



# Anläggningskydd med fokus på internationella insatser - slutrapport 2007-2009

MARTIN NILSSON

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI  
Totalförsvarets forskningsinstitut  
Försvars- och säkerhetssystem  
164 90 Stockholm

Tel: 08-55 50 30 00  
Fax: 08-55 50 31 00

[www.foi.se](http://www.foi.se)

FOI-R--2894--SE Användarrapport  
ISSN 1650-1942 December 2009

**Försvars- och säkerhetssystem**

Martin Nilsson

# Anläggningskydd med fokus på internationella insatser - slutrapport 2007-2009

Titel	Anläggningskydd med fokus på internationella insatser - slutrapport 2007-2009
Title	Protective structures with focus on international operations - final report 2007-2009
Rapportnr/Report no	FOI-R--2894--SE
Rapporttyp Report Type	Användarrapport
Sidor/Pages	23 p
Månad/Month	December/December
Utgivningsår/Year	2009
ISSN	ISSN 1650-1942
Kund/Customer	Försvarsmakten
Projektnr/Project no	E20511
Godkänd av/Approved by	Patrik Lundberg
FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut	FOI, Swedish Defence Research Agency
Avdelningen för Försvars- och säkerhetssystem	Defence & Security, Systems and Technology
164 90 Stockholm	SE-164 90 Stockholm

## Sammanfattning

FOI har under åren 2007-2009 genomfört projektet ”Anläggningsskydd med fokus på internationella insatser”. Målet med denna rapport är att ge en överblick till projektet och projektets omgivning i form av frågeställningar, informationsflöden och angränsande verksamheter samt att överskådligt redogöra för uppnådda resultat.

Under 2007 var frågeställningarna projektet skulle arbeta med:

1. Hur ska skyddslösningar utformas för att möta terror- och sabotagehot framförallt vid internationella insatser?
2. Hur skall skydd utformas för att möta hotet från RSV, projektiler och andra verkansformer?

Under de två senaste åren har frågeställningarna som projektet skall arbeta med varit:

1. Vilka vapenhot (inkl terror- & sabotagehot) finns mot anläggningar och stridskrafter i/vid anläggningar i form av camper, stridsvärn och dylikt?
2. Vilka principer kan användas för att skydda mot vapenhoten enligt ovan?
3. Hur ska funktionen hos anläggningsskydd kunna provas och beräknas?

Utifrån de tre frågeställningarna diskuteras flödet av information till och från projektet, angränsande verksamhet och de genomförda studierna.

Nyckelord: anläggningar; vapenhot; skyddsprinciper; skyddslösningar; försök

## Summary

FOI has during the period 2007-2009 carried out the project "Anläggningskydd med fokus på internationella insatser". The aim of this report is to give an overview to the project and its surroundings in the form of question formulations, flow of information and adjacent activities and to synoptically account for achieved results.

During 2007 the question formulations of the project were:

1. How are protective solutions to be designed to counter the threat of terror and sabotage mainly during international operations?
2. How are protective solutions to be designed to counter shaped charges, projectiles and other weapons effects?

During the two last years of the project the question formulations were:

1. What armed threats (including terror and sabotage) are there against facilities and armed forces in/at facilities like camps, entrenchments etcetera.
2. What principles can be used to protect against the armed threats according to the question above?
3. How should the capacity of a protected facility be tested or calculated?

Starting with the three question formulations the flow of information to and from the project, adjacent activities and the performed studies are discussed.

Keywords: facilities; armed threats; protection principles; protective solutions; tests

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>7</b>
1.1	Förord.....	7
1.2	Frågeställning.....	7
<b>2</b>	<b>Frågeställningar</b>	<b>9</b>
2.1	Vapenhotet.....	9
2.2	Skyddsprinciper.....	10
2.3	Verifiera skydd .....	10
<b>3</b>	<b>Angränsande verksamheter</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Genomförda och pågående studier</b>	<b>15</b>
4.1	Riskanalys.....	15
4.2	RSV-penetration.....	15
4.3	VBIED I .....	16
4.4	VBIED II .....	16
4.5	Splitter .....	16
4.6	Materialprovning.....	16
4.7	Barriärkoncept.....	17
4.8	Finkaliber.....	17
<b>5</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Sammanställning av publikationer</b>	<b>21</b>
6.1	Publicerade .....	21
6.2	Konferensbidrag.....	21
6.3	Under utgivning .....	21
<b>7</b>	<b>Referenser</b>	<b>23</b>



# 1 Inledning

## 1.1 Förord

Målet med denna rapport är att ge en överblick till projektet och projektets omgivning i form av frågeställningar, informationsflöden och angränsande verksamheter samt att överskådligt redogöra för uppnådda resultat.

## 1.2 Frågeställning

FOI har under åren 2007-2009 genomfört projektet ”Anläggningsskydd med fokus på internationella insatser”.

Under 2007 var frågeställningarna som projektet skulle arbeta med:

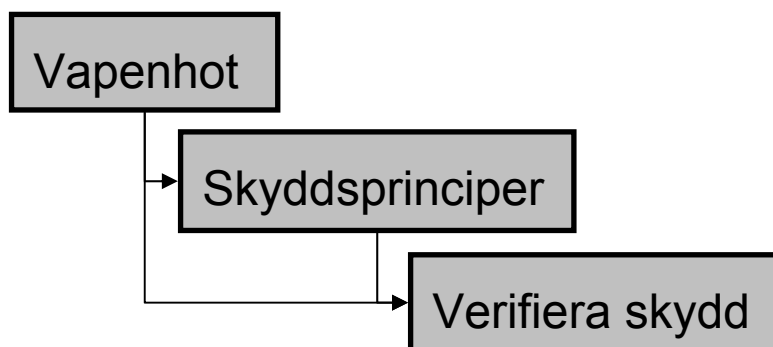
1. Hur ska skyddslösningar utformas för att möta terror- och sabotagehot framförallt vid internationella insatser?
2. Hur skall skydd utformas för att möta hotet från RSV, projektiler och andra verkansformer?

Inför 2008 ändrades frågeställningarna som projektet skulle arbeta med till:

1. Vilka vapenhot (inklusive terror- & sabotagehot) finns mot anläggningar och stridskrafter i/vid anläggningar i form av camper, stridsvärn och dylikt?
2. Vilka principer kan användas för att skydda mot vapenhoten enligt ovan?
3. Hur ska funktionen hos anläggningsskydd kunna provas och beräknas?

De tre frågorna bildar ett flöde där kunskaper om vapenhot ger förutsättningar och avgränsningar för arbetet med skyddsprinciper. Kunskaper om vapenhotet och skyddsprinciper ger i sin tur förutsättningar och avgränsningar för arbetet med metoder att verifiera skydd.

I det följande kapitlet diskuteras de tre frågeställningarna mer ingående.



Figur 1. Projektets frågeställningar.





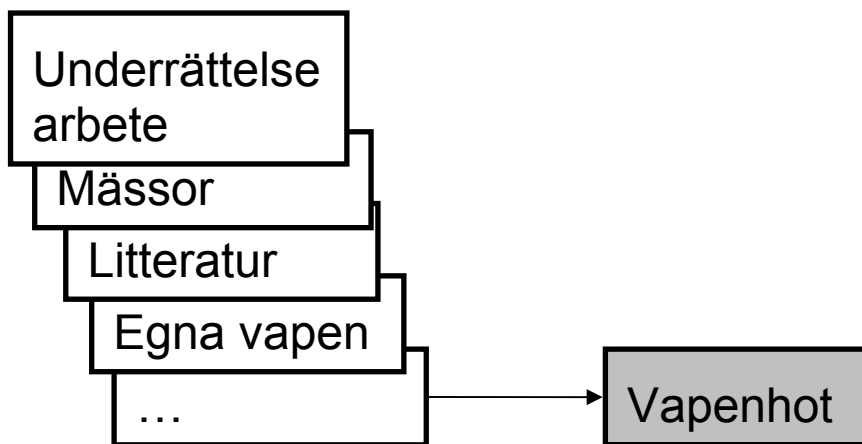
## 2 Frågeställningar

### 2.1 Vapenhotet

Information om vapenhotets karaktär kommer från olika källor och kan ha en varierande grad av upplösning, ”det finns inte pansarfordon” eller ”stridsdel X, tillverkad i land Y”. Viktigt är att avsaknaden av ett visst vapensystem i ett insatsområde inte får påverka bedömningarna av vapenhoten i framtida insatsområden. Information om vapenhotets prestanda är en annan aspekt och här kan litteratur och kunskap om egna vapens prestanda bidra.

På grund av sekretesskäl är det ofta nödvändigt att arbeta med generiska grupper av vapenhot - exempelvis RSV<sup>1</sup>, finkaliberprojektiler, artilleristridsdelar<sup>2</sup> etcetera.

I nedanstående figur åskådliggörs några av de källor som kan ge information om vapenhotens förekomst och prestanda.



Figur 2. Vapenhotet.

Hotmatriser finns exempelvis i STANAG 2280 [1], STANAG 4569 [2, 3] och H FALK Skydd [4]. Det är viktigt att se dessa som en utgångspunkt i hotbilsarbetet och inte en färdig hotbild.

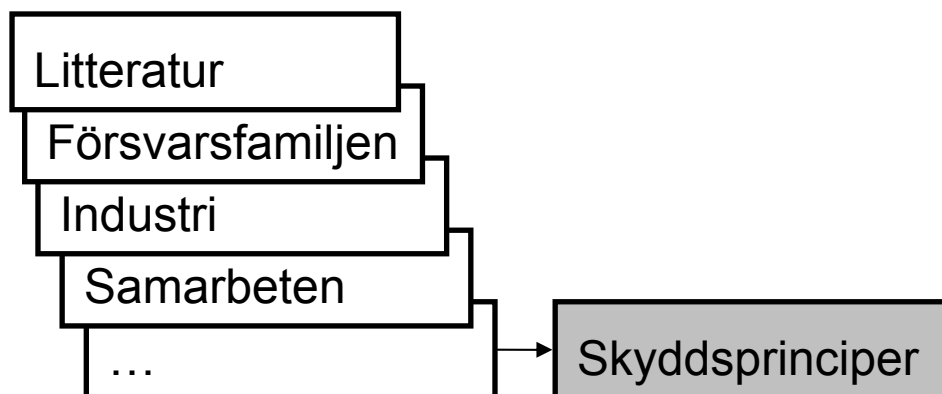
<sup>1</sup> RSV - riktad sprängverkan.

<sup>2</sup> Eldrörsartilleri, raketartilleri och granatkastare.

## 2.2 Skyddsprinciper

Information om skyddsprinciper och lösningsförslag kan också komma från flera håll. Det som skiljer gentemot information om vapenhot är att skyddsprinciper<sup>3</sup> i de flesta fall inte är hemliga utan förkommer i öppna källor.

I figuren åskådliggörs några av de källor som kan ge information om nya eller existerande skyddsprinciper.

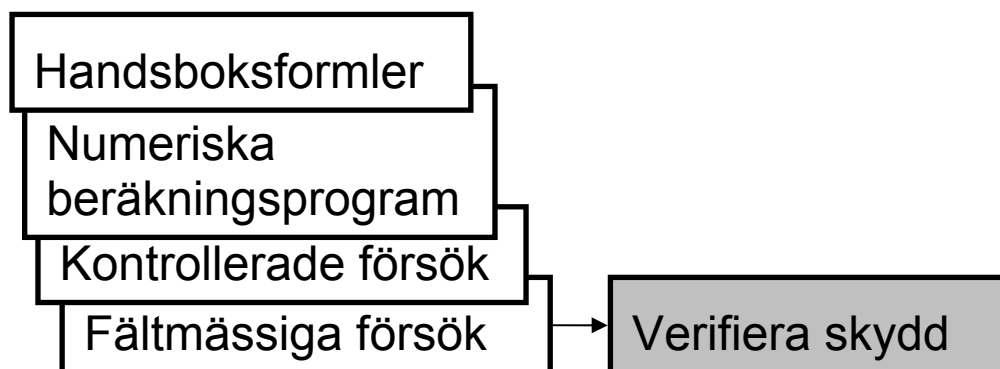


Figur 3. Skyddsprinciper. Med försvarfamiljen menas i detta sammanhang Försvarsmakten och de olika stödmyndigheterna.

Exempel på litteratur är de "Fortifikationshandbok del 3 Truppbefästningar" [5] och amerikanska fältmanualer [6].

## 2.3 Verifiera skydd

Det finns i princip fyra sätt att verifiera skyddsnivån - handboksformler, numeriska beräkningsprogram och kontrollerade respektive fältmässiga försök.



Figur 4. Att verifiera skydd.

Exempel på handböcker är desamma som ovan, de svenska fortifikationshandböckerna [5, 7], SoldF [8] och amerikanska fältmanualer [6].

De numeriska beräkningsprogrammen kan vara av olika typer. Olika finita element-, differens- och volymsprogram kan användas för att beräkna penetration av skyddsmaterial eller utbredning av stötvågor. Exempel på sådana koder använda vid FOI är LS-DYNA,

<sup>3</sup> För att kunna hantera denna typ av information öppet krävs att det inte rör som dimensionerade lösningar utan om just principer.

Autodyn, GRALE<sup>4</sup> och FOAM. Ett stort och återkommande problem är att ta fram fungerande materialmodeller och materialdata till modellerna [10, 11].

Det finns också verkansvärderingsprogram, exempelvis AVAL<sup>5</sup>, som kan användas för att ge ett statistiskt utfall av vapenverkan mot en anläggning eller ett fordon. Magnusson och Hartmann [12] har undersökt AVAL:s möjligheter för att värdera sårbarhet hos en camp.

Kontrollerade försök och fältmässiga försök är två begrepp<sup>6</sup> som finns med i STANAG 2280 [1]. Definitionerna där är:

*Tested*

*An instrumented test carried out in a controlled environment in accordance with good scientific practice.*

*Field tested*

*A test carried out in the field with standard weaponry, without the use of advanced diagnostic equipment.*

STANAG 2280 ger rekommendationer för när och hur fältmässiga försök bör genomföras.

---

<sup>4</sup> GRALE är ett vid FOI utvecklat program, se exempelvis [9].

<sup>5</sup> AVAL förvaltas av FOI på uppdrag av Försvarsmakten, se exempelvis [www.foi.se/aval](http://www.foi.se/aval) eller [www.fmv.se/aval](http://www.fmv.se/aval).

<sup>6</sup> En direkt översättning till "Provad" och "Fältprovad" är inte lämplig utan svår att förstå utanför formulär till STANAG 2280. Begreppen "Kontrollerade försök" och "Fältmässiga försök" avspeglar bättre vad som menas.



### **3 Angränsande verksamheter**

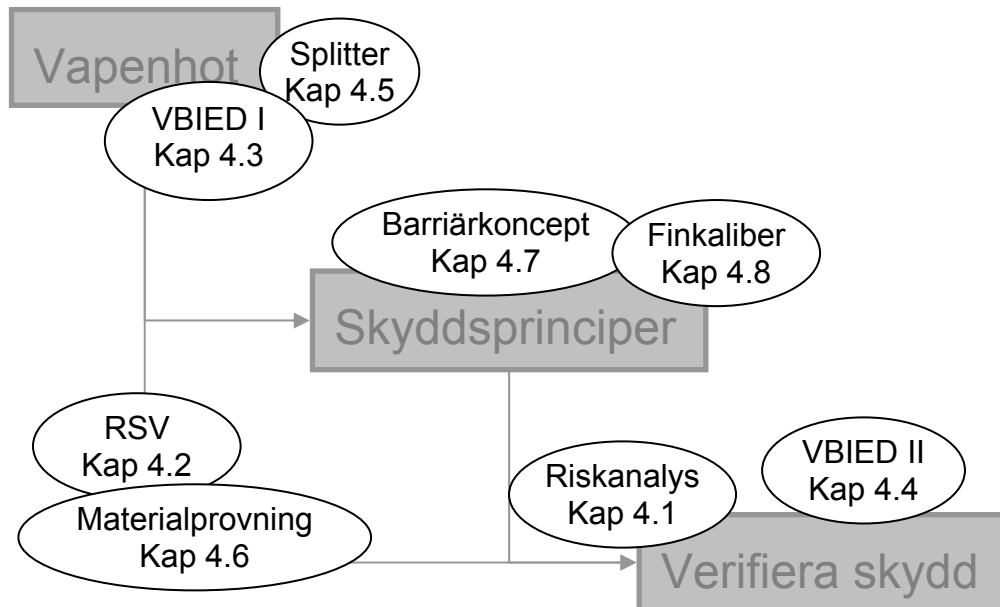
Det sker ett intensivt samarbete kring frågor om materialmodeller, materialdata och stridsdelsprestanda med övriga projekt inom FoT-området Vapen och skydd. Typiska exempel är RSV-stridsdelars prestanda, stand-off-egenskaper och känslighet mot olika typer av störning, splitterstridsdelars penetrationsförmåga innan detonation, fragmentering och penetrationsförmåga hos splittren och prestanda hos finkaliberammunition.

Genom enskilda beställningar från framförallt Fortifikationsverket men även via internationella samarbeten och uppdrag har projektet också fått tillgång till experimentella data för olika skyddsmaterial och skyddsprinciper.



## 4 Genomförda och pågående studier

I figur 5 har projektets genomförda studier placerats ut i det ”koordinatsystem” som frågeställningarna utgör. Studien ”Splitter” beror huvudsakligen ”Vapenhot”, ”RSV” berör ”Vapenhot” och ”Verifiera skydd” och så vidare.



Figur 5. Projektets studier kopplat till projektets frågeställningar.

Nedan redovisas en kort genomgång av de genomförda studierna.

### 4.1 Riskanalys

R. Forsén och J. Magnusson, ”Terror- och andra asymmetriska hot mot anläggningar vid internationella insatser - bedömning av risker”, FOI, Stockholm, (Metodrapport/Methodology Report), FOI-RH--0659--SE, hemlig, 2007.

I studien tillämpades klassisk kvantitativ riskanalys för att bedöma konsekvenserna av olika typer av attacker mot olika typer av objekt vid internationella insatser. Syftet var att analysera och ge en bild av vilka hotkategorier som är mest betydelsefulla, vilka konstruktioner som är mest skyddsvärda och vilka parametrar i form av sannolikheter och konsekvenser som har störst påverkan på risknivån.

### 4.2 RSV-penetration

H. Hansson och L. Westerling, ”RSV-penetration i skyddstäckningar”, FOI, Stockholm, (Teknisk Rapport/Technical Report), FOI-R--2344--SE, 2008.

I studien av Hansson och Westerling sammanfattas och diskuteras bildning, fragmentering och penetration av RSV-strålar. Dessutom redovisas försöksresultat rörande RSV-penetration i pansarstål, standardbetong och en högpresterade betong. Jämförelser sker även med tidigare redovisade resultat avseende penetration i betong, grus och skiktade mål av dessa material.



F. Bultmark och B. Johansson, ”Metodik och verktyg för bedömning av genomslagsförmåga hos RSV-stridsdelar”, FOI, Stockholm, (Metodrapport/Methodology Report), FOI-R--2856--SE, 2009.

I studien av Bultmark och Johansson behandlas verktyg för strålbildning och strålens penetration med inriktning mot enkla och skiktade skyddskonstruktioner.

### **4.3 VBIED I**

A. Bryntse, ”Modellering av luftstövåg från VBIED”, FOI, Stockholm, (Metodrapport/Methodology Report), FOI-R--2500--SE, 2008.

I studien görs numeriska simuleringar med målsättningen att på ett korrekt sätt modellera en bilbomb. Simuleringarna jämförs med kontrollerade försök genomförda inom ramen för en annan beställning.

### **4.4 VBIED II**

A. Bryntse, ”Beräkning av luftstövågs undertryck på översidan av en barriär. Jämförelse med experiment”, FOI, Stockholm, (Teknisk Rapport/Technical Report), FOI-RH--0745--SE, hemlig.

I studien görs numeriska simuleringar av en speciell effekt som påvisades vid kontrollerade försök genomförda inom ramen för en annan beställning.

### **4.5 Splitter**

M. Nilsson och J. Magnusson, ”Splitterkaraktisering - hur gör man och vilken utrustning behövs?”, FOI, Stockholm, (Metodrapport/Methodology Report), FOI-R--2662--SE, 2008

I studien görs en genomgång av vilka experimentella resurser som behövs för att kunna experimentellt ta fram uppgifter - utkastningsriktningar, -hastigheter och massfördelning - för fragmenterande stridsdelar. Studien utgör utgångspunkten inför framtida arbete med att karakterisera splittergenererande stridsdelar.

### **4.6 Materialprovning**

A. Tjernberg och M. Nilsson, ”Brottparametrar för ett konstruktionsstål härdat till 540 HV”, FOI, Stockholm, (Teknisk Rapport/Technical Report), FOI-R--2097--SE.

P. Skoglund, A. Tjernberg och M. Nilsson, “Fracture modelling of Armox 500T”, FOI, Stockholm, under utgivning

Studierna rör brottmodellering av ett material tänkt som surrogat för exempelvis djuppenetrerande stridsdelar respektive ett modernt högpresterande pansarstål.

## 4.7 Barriärkoncept

A. Bryntse, "Demonstration av barriärkoncept. Försök i modellskala", FOI; Stockholm, (Teknisk Rapport/Technical Report), FOI-R--2522--SE, 2008

A. Bryntse, "Blast barriers with daylight openings", MABS 20, Oslo, 2008.

I studien provas en barriärlösning med annorlunda egenskaper experimentellt och numeriskt. Studien föredrogs även på den tekniska konferensen MABS<sup>7</sup> 20 i Oslo.

## 4.8 Finkaliber

S. Mousavi, "Geometri som skydd mot pansarbrytande finkaliberprojektil med stålkärna", FOI, Stockholm, under utgivning.

En experimentell studie har genomförts för att studera möjligheterna att få ett lättare och billigare skydd mot pansarbrytande finkaliberprojektiler. Rapporten kommer inte att vara öppen.

---

<sup>7</sup> MABS - Military Aspects of Blast and Shock.



## 5 Slutsatser

FOI har under åren 2007-2009 genomfört projektet ”Anläggningskydd med fokus på internationella insatser” på uppdrag av Försvarmakten.

- Projektet har genomfört studier mot de tre frågeställningar projektet har att behandla.
- Projektet är beroende av samverkan med övriga projekt inom samlingsbeställningen och andra beställningar från försvarmakten.
- Projektet har fokuserat på två uppgifter:
  - Skydd mot luftstöt våg och numerisk simulering av luftstöt vågsutbredning och -belastning.
  - Simulering av RSV-strålars penetration i enkla och skiktade strukturer.
- Det kanske viktigaste resultatet av projektet är en bibehållen och inom vissa områden förbättrad förmåga att arbeta med hot mot och skydd av olika typer av anläggningar.



## 6 Sammanställning av publikationer

### 6.1 Publicerade

A. Bryntse, ”Beräkning av luftstövågs undertryck på översidan av en barriär. Jämförelse med experiment”, FOI, Stockholm, (Teknisk Rapport/Technical Report), FOI-RH--0745--SE, 2009.

A. Bryntse, ”Demonstration av barriärkoncept. Försök i modellskala”, FOI; Stockholm, (Teknisk Rapport/Technical Report), FOI-R--2522--SE, 2008

A. Bryntse, ”Modellering av luftstövåg från VBIED”, FOI, Stockholm, (Metodrapport/Methodology Report), FOI-R--2500--SE, 2008

A. Tjernberg och M. Nilsson, ”Brottparametrar för ett konstruktionsstål härdat till 540 HV”, FOI, Stockholm, (Teknisk Rapport/Technical Report), FOI-R--2097--SE, 2009.

F. Bultmark och B. Johansson, ”Metodik och verktyg för bedömning av genomslagsförmåga hos RSV-stridsdelar”, FOI, Stockholm, (Metodrapport/Methodology Report), FOI-R--2856--SE, 2009

H. Hansson och L. Westerling, ”RSV-penetration i skyddstäckningar”, FOI, Stockholm, (Teknisk Rapport/Technical Report), FOI-R--2344--SE, 2008

M. Nilsson och J. Magnusson, ”Splitterkaraktisering - hur gör man och vilken utrustning behövs?”, FOI, Stockholm, (Metodrapport/Methodology Report), FOI-R--2662--SE, 2008

R. Forsén och J. Magnusson, ”Terror- och andra asymmetriska hot mot anläggningar vid internationella insatser - bedömning av risker”, FOI, Stockholm, (Metodrapport/Methodology Report), FOI-RH--0659--SE, 2007.

### 6.2 Konferensbidrag

A. Bryntse, ”Blast barriers with daylight openings”, MABS 20, Oslo, 2008.

R. Forsén, J. Magnusson, M. van der Voort<sup>8</sup> och M. Rhijnsburger<sup>8</sup>, ”Physical protection against VBIED threats”, ISIEMS 12.1, Orlando, 2007.

### 6.3 Under utgivning

P. Skoglund, A. Tjernberg och M. Nilsson, ”Fracture modelling of Armox 500T”, FOI, Stockholm, under utgivning.

S. Mousavi, ”Geometri som skydd mot pansarbrytande finkaliberprojektil med stålkärna”, FOI, Stockholm, under utgivning.

---

<sup>8</sup> TNO Defence, Security and Safety, Rijswijk, Nederländerna.



## 7 Referenser

- [1] “Design threat levels and handover procedures for temporary protective structures”, NATO Standardization Agency (NSA), STANAG 2280 (Edition 1), NATO Unclassified, 2008.
- [2] “Protection levels for occupants of logistic and light armoured vehicles”, NATO Standardization Agency, STANAG 4569 (Edition 1), NATO Unclassified, 2004.
- [3] “Procedures for evaluating the protection level of logistic and light armoured vehicles”, NATO Standardization Agency, AEP-55, NATO Unclassified, 2005.
- [4] “Handbok Försvarsmaktens anläggningskrav (H FALK Skydd)”, Försvarsmakten, M7751-714111, 2000.
- [5] “Fortifikationshandbok del 3 Truppbefästningar”, Försvarsmakten, Stockholm, TKO 69048, 1969.
- [6] “Survivability”, Headquarters, Department of the Army, Washington, DC, Field Manual No. 5-103, 1985.
- [7] “Fortifikationshandboken del 1. Kapitel 1-3”, Försvarsmakten, Stockholm, M7747-707112, 1991.
- [8] “SoldF. Soldaten i fält”, Försvarsmakten, M7742-100002, 2001.
- [9] L. Olovsson och A. Helte, “GRALE2D - an explicit finite element code for two-dimensional plane and axi-symmetric multi-material ALE simulations”, FOI, Stockholm, FOI-S--1745--SE, 2005.
- [10] P. Skoglund, A. Tjernberg och M. Nilsson, “Fracture modelling of Armox 500T”, FOI, Stockholm under utgivning.
- [11] M. Nilsson, “Constitutive model for Armox 500T and Armox 600T at low and medium strain rates”, FOI, Stockholm, (Teknisk rapport/Technical report), FOI-R--1068--SE, 2003.
- [12] P. Magnusson och M. Hartmann, “Metodik för sårbarhetsvärdering av camper”, FOI, Stockholm, (Metodrapport/Methodology Report), FOI-R--2673--SE, 2008.