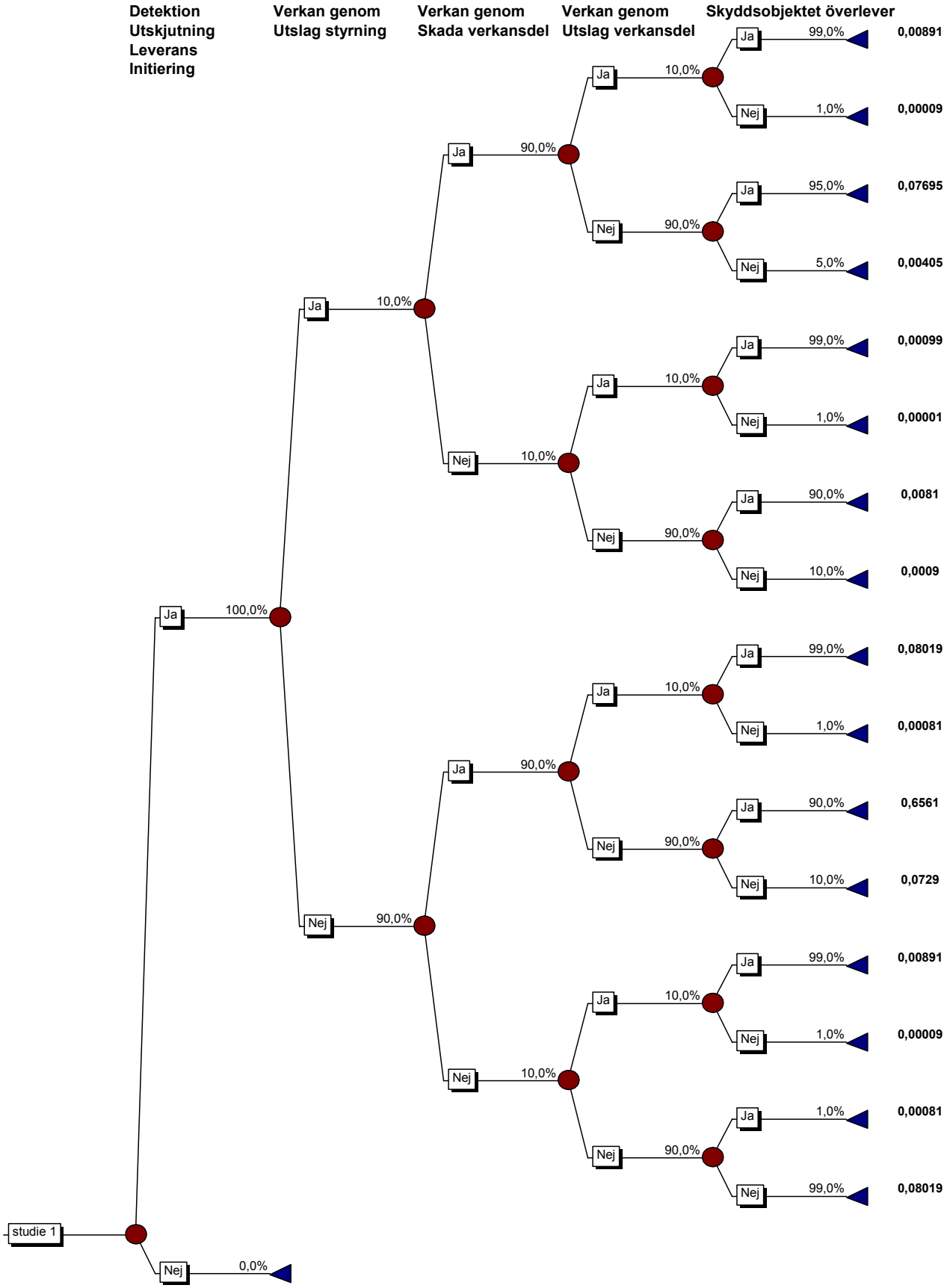
- Om styrningen inte slås ut, men verkansdelen skadas utan att huvudladdningen slås ut, så överlever skyddsobjektet med sannolikheten 0,90 dvs. 90%



- Om styrningen inte slås ut och verkandelen varken skadas eller slås ut, så överlever skyddsobjektet endast med sannolikheten 0,01 dvs. 1%



Resulterande händelseträd framgår av nedanstående figur. En summering av delsannolikheterna för att skyddsobjektet överlever ger sannolikheten 0,84 och för att skyddsobjektet inte överlever 0,16.



Figur 7. Händelseträd med resulterande delsannolikheter (längst till höger) för olika kombinationer av utfall

5. Diskussion

Huruvida utslagning sker av en anläggningsplattform som skyddas av ett varnings- och motverkanssystem vid anfall av ett hotvapen är ett i hög grad stokastiskt problem som påverkas av:

- Målet (strukturella skyddet och naturligtvis vilka andra skyddsprinciper t.ex. vattendimma, RSV-skärmar m.m.)
- Hotet. Det bör noteras att det finns ett stort antal möjliga hot som dessutom utvecklas ständigt
- Motmedlet (även här sker utveckling)

I rapporten föreslås en principiell arbetsmetod för strukturering och analys av problemkomplexet skyddsobjekt- hot- motåtgärd. Huvuddelarna i metodiken utgörs av motåtgärdsmatrisen och ett händelseträd.

I detta arbete har det endast varit möjligt att grovt och principiellt tillämpa arbetsmetoden på ett enstaka exempel. Vi valde att studera anfall från ett vapen med en tandemladdning mot en anläggningsplattform i ”mellanklass”, skyddad med ett varnings- och motverkanssystem med en verkansdel som kastar ut metallstavar. Detta val är ett rimligt scenario men skall inte nödvändigtvis uppfattas som det mest sannolika. De i händelseträdsanalysen antagna sannolikheterna för delhändelserna är schablonartat valda utan underliggande detaljanalys och verkansdata.

Utifrån givna förutsättningar är det tydligt att varnings- och motverkanssystem har en mycket viktig funktion i skyddet av en anläggningsplattform som komplement till andra skyddsåtgärder, t.ex. skiktade täckningar med offerplatta.

En annan motverkansstridsdel än den här valda analyseras av Amiree (2003). Där utvärderas motverkan av ett förfragmenterat hölje med tungmetallkulor ø4 mm mot en attackrobot. Resultatet av denna analys visar på att den motverksansprincipen är olämplig för att slå ut det aktuella hotet. Utslagningssannolikheten för stridsdelen beräknades till maximalt ca 0.005 vilket styrker valet i vår analys av stavar som motverkansprincip.

En fördel med händelseträdsanalysen är att det ger en tydlig bild av vilka kombinationer av delhändelser som har störst betydelse för slutresultatet. Det är också enkelt att göra parameterstudier med variation av sannolikheter för delhändelserna.

Den verkliga hotbilden, dvs. det spektrum av hot som finns, mot en anläggningsplattform idag och i framtiden är omöjlig att specificera korrekt. All hotbildsbeskrivning bygger på bedömningar som i sin tur bygger på den information som finns tillgänglig. Detta innebär att lämpliga varnings- och motverkanssystem bör utformas som kompromisser av optimala lösningar för enskilda hotspecifikationer. En grundläggande princip för val av verkansdelen i varnings- och motverkanssystem är emellertid att angripa inkommande hot så tidigt som möjligt, men det bör också beaktas att ett varnings- och motverkanssystem kan ge upphov till röjande signaler.

Ett eventuellt fortsatt arbete inom området analys av varnings- och motverkanssystem vid angrepp av anläggningsplattformar med precisionsvapen föreslås innefatta att:

- Ta fram en relevant hotbild med ett antal detaljerat beskrivna hotvapen
- Ta fram en uppsättning detaljerat beskrivna stridsdelsprinciper för motverkansvapen
- Inventera och ev. utnyttja befintliga verkansvärderingsprogram, t.ex. AVAL, för beräkning av varnings- och motverkanssystemens effekt på inkommande vapen, bl.a. för studium av optimal stridsdelsprincip för motverkansvapen, optimalt avstånd dels mellan anläggningsplattform och utskjutningsramp samt mellan anläggningsplattform och mötesplats för inkommande vapen och motverkansstridsdel.

Referenser

R.-A. Amiree, ”Målbeskrivning av attackrobot 03 1.0 för AVAL”, Användarrapport FOI-R—0864--SE, Försvarets forskningsinstitut, Stockholm, maj 2003.

Army Technology, 2003.
http://www.army-technology.com.

AVAL (Assessment of Vulnerability and Lethality) User’s Manual version 4, Försvarets Materielverk, mars 2001.

A. Beckman, “Verkan i luftmål. Verkansvärderingsmodellen ROBIN HOOD. Del 1. Översiktlig beskrivning”, Användarrapport FOA-R--96-00282-2.5--SE, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, augusti 1996.

O. Bergman, “ROBIN HOOD 1.0. En simuleringsmodell för värdering av splitterstridsdelars verkan mot sjömålsrobotar”, Användarrapport FOA-R--97-00585-310--SE, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, oktober 1997.

Boeing, 2003.
http://www.boeing.com/

C. Bratt, O. Dickman och L. Svensson, “Sensoraktiverade skydd - en förstudie av inbyggda skyddssystem," Användarrapport FOA-R--97-00600-310--SE, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm , oktober 1997.

C. Elfving och S. Karlsson, “Försök med RSV mot singel och betong”, FOI-R--0258--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut, december 2002.

A. Faeh and W. Heierli,“A Rigorous Approach for the Optimization of Weapons Effects Mitigation”, I 10th ISIEMS, San Diego, 2001.

Fortifikationshandbok. Försvarets bok- och blankettförråd. 1991.

A. Fredlund, 2001. ”Vilket system skall Sverige anskaffa som luftvärnsrobotdemonstrator år 2010”, enskild uppsats. Försvarshögskolan, 19100:1025.

Global Security.org, 2003.
http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/sdb.htm.

M. -B. Hansson, “FoRMA - luftvärn mot främst kryssningsrobotar”, Underlagsrapport FOI-R--0118--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut, juni 2001.

H. Hansson, “Skydd mot precisionsbekämpning av anläggningsplattformar - förstudie", Underlagsrapport FOI-R--0680--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut, december 2002.

M. -B. Hansson och E. Tarras-Wahlberg, “Luftvärnsskydd mot kryssningsrobotar och ballistiska robotar med begränsad räckvidd”, Användarrapport FOA-R--98-00898-170--SE, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm , december 1998.

Jane’s 2003.
http://jmr.janes.com/

E. Liden, L. Holmberg, I. Mellgard och L. Westerling. ”Stridsdelar, skydd och deras växelverkan.” FOA-R--94-00035-2.3-SE, 1994.

S. Lindqvist, F. Andersson, A. -S. Forsberg, R. Forsén, G. Holm, B. Hägglund, L. Laine, T. Liljegren, L. Pers, B. Tollbom och U. -S. Åström, “Integrerat fortifikatoriskt skydd - arbetslägesrapport 1997”, Verksamhetsrapport FOA-R--97-00649-311--SE, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm , november 1997.

R. M. Lloyd, ”Conventional warhead systems physics and engineering design”, Volym 179 av *Progress in astronautics and aeronautics*. Reston, VA: American institute of aeronautics and astronautics, 1998.

M. Sjölander och O. Dickman, “Sensoraktiverade skydd - SAS, en utvärdering av ARENAsystemet”, Användarrapport FOA-R--96-00306-2.3--SE, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm , december 1996.

E. Tarras-Wahlberg och E. Sjöberg, “Skydd mot ballistiska robotar”, FOA-R--95-00136-1.1,1.2--SE, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, november 1995.

E. Tarras-Wahlberg (editor), “Skydd mot kryssningsrobotar”, Användarrapport FOA-R--97-00584-310--SE, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm , maj 1998.

M. Vives, D. Bouchaud, H. Verriele och J. C. Touzelin, “Anti-warhead technologies for active protection systems”, i *20th International symposium on ballistics*, (Orlando, FL), 2002.