



Värdering vapen och skydd, verkan, sårbarhet och risk

Sammanfattning av verksamheten under 2011

MATS HARTMANN, PERNILLA MAGNUSSON

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

FOI-R--3330--SE Underlagsrapport
ISSN 1650-1942 December 2011

Försvars- och säkerhetssystem

Mats Hartmann, Pernilla Magnusson

Värdering vapen och skydd, verkan, sårbarhet och risk

Sammanfattning av verksamheten under 2011

Titel	Värdering vapen och skydd, verkan, sårbarhet och risk Sammanfattning av verksamheten under 2011
Title	Assessment of weapons and protection, lethality, vulnerability and risk Summary of activities during 2011
Rapportnr/Report no	FOI-R--3330--SE
Rapporttyp/ Report Type	Underlagsrapport / Base data report
Sidor/Pages	24 p
Månad/Month	December / December
Utgivningsår/Year	2011
ISSN	ISSN 1650-1942
Kund/Customer	Försvarsmakten
Projektnr/Project no	E20529
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

Forsknings- och teknikutvecklingsprojektet (FoT-projektet) ”Värdering vapen och skydd, verkan, sårbarhet och risk” eller allmänt kallat ”verkansvärdering”, löper under åren 2011-2013. Projektet är kunskapsbärande inom ett spektrum av verksamheter där alla syftar till att förbättra möjligheterna att värdera olika systems prestanda ur ett verkans och sårbarhetsperspektiv. Utöver detta sammanställs även teknisk prestanda för ammunitionssorter som kan tänkas utgöra ett hot mot svensk personal och materiel engagerade i utlandsuppdrag och vid försvar av Sverige.

Rapporten redovisar de verksamheter som bedrivits inom projektet under året. Dessutom ges även en sammanställning över andra projekt som nyttjat den kunskap som verkansvärdering utvecklar, vidmakthåller och tillgängliggör.

Nyckelord: värdering, prestanda, vapen, skydd, stridsdel, risk, verkan, verkansvärdering, hot, ammunition

Summary

The R&D project (Research and technology development project) "Värdering vapen och skydd, verkan, sårbarhet och risk", commonly referred to as "verkansvärdering", is scheduled to run during 2011-2013. The project gives a foundation for knowledge in a wide range of activities, all aimed to improve assessing various systems' performance with a focus on the interaction between the warhead and targets. In addition, technical performance of ammunition types that may pose a threat to Swedish personnel and equipment engaged in foreign missions and the defence of Sweden is compiled.

This report provides a brief description of the activities carried out within the project during the year. It also includes presentations of other projects that utilise the knowledge that the R&D project develops, maintains and makes available.

Keywords: assessment, performance, weapon, protection, warhead, risk, efficiency, vulnerability, lethality, threats, ammunition

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
1.1	Övergripande frågeställningar.....	7
2	Genomförd verksamhet	8
2.1	Handbok verkans- sårbarhets- och riskvärdering.....	8
2.2	Skadekriterier för komponenter.....	8
2.3	Initiering av lagrad/medförd ammunition.....	9
2.4	Hotdatabas.....	9
2.4.1	Utbildning.....	10
2.4.2	Val av och anskaffning av hotammunition.....	10
2.4.3	Experimentell utrustning.....	10
2.5	Människans sårbarhet.....	14
2.5.1	Litteraturstudie: Verkans och sårbarhetsmodeller av människan.....	14
2.5.2	Mätmetodik för trubbigt våld mot thorax.....	15
2.6	Målbeskrivningsarbete till AVAL.....	15
3	Samarbeten och relationer till andra projekt eller organisationer	16
3.1	Inom FOI.....	16
3.1.1	FoT-projektet UV-detonik och sjöminröjning.....	16
3.1.2	FoT-projektet Anläggningskydd med fokus på internationella insatser.....	16
3.1.3	FoT-projektet Energetiska system.....	16
3.1.4	FoT-projekt Vapensystemvärdering.....	17
3.1.5	FoT-transferprojektet SWERISK.....	17
3.1.6	AVAL förvaltningsuppdrag.....	17
3.1.7	Stryktålighet örlogsfartyg.....	17
3.1.8	Verkansvärdering av 27 mm ammunition till JAS Akan.....	18
3.1.9	Verkansvärdering av 81 mm svinggr m/80.....	18
3.1.10	Riskavståndsberäkningar för artilleri och granatkastare.....	19
3.1.11	Systemstöd AVAL till Artilleriregementet.....	19
3.1.12	Utredning splitterzoner.....	20
3.2	Inom Sverige.....	20
3.2.1	KTH, Skolan för teknik och hälsa, avd Neuronik.....	20
3.2.2	Karolinska Institutet, KI.....	20
3.2.3	Användarstöd AVAL.....	20
3.3	Internationellt.....	21
3.3.1	European Working Group on Non-Lethal Weapons (EWG NLW).....	21

3.3.2	European Survivability Workshop	21
3.3.3	Användarstöd AVAL	21
3.3.4	AVAL målbeskrivningar till utländsk kund	21
3.3.5	Verkansvärdering av stridsdel till utländsk kund	21
3.3.6	Människans sårbarhet	21
3.3.7	Utbyte med DRDC Kanada	21
4	Referenser	23

1 Inledning

Det treåriga Försvarsmaktsprojektet Värdering vapen och skydd, verkan, sårbarhet och risk, (benämns oftast Verkansvärdering), bedrivs inom FoT-beställningen och startade våren 2011.

Projektets huvuduppgift är att vidareutveckla de metoder och verktyg som behövs för att kunna analysera och värdera effekten och konsekvenserna av vapenverkan samt de tillhörande risker som användare och tredje man utsätts för. Exempel på produkter gentemot Försvarsmakten är olika typer av underlag inom områdena verkans- och sårbarhetsvärderingar. Underlagen utnyttjas t.ex. vid analyser och värderingar av egna vapensystems och plattformars prestanda inför, under och efter anskaffning samt för motsvarande analys av potentiella motståndares vapen- och skyddssystem. Riskanalyser kan t.ex. nyttjas i olika typer av instruktioner kopplat till användande och handhavande.

Projektet ska också vidmakthålla viss verksamhet inom vapentekniskt hotanalys, t.ex. i form av stöd till huvudman C-IED, olika förband och funktioner (t.ex. EOD- och IEDD-grupper, WIS/WIT-personal). Här har också ett stort arbete lagts ner på bl.a. försöksutrustning för att kunna värdera finkaliberhot och skydd mot dessa. Detta arbete kommer att drivas vidare för att FOI ska kunna leverera bra kvalitet på tekniska prestandaundersökningar vad gäller olika typer av finkaliberhot.

Projektet ska dessutom utveckla förmågan att värdera människans sårbarhet i såväl ett verkans- som skyddsperspektiv. Detta är en nysatsning och bedrivs delvis i samverkan med Försvarsrelaterad medicin och skyddskompetensen på FMV.

Utöver detta avser projektet att sprida kunskap om, möjligheterna med och vikten av att genomföra olika typer av värderingar inom FM och FMV.

1.1 Övergripande frågeställningar

Projektet avser att arbeta med följande frågeställningar:

- Hur ska man värdera vapensystems verkan i olika typer av mål?
- Vilken funktionsförändring inträder hos ett mål som utsatts för en viss typ eller kombinationer av olika typer av vapenverkan?
- Vilka vapen/ammunitionssorter/typiska IED-utförningar kan tänkas utgöra hot mot svensk personal och materiel och vilka tekniska prestanda har dessa?
- Hur ska risker i samband med vapeninsatser analyseras?
- Hur kan man förbättra möjligheterna att analysera vapenverkan mot människan?

2 Genomförd verksamhet

2.1 Handbok verkans- sårbarhets- och riskvärdering

Värderingskompetens är en viktig del i kedjan för att kvantifiera och presentera nyttan av mer grundläggande tekniker eller forskningskoncept, både avseende verkan och skydd, på en plattform- eller systemnivå. Utgående från kunskap om verkan av stridsdelar och värderingsmetoder kan exempelvis bedömningar av risk för egen personal samt tredje part i samband med vapeninsatser genomföras.

En utökad kunskap om värderingar och värderingsverktyg kan nyttjas som stöd vid t.ex. materielanskaffning och materielutveckling, avvägningar av vilken materiel som är lämplig i olika stridsmiljöer, studier, utbildning och föreskrifter gällande användningssätt av vapenmateriel samt taktiskt uppträdande.

Värdering och värderingsmetodik som begrepp förekommer i många sammanhang inom organisationer som Försvarmakten, FOI och FMV. Det är inte alltid självklart vad som avses och vilken typ av verksamhet som förväntas då de olika myndigheterna stundtals använder samma begrepp, men med olika innerbörd.

Ett första utkast till en handbok som beskriver hur olika typer av värderingar kan och bör genomföras publicerades under året [1]. Handboken innefattar även ett första förslag till nomenklatur med ordförklaringar. Syftet med handboken är att sammanställa den kunskap som finns, hitta luckor där kunskap saknas och att ge ett stöd så att värderingar kan utföras på likartat sätt flera vid olika tillfällen och av olika utförare. Genom att värderingar genomförs på likartat sätt ökar möjligheterna för avnämaren av resultat att förstå både möjligheter med, begränsningar hos och resultaten av värderingsarbetet.

Handboken utgör även en koppling till andra militära och civila metodbeskrivningar och definitioner av den nomenklatur som används vid värderingar.

Utkastet ger en bild om vilken typ av information som är tänkt att återfinnas i handboken. Arbetet med handboken har vilat under hösten 2011, för att invänta kommentarer på det utkast som publicerades i juni. Under 2012 återupptas arbetet för att fortsätta sammanställandet av handboken med hänsyn tagen till de inkomna synpunkterna. Senare versioner kommer att kompletteras med mer detaljerade redovisningar för att beskriva hur värdering i olika verktyg eller med olika metoder praktiskt genomförs och används.

2.2 Skadekriterier för komponenter

I samband med vapenverkansvärdering med hjälp av simuleringsprogram som t.ex. AVAL följer man varje enskilt splitter eller varje projektil (nedan benämnda penetratorer) längs sina banor för att identifiera vilka komponenter eller delar i ett mål som träffas. Varje penetrator ges vissa fysikaliska egenskaper såsom hastighet, anslagsvinkel, massa och storlek och utifrån dessa och den träffade komponentens egenskaper avgör simuleringsprogrammet om komponenten överlever eller upphör att fungera. För att kunna bedöma den träffade komponentens skada behövs olika skadekriterier (även kallade utslagskriterier) P_k (kill probability) eller $P_{k|h}$ (kill probability given hit). Dessa beskriver hur skadesannolikheten/utslagssannolikheten varierar med penetratorns egenskaper.

Under året planerades att fortsätta med utvärderingen av den experimentella studie som presenterades 2010 [2, 3], men detta arbete har förskjutits i tiden till förmån för en större arbetsinsats med yaw-kamerasystemet. Arbetet kommer att återupptas under 2012 med fortsatt utprovning och eventuell omarbetning av den tidigare föreslagna simuleringsbaserade metodiken [4, 5].

2.3 Initiering av lagrad/medförd ammunition

Icke önskad initiering av explosiv- och drivämnen är såväl ett militärt som civilt problemområde. Det sträcker sig från initiering av ammunitionslagret i ett stridsfordon eller i ett fartyg till militära och civila transporter och förvaring. Initieringen av explosiv- eller drivämnet kan bero på flera orsaker, t.ex. träff av någon form av penetrator t.ex. RSVⁱ, finkaliber, brand, stötvåg eller tryck från angränsande detonation.

Ett exempel är ett stridsfordon som penetreras av en RSV-stråle vilken kanske inte skulle gjort större skada än slå ut komponenterna i skottlinjen. Det är inte helt osannolikt att fordonet kan överleva en sådan träff och vara stridsdugligt även om projektilen penetrerar pansaret (givetvis mycket beroende på träffpunkt och skjutriktning). Men om RSV-strålen träffar och initierar ammunitionen ombord är sannolikheten för total utslagning mycket stor.

En studie av initieringsförlopp av explosivämnen har inletts inom projektet. Syftet är att bedöma om den modell som finns i AVAL är bra nog eller om den behöver förbättras samt hur man kan hitta och ansätta indata till modellen. Arbetet bedrivs i samarbete med FoT-projektet Energetiska system.

AVAL använder idag fenomenologiska modeller för de tre reaktionsformerna,

- $V^2 d^{ii}$, initiering till detonation.
- Deponerad energi, initiering till deflagration.
- Deponerad energi, initiering till brand.

Det finns många parametrar som påverkar initieringen av ett explosivämne, exempelvis hur det är inneslutet, mängden och typen av omgivande material, om det är i kontakt med omgivande material eller om det finns luftspalter samt givetvis dess egenskaper. Det finns även flera olika mekanismer som kan leda till initiering t.ex., via en stötvåg från anslag eller via sekundära stötvågsreflektioner via höljet eller p.g.a. den kraftiga materialdeformation som uppstår då det penetreras. Det så kallade $V^2 d$ -kriteriet klarar av att hantera några av dessa fall. Det bör dock utredas om det är tillräckligt användbart för de tillämpningar som hanteras i AVAL. En litteraturstudie har inletts och är planerad att slutföras under detta år. Under 2012 planeras jämförelser mellan AVAL-simuleringar och tidigare genomförda experiment.

2.4 Hotdatabas

Inom ramen för FoT-beställningen har projektet uppgiften att skapa, driva och förvalta en hotdatabas. Med hotdata menas här en samling tekniska prestanda hos ammunitionssorter som kan klassas som hot mot svensk trupp. Databasen innehåller grundläggande teknisk prestanda för vissa typer av ammunition (i huvudsak penetrerande hot). För att den här typen av data ska ha något värde vid analys och värdering krävs data med hög tillförlitlighet och kvalitet. Här utgör väl genomförda experiment en viktig källa. Dessutom krävs att projektet samarbetar med andra projekt som karakteriserar stridsdelar av andra anledningar och försöker påverka försöken så att resultaten även är tillämpbara till detta ändamål. Målet är att det ska bli lättare att välja lämpliga skyddsnivåer givet detaljkunskap vad gäller prestanda hos olika ammunitioner. Det bör även gå snabbare att föreslå materielförändringar baserade på akuta behov.

För att detta ska vara möjligt krävs detaljerad kunskap om en ammunitioners verkan i olika måltyper. Denna information måste vara av hög kvalitet så att användaren inte leds att undervärdera ett hot eller övervärdera skyddsprestandan hos ett system. För att säkerställa

ⁱ Riktad sprängverkan

ⁱⁱ Initieringskriterium baserat på en karakteristisk hastighet V och diameter d

kvaliteten på data för finkaliber- och splittersimulatorer (FSPⁱⁱⁱ) har projektet utvecklat och driftsatt en försöksanläggning där verkan i olika måltyper kan testas på ett precist och rationellt sätt. Arbetet med att karakterisera ammunition har påbörjats. För att välja vilka ammunitionssorter som ska prioriteras kommer det krävas ett nära samarbete mellan de intressenter som kartlägger förekomst av vapen/ammunition, identifierar och röjer upphitade ammunitionseffekter samt arbetar med ballistiska skydd.

En av de grundläggande tankarna med databasen är att den ska samla högkvalitativa experimentella data och sammanställa dessa i lämpliga diagram- och tabeller. Till att börja med kommer data för finkaliberprojektiler och splittersimulatorer redovisas, senare ska även data för olika RSV- och EFP^{iv} stridsdelar samt splitterstridsdelar tillföras. Möjligen måste databasen då delas i en del per stidsdelstyp, men det återstår att se.

Parallellt med skapandet av hotdatabasen avtappas även kunskap om utländska vapen och hotammunitionens prestanda vid behov.

2.4.1 Utbildning

Under året har utbildning i kriminalteknisk säkerhetsunderrättelsetjänst (KTSU) genomförts vid två tillfällen. Utbildningen har rört ammunitionsteknisk underrättelsetjänst, utländsk vapenmateriel och ammunition samt militär forensik och har genomförts i samverkan med FMV.

2.4.2 Val av och anskaffning av hotammunition

Arbetet med urval och anskaffning av hotammunition har pågått kontinuerligt under året. Som tidigare erfarits föreligger mycket stora svårigheter i anskaffningen av relevant hotammunition och det kan konstateras att detta arbete måste bedrivas mycket långsiktigt. På grund av den omfattande byråkrati och logistik som krävs för import av ammunition kan man inte förutsätta att hotammunition som identifierats och lokaliserats på marknaden kan levereras inom samma projektperiod som den beställts, vilket ställer höga krav på kontinuitet och gränsöverskridande projektplanering.

2.4.3 Experimentell utrustning

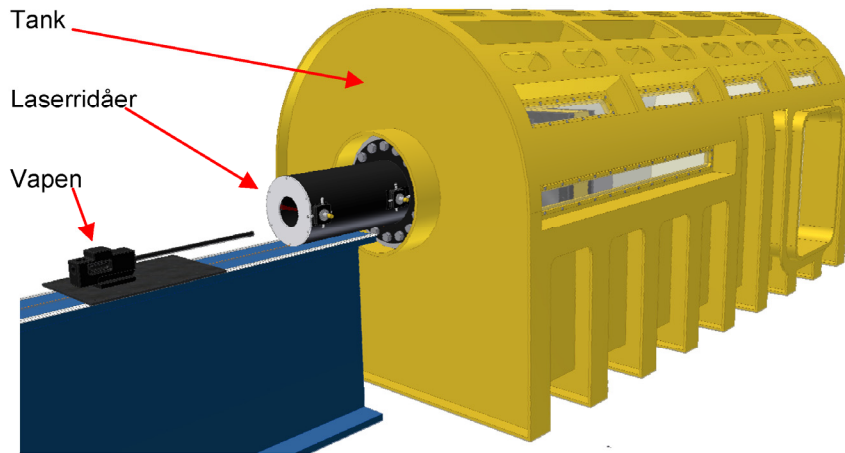
Finkaliberanläggningen är en anläggning för högkvalitativ provning av olika typer av ammunition mot olika typer av målobjekt. Dessa provningar kan vara av olika karaktär och ha olika syften. Skyddsmaterial kan karakteriseras genom V_{50} -försök medan färdiga skyddssystem oftast verifieras genom så kallad stoppskjutning. Vid V_{50} -försök bestäms gränshastigheten för 50% sannolikhet för penetration av ett målobjekt medan i en stoppskjutning verifieras skyddets förmåga mot en projektil med given anslagshastighet. I båda fallen ska hastigheten hos projektilen kunna varieras kontrollerat inom ett litet hastighetsintervall. Inom ramen för utvärdering av finkaliberanläggningen har det varit nödvändigt att dels fastställa metoder och rutiner för nedladdning (hastigheten varieras med hjälp av krutmängden i patronen) och ta fram omladdningstabeller, dels experimentellt undersöka projektilpendlingar för olika ammunitionssorter och verifiera dessa med ballsitikberäkningar.

Figur 1 och Figur 2 visar skisser över finkaliberanläggningen. Vapnet är placerat på en balk med skjutriktning in mot en tank där två mätramar samt målhållare är monterade. På utsidan av tanken framför vapnet finns två laserridåer för triggfunktion monterade på ett bestämt inbördes avstånd. Den första mätramaren är monterad på längsgående räls parallella med skottlinjen och kan låsas i önskad position. Den andra ramen är tillsammans med målhållaren monterad på en vagn som även den är monterad på rälsen och är justerbar i

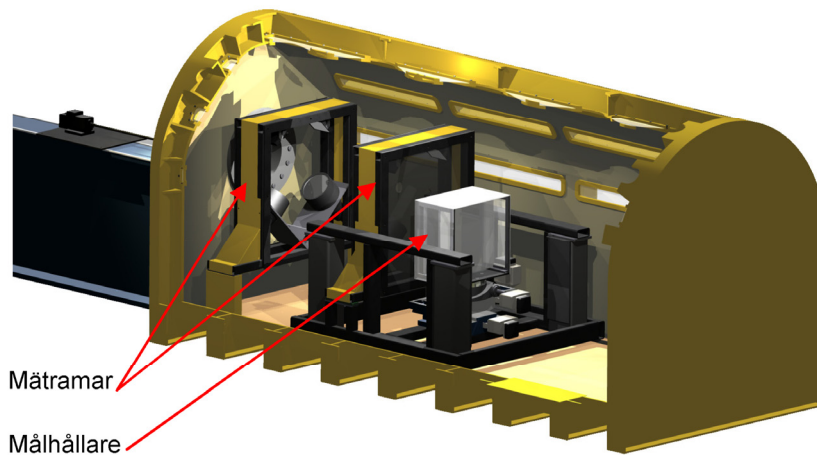
ⁱⁱⁱ Fragment simulating projectile, en splittersimulator

^{iv} Explosively formed projectile, RSV typ 4

position samt låsbar. Avståndet mellan de två ramarna kan varieras för att kunna täcka in ett stort hastighetsintervall och måste vara tillräckligt långt för att ge hög noggrannhet vid bestämning av projektilhastigheten (medelhastighet mellan mätpositionerna). Avståndet mellan mätramarna närmast målet och målet är så litet som möjligt, men begränsas nedåt av ramens samt målhållarens utsträckning i skjutriktningen.

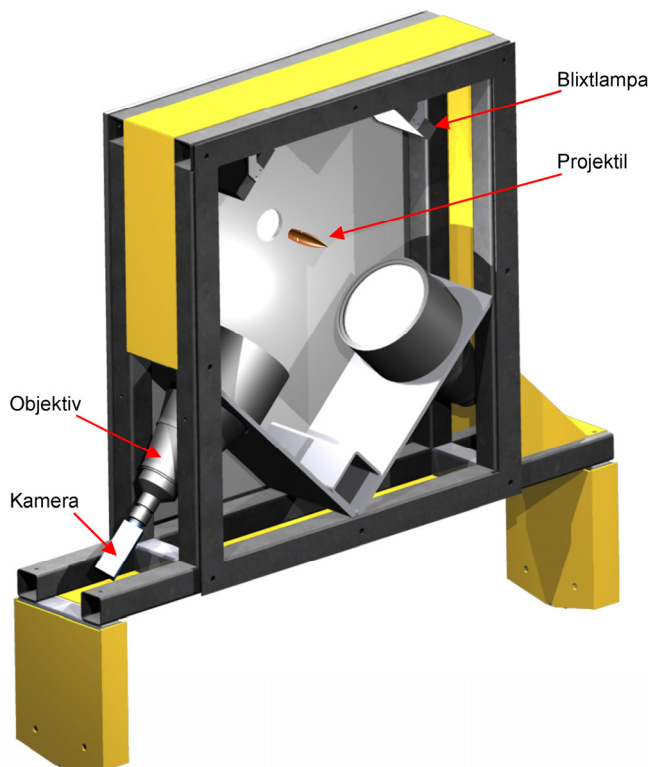


Figur 1: Vapenbalk och måltank.

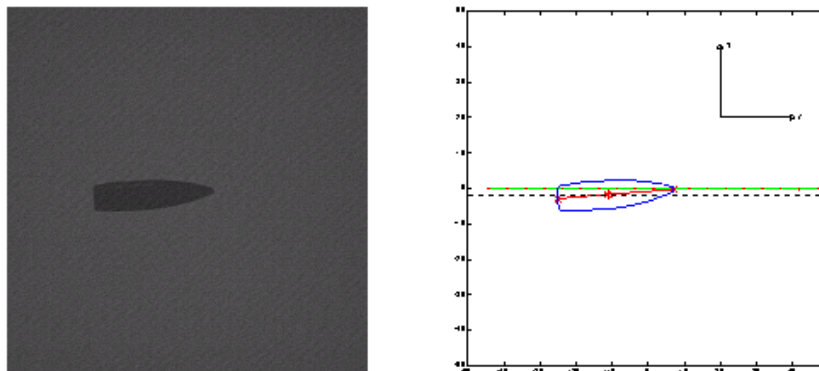


Figur 2: Utrustning i måltanken.

Varje mätram innehåller två kameror och tillhörande blixtlampor som avbildar projektilen som skuggbilder i två vinkelräta projektioner, se Figur 3. Totalt tas fyra bilder av projektilen vid två tidpunkter. För att kunna bestämma projektilens position och riktning i varje bild används motsvarande fyra bilder av en referensskala som placerats centralt i bildfälten genom båda mätramarna. Ur dessa positioner och riktningar beräknas sedan projektilens snedställning och dess medelhastighet mellan mätramarna. Målet är att även periodtiden för projektilens pendling skall kunna bestämmas. Avsikten är att med hjälp av periodtiden kunna extrapolera projektilens snedställning till anslagsögonblicket. Figur 4 visar bild på en projektil och den analyserade bilden med referensskala (grön linje) och projektilbana (svart linje) införda.



Figur 3: Mätfram med ett kamerapar.



Figur 4: Ett foto av en projektil till vänster och bildanalysresultat till höger.

2.4.3.1 Statistisk utvärdering av V_{50}

För att kunna jämföra och värdera skyddsförmågan hos olika skydd eller verkansförmågan hos olika projektiler krävs att utvärderingen sker på ett likvärdigt sätt. Ofta genomförs gränshastighetskjutningar där gränshastigheten tas fram med hjälp av en statistisk utvärderingsteknik. FOI har tidigare tagit fram en sådan metod [6] men p.g.a. personalomsättning har utvecklingen för tillfället avstannat men nu pågår verksamhet för att fortsätta denna.

Metoden använder maximum-likelihood-metoden för att skatta de okända parametrarna med hjälp av utfallen från skjutförsök (t.ex. genomslag eller ej) och de korresponderande anslagshastigheterna. Konfidsensintervall beräknas därefter med hjälp av likelihoodkvotstet. Under hösten har arbetet fokuserats på att analysera metoden samt kunna förbättra dokumentationen och eventuellt modifiera analysmetoden.

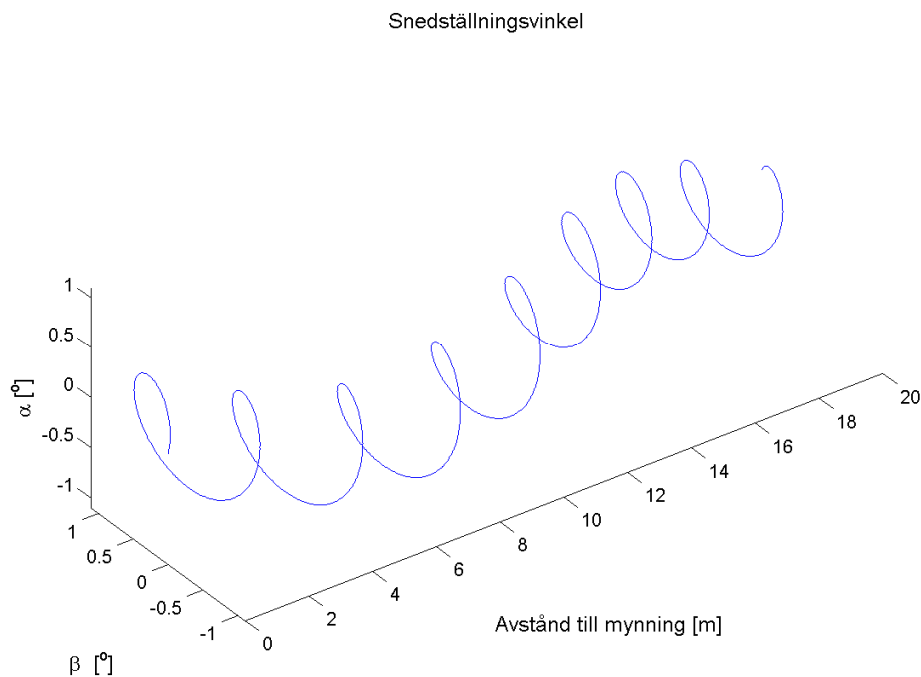
2.4.3.2 Prodas

Prodas V3 är ett integrerat programpaket för design och analys av alla typer av projektiler. Grundpaketet i *Prodas*, *Main analysis package*, innehåller en modelleditor med vars hjälp rotations- och fenstabiliserade ostyrda projektiler kan modelleras geometriskt samt massa och massfördelning bestämmas. Projektilernas aerodynamik beräknas med hjälp av empiriska formler som bygger på skattningar gjorda utifrån aerodynamiska friflyktsbanor. Både massa, massfördelning och aerodynamik kan justeras godtyckligt.

Projektilbanor kan beräknas i 4 frihetsgrader med hjälp av den modifierade punktmassemodellen eller, som den kompletta stelkroppsrörelsen i 6 frihetsgrader. Vidare kan enklare skjuttabeller och vissa spridningsdata beräknas samt projektilens stabilitet bestämmas. Det finns även möjlighet att skatta viss aerodynamik med hjälp av s.k. ”yaw cards”.

Det finns tilläggsmoduler till *Prodas* för bl.a. innerballistik, eldrörsdynamik, raketmotorer, styrda banor och navigering, analys av radarmätningar, slutballistik, KE^v -penetration, splitterbildning, RSV-strålbildning och penetration samt effektiviteten hos kanonsystem.

Inom projektet har *Prodas* använts för att stödja experimentell undersökning av hotammunition genom att beräkna projektilens dynamik i form av periodlängd för pendlingsrörelser, se exempel i Figur 5. Tillsammans med attitydvinklar uppmätta i yaw-kameran används pendlingsperioden för att extrapolera attityden till anslag i målet. Skjuttabeller har också beräknats och jämförts med tillgängliga originaltabeller.



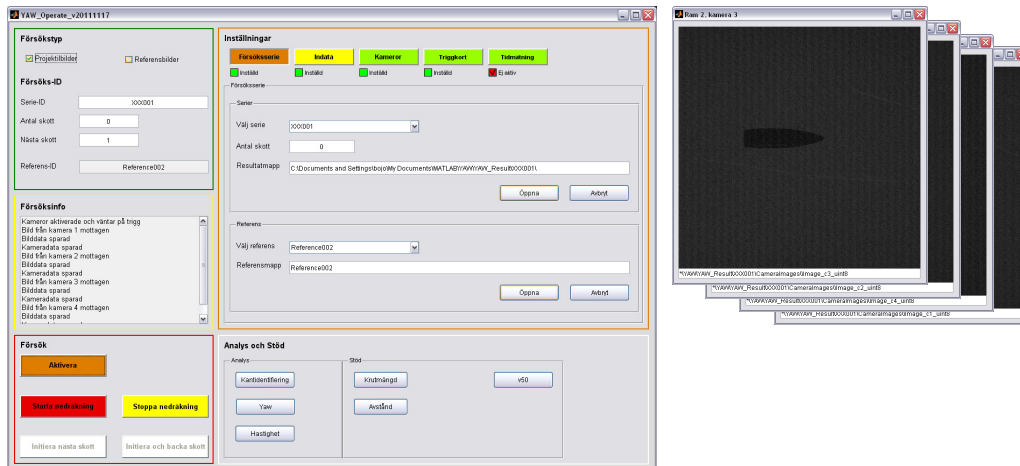
Figur 5: Resultat från *Prodas*-beräkning av projektils snedställning som funktion av avståndet till mynningen.

2.4.3.3 Användargränssnitt till finkaliberanläggningen

Parallellt med utvecklingen av finkalibersystemet pågår framtagandet av ett användargränssnitt för att styra systemet, spara data och analysera data från försöken. Användargränssnittet skrivs i Matlab och nuvarande utseende på det primära användargränssnittet samt resultatbilder illustreras av Figur 6. I gränssnittet medges två typer av försök: projek-

^v Kinetisk Energi

tilbilder alternativt referensbilder. Där finns inställningar av försöksserie och referens, indata, kameror samt triggkort. Inställningar för tidmätning sker idag utanför gränssnittet, men kommer i framtiden att inkluderas. I gränssnittet finns knappar som skall kopplas till olika analys- och stödfunktioner. Analysfunktionerna för kantidentifiering utifrån projekttilbilder, beräkning av projekttilsnedställning och projekttilhastighet används idag utanför gränssnittet men sekundära gränssnitt för dessa är under utveckling. Stödfunktioner för bedömning av lämplig krutmängd och exempelvis lämpligt avstånd mellan vapen och mål inför nästa skott samt beräkning av exempelvis V_{50} sker även det utanför gränssnittet idag men bör även det vara möjligt att inkorporera.



Figur 6: Utseendet på det primära användargränssnittet med resultatbilder.

2.5 Människans sårbarhet

Inom projektet ingår verksamhet avseende människans sårbarhet. Detta arbete har sammanfattats i en tidigare lägesrapport [7]. Målet med verksamheten är att FOI ska kunna stödja Försvarsmakten i beslut som gäller vapensystems verkan i mjuka mål, skyddskapacitet i personliga skyddssystem samt risk för egen personal.

Verkansvärdering mot människan görs vanligen för att bedöma sannolikheten för reduktion av soldatens kapacitet (utslagning) efter träff av ett givet vapen eller för att utvärdera risken för skada vid beskjutning. Frågan kan gälla verkan av egna vapensystem alternativt skyddskapacitet mot fiendliga vapensystem.

Idag fokuserar många verksamheter istället på risk för skada hos egna soldater eller civila vid övning och daglig hantering av egna vapensystem. Detta ställer krav på alternativa skadekriterier för lägre skadenivåer än de traditionella utslagskriterierna. Det kräver även en analys av vad som är tolerabel risk för olika typer av skador hos personal inom Försvarsmakten och för civila. Inom projektet studeras alternativa kriterier och metoder för att kunna hantera små sannolikheter och mindre allvarliga skador. SWERISK (se även kap.3.1.5) är ett exempel på verktyg som tagits fram just för att täcka behovet för att denna typ av frågeställningar, i detta fall kopplat till rövning av oexploderad ammunition.

2.5.1 Litteraturstudie: Verkans och sårbarhetsmodeller av människan

En litteraturstudie över befintliga sårbarhetsmodeller och utslagskriterier för människan vid våld från konventionella vapeneffekter har genomförts [7]. I första hand studerades ett antal V/S/L-modeller (Vulnerability, Survivability och Lethality), vilka beräknar sannolikheten för träff och utslagning grundat på statistiska metoder av Monte Carlo-typ samt indata om vapenspridning, penetrationsmekanik och sårbarhetsanalys. De V/S/L-modeller som togs med var AVAL, ComputerMan, SLAMS, MIC och VeMo-S. Litteratursökningen

inkluderade även skadekriterier baserade på energi och hastighet för både penetrerande och trubbigt våld. Denna typ av enklare skadekriterier har många användningsområden vid analys av risker för egen personal.

Ett av syftena med studien var att ta fram underlag för hur en detaljerad modell av människan kan vidareutvecklas, antingen som egen fristående modell eller som del av AVAL. Områden av intresse att studera vidare är alternativa och vävnadsspecifika sårbarhetskriterier samt en mer detaljerad anatomimodell.

2.5.2 Mätmetodik för trubbigt våld mot thorax

Vid utvärdering av effekten av trubbigt våld (t.ex. kravallammunition i form av gummikulor) mot människan används på FOI bland annat en surrogatbröstkorg tillverkad i ett gummiliknande material. En projektils skadepacitet utvärderas genom att skjuta projektilen på bröstkorgen och registrera intryckningsförloppet när projektilen träffar bröstkorgen. Risker för skada utvärderas från bröstkorgsväggens deformation och deformationshastighet. Med målet att förbättra noggrannheten i mättekniken liksom effektiviteten i försöken har två parallella studier på metodiken utförts:

- Utvärdering av ny mätmetod baserad på triangulering med laser [8].
- Analys av inverkan av avstånd mellan utvärderingspunkt och träffpunkt [9]

Under arbetet med IDV^{vi}-ammunition och test i plastilina^{vii} framkom även ett behov av att förklara det skadekriterium från NIJ standard 0101.06^{viii} som används för utvärdering av BAPT^{ix} och IDV-ammunition. För att klargöra bakgrunden till kriteriet samt till dess gränsvärde på 44 mm inträngningsdjup gjordes en kortfattad genomgång av de publikationer från 1970-talet som gav upphov till kriteriet [10].

2.6 Målbeskrivningsarbete till AVAL

I samband med att FOI skapat målbeskrivningar till utländsk kund har ytterligare en person lärts upp för att kunna skapa den geometriska delen av målbeskrivningar, vilket stärker FOI:s möjligheter att vid behov kunna stötta FM och FMV med målbeskrivningar. Denna upplärningsprocess genomfördes i samverkan mellan verkansvärderingsprojektet och den utländska beställningen.

Under arbetet med målbeskrivningarna blir det även tydligt att vi har stort behov av systemkunskap om olika typer av plattformar och hur svårt det är att på ett enhetligt sätt ansätta skadekriterier till de olika komponenter som skapas, se även kap. 2.2.

^{vi} Icke dödande vapen

^{vii} Plastilina är en typ av modeller som är väl specificerad och som används i standardiserade tester av trubbigt våld

^{viii} NIJ 0101.06 anger testmetoder och gränsvärden för test av kroppsskydd inklusive skydd mot BAPT. Skyddet mot BAPT testas genom att mäta inträngningsdjupet i plastilina som placeras bakom skyddet.

^{ix} Behind armor blunt trauma - Trubbigt våld bakom skydd

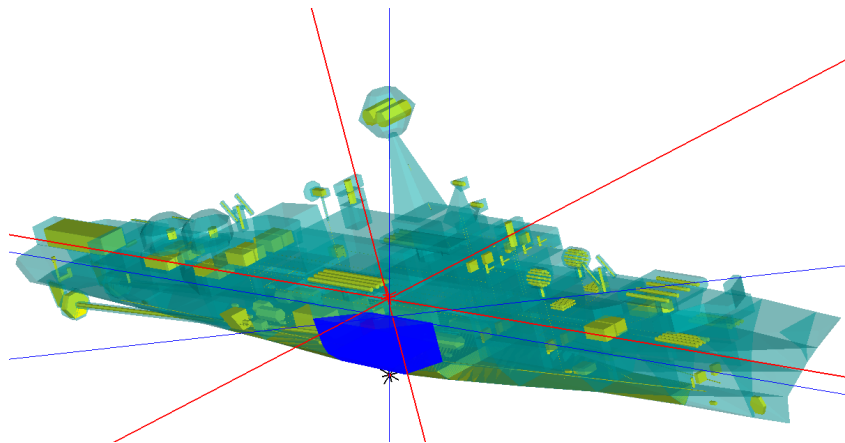
3 Samarbeten och relationer till andra projekt eller organisationer

FoT-projektet ”Värdering vapen och skydd, verkan, sårbarhet och risk” är ett kunskapsprojekt. Kunskapen kommer dock sällan till direkt nytta inom ramen för projektet utan används i andra projekt med tydligare och mer avgränsade uppgifter att lösa. Här följer några exempel på hur kompetensen nyttjats.

3.1 Inom FOI

3.1.1 FoT-projektet UV-detonik och sjöminröjning

Projektet ”UV-detonik och sjöminröjning” som till stor del arbetar med undervattensstridsdelar har under året även börjat studera målresponser på plattformsnivå, se Figur 7. Detta sker initialt via samverkan med verkansvärdering och AVAL-förvaltning genom att AVAL:s modeller och möjligheter att ge indata till AVAL från andra program undersöks [11]. Genom detta får verkansvärdering bättre underlag vad gäller vilka modeller som behöver förbättras samtidigt som värderingskunskapen sprids till andra FoT-projekt.



Figur 7: Exempel på fartyg efter undervattensdetonation och därpå följande vatteninströmning.

3.1.2 FoT-projektet Anläggningskydd med fokus på internationella insatser

Inom ramen för FoT-projektet ”Anläggningskydd med fokus på internationella insatser” pågår arbete med att återta den experimentella förmågan att karakterisera splinterstridsdelar. Verkansvärdering deltar även i detta arbete för att säkerställa att framtagna data kan nyttjas i värderingsprogrammen. Projektet har även utarbetat en utvärderingsmetodik för att ta fram simuleringsmodeller (stridsdelsbeskrivningar) av splinterstridsdelar baserat på experimentella resultat [12].

Ytterligare en beröringspunkt mellan projekten är de trycksimuleringar som genomförs inom ramen för ”Anläggningskydd med fokus på internationella insatser”, som kommer att användas för att jämföra med den mycket enklare tryckmodell verkansvärdering arbetar med att skapa.

3.1.3 FoT-projektet Energetiska system

En serie möten har genomförts med deltagare från projekten för att skapa ömsesidig förståelse för olika behov relaterat till initiering av ammunition och för att projekten ska kun-

na stötta varandra. Hitintills har detta främst skett genom att projektmedarbetare delat med sig av information som bedömts vara relevant för de andra projekten. Se även kap. 2.3.

3.1.4 FoT-projekt Vapensystemvärdering

Inom Vapensystemvärdering studeras bland annat prestandan hos styrd ammunition. Verkansvärderingsprojektets kompetens nyttjas där för att bedöma verkan från stridsdelen då styrfasen är över.

3.1.5 FoT-transferprojektet SWERISK

Vid röjning av explosivämnesfyllda objekt måste man snabbt kunna bedöma risken för skador på personal och civila som befinner sig i närheten. Inom ramen för Försvarmaktens Transferprogram och i samverkan med SWEDEC^x vidareutvecklas nu ett datorbaserat verktyg, SWERISK som ska kunna nyttjas för bedömning av vilket riskområde som måste upprättas i samband med röjning. Med risk avses här att personal och/eller civila kan komma till skada.

SWERISK är från början utvecklat tillsammans med SWEDEC och tänkt att nyttjas av ammunitionsröjledare i fält. Programmet beräknar risken för splitterskada som funktion av avståndet från en detonerande stridsdel som ligger ner på marken, t.ex. en oexploderad ammunition (OXA) eller en improviserad sprängladdning (IED). Riskavståndet beräknas dels utifrån olika internationellt vedertagna metoder, dels enligt en av nyutvecklad modell där mer detaljinformation utnyttjas (stridsdelens konstruktion, splitterballistik och människans sårbarhet för splitter). Exempel på ytterligare användningsområden är beräkning av riskområde vid artilleribekämpning, eller vid flygbombfällning mot markmål.

Kompetens från verkansvärdering nyttjas för bedömning av skador på personer som träffas av splitter, splitterballistik, allmän funktion hos splitterstridsdelar samt för metodik vid riskbedömningar.

3.1.6 AVAL förvaltningsuppdrag

AVAL^{xi} (Assessment of Vulnerability And Lethality) är det huvudsakliga verktyget för värdering av vapenverkan i olika typer av mål [13].

Förvaltningsuppdraget som Försvarmakten beställt av FOI omfattar underhåll, felrättning, vidareutveckling och försäljning av AVAL samt att FOI ska tillhandahålla användarlicenser och användarutbildning inom Försvarmakten, FMV och FOI. Inom ramen för förvaltningsuppdraget kan nya eller modifierade modeller implementeras i AVAL, men för att skapa dessa modeller krävs också andra verksamheter varav verkansvärderingsprojektet utgör en viktig del.

För att kunna stötta användare av AVAL med kunskap annan än hur programmet hanterar indata, t.ex. med tips om hur olika typer av simuleringar kan genomföras krävs den typ av kompetens som verkansvärderingsprojektet genererar. På motsvarande sätt ger de frågeställningar som behandlas inom verkansvärdering och de modeller som skapas underlag för fortsatt utveckling av AVAL.

3.1.7 Stryktålighet örlogsfartyg

Under hösten fick FOI i uppdrag att stötta FMV i ett projekt som ska behandla ytfartygs möjligheter att tåla vapenverkan [14]. Projektet kommer bland annat att arbeta med metodfrågor - hur man ska bedöma stryktålighet samt med nomenklatur-, d.v.s. betydelsen av

^x Swedish EOD and Demining Centre

^{xi} Se t.ex. www.foi.se/aval för mer information om värderingsverktyget AVAL

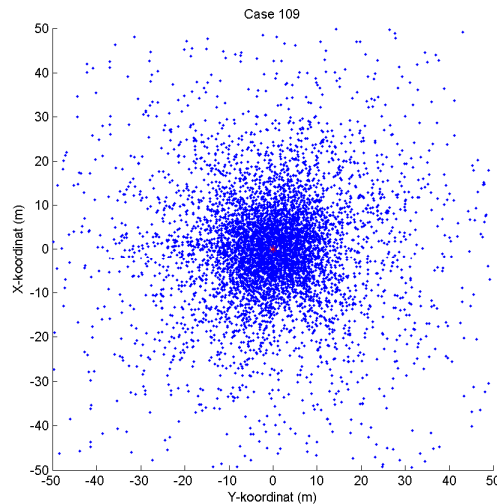
olika begrepp. Arbetet kommer delvis att ske i samverkan med handboksdelen i verkansvärderings-projektet för att därigenom skapa en gemensam begreppsflora och gemensamma metodbeskrivningar. Samverkan sker i huvudsak genom att samma personal arbetar med likartade uppgifter i båda projekten.

3.1.8 Verkansvärdering av 27 mm ammunition till JAS Akan

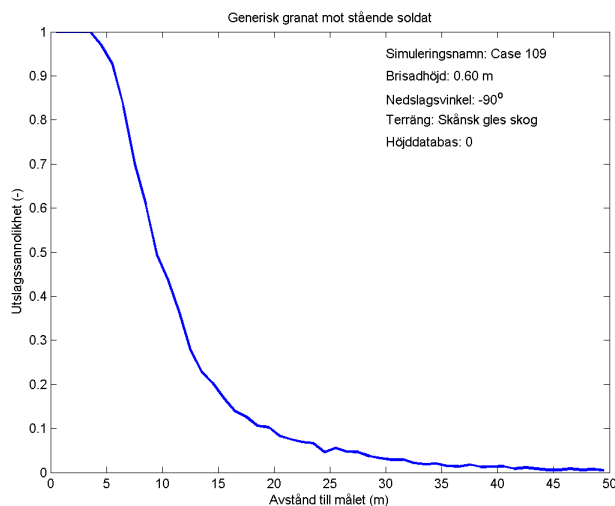
Den grundläggande värderingskompetensen inom projektet har nyttjats för att värdera verkan av olika ammunitionssorter och inverkan av salvlängd hos automatkanonen på JAS 39 Gripen [15].

3.1.9 Verkansvärdering av 81 mm svinggr m/80

Projektets metodikunskaper har nyttjats för att värdera verkan av svinggr m/80. Metodbeskrivningen för verkanssimuleringarna separatredovisas för att därigenom förenkla upprepande av arbetet och för att kunna utnyttja samma eller en liknande beskrivning i handboken [16]. Resultaten från själva värderingen är hemliga och ingår inte i metodbeskrivningen, däremot exemplifieras resultaten med simuleringresultat skapade med en generisk granat. Figur 8 och Figur 9 ger exempel på sådana resultatredovisningar.



Figur 8: Exempel på resultatredovisning. Målet står i origo och är markerat med en röd *, de blå punkterna redovisar brisadpunktslägen där granaten slog ut målet.



Figur 9: Exempel på resultatredovisning. Sannolikhet att målet slås ut som funktion av avståndet mellan mål och brisadpunkt.

3.1.10 Riskavståndsberäkningar för artilleri och granatkastare

I arbetet med utveckling av Skjutreglemente för Artilleri och Granatkastare har det under en längre tid funnits behov av en metodik för hantering av riskavstånd i strid. FOI har på uppdrag av FMV tagit fram riskavstånd för fyra olika vapensystem [17]. Metodiken för att ta fram riskavstånd ska vara spårbar och interoperabel. Det slutliga målet med arbetet är även att skapa underlag inför ett eventuellt nytt oplatskort.

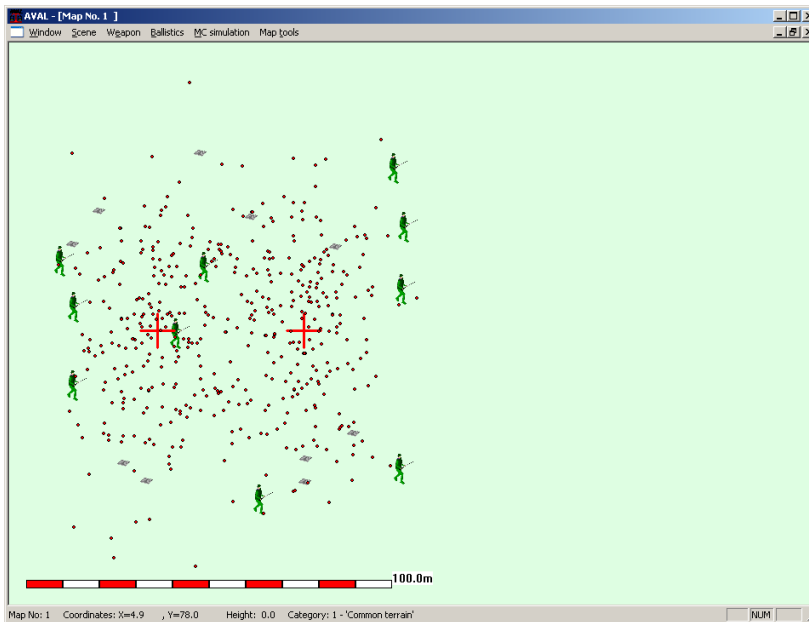
Huvudsyftet med studien var att med hjälp av simuleringar i AVAL skapa en tabell med riskavstånd för egen personal och civila vid eldgivning. Den resulterande risktabellen ska motsvara exempel ur NATO:s tabeller [18]. I denna anges riskavstånd för 10 % respektive 0,1 % sannolikhet för en allvarlig skada eller död för stående soldater med vinteruniform och hjälm samt med vinteruniform, skyddsväst och hjälm.

Riskavstånden beräknades både med SWERISK och med AVAL. För att resultaten skulle vara jämförbara begränsades AVAL-simuleringarna till enstaka granat och enstaka vapenplattform men med normal träffpunktsspridning, vilket gav betydligt kortare riskavstånd än NATO:s tabeller anger.

3.1.11 Systemstöd AVAL till Artilleriregementet

Projektets metodkunskaper samt delar av underlaget som tagits fram inom ramen för värderingen av 81 mm svinggr m/80 har utnyttjats för att skapa simuleringunderlag till Artilleriregementet [19, 20]. Regimentets simuleringsarbete kommer bland annat studera inverkan av nedslagsvinkel och brisadhöjd för att skapa underlag för nya oplatskort.

Till skillnad mot värderingen av prestanda hos granaten, som i värderingen av 81 mm svinggr m/80, är det i detta fall systemeffekten av ett rimligt antal vapenplattformars bekämpning av ett mål som ska bedömas. På grund av detta måste även träffpunktsspridning och antal skott per vapen behandlas. Figur 10 ger ett exempel på träffpunktsspridning efter 25 simuleringscyklar vid bekämpning med två granatkastare som vardera skjuter nio granater.



Figur 10: Exempel på markerade brisadpunkter och riktpunkter efter 25 Monte Carlo cykler med två granatkastare som skjuter 9 granater vardera mot en grupp bestående av 10 soldater.

3.1.12 Utredning splitterzoner

Utredningen behandlar riskavstånd för eget flygplan vid fällning av splittergenererande bomber och sker på uppdrag av FMV. Projektet nyttjar bland annat kunskap om splittergenerering och splitterballistik för att bestämma inom vilket område flygplanet inte ska befinna sig då bomben detonerar. Detta projekt nyttjar även mycket kunskap från utvecklingen av SWERISK, se kap. 3.1.5.

3.2 Inom Sverige

3.2.1 KTH, Skolan för teknik och hälsa, avd Neuronik

FOI har inom ramen för projektet haft kontakt med Skolan för teknik och hälsa på Kungliga tekniska högskolan. Ett samarbetsprojekt genomfördes 2010 med avdelningen Neuronik för att analysera nacklaster som följd av projektilanslag på skyddshjälm [21]. Diskussioner om fortsatta samarbeten har pågått under 2011 och inför vintern 2011-2012 planeras ett samarbetsprojekt inom ramen för en FMV-beställning där FOI och KTH tillsammans ska studera hur nacklasterna vid accelerationsvåld beror av små ändringar i hjälm massa samt tyngdpunktspacering i hjälmen.

3.2.2 Karolinska Institutet, KI

FOI håller kontinuerlig kontakt med enheten för Experimentell Traumatologi på KI gällande trubbigt våld mot thorax. KI bedriver även verksamhet om skador på huvudet relaterade till explosioners skademekanismer vilket FOI följer.

3.2.3 Användarstöd AVAL

För att kunna stötta användare av AVAL med tips om hur olika typer av simuleringar kan genomföras krävs den typ av kompetens som verkansvärderingsprojektet genererar. På motsvarande sätt ger de frågeställningar som lyfts av användare uppslag för fortsatt forskning inom verkansvärderingsområdet.

3.3 Internationellt

3.3.1 European Working Group on Non-Lethal Weapons (EWG NLW)

European Working Group on Non-Lethal Weapons är en sammanslutning av europeiska länder och behandlar frågor relaterade till främst användning och utvärdering av icke-dödliga vapen. Som medlem i EWG NLW har FOI (genom verkansvärderingsprojektet) deltagit i arrangerandet av 6th European Symposium on Non-Lethal Weapons i Ettlingen Tyskland. FOI bidrog även med en posterpresentation på symposiet som presenterade mätmetodik runt FOI:s surrogatbröstskorg [9]. Medverkan har även skett vid EWG NLW:s arbetsmöten i Finland, Schweiz och Tyskland.

3.3.2 European Survivability Workshop

Den nuvarande projektledaren ingår även som svensk representant den internationella kommittén som arrangerar European Survivability Workshop vart annat år. Nästa workshop arrangeras i Sverige och genomförs 12-14 juni 2012 på LV6 i Halmstad^{xii}. Genom detta samarbete skapas ett nätverk mellan Sverige, Norge, Tyskland, Nederländerna, Frankrike och Storbritannien.

3.3.3 Användarstöd AVAL

För att kunna stötta användare av AVAL med tips om hur olika typer av simuleringar kan genomföras krävs den typ av kompetens som verkansvärderingsprojektet genererar. På motsvarande sätt ger de frågeställningar som lyfts av användare uppslag för fortsatt forskning inom verkansvärderingsområdet.

3.3.4 AVAL målbeskrivningar till utländsk kund

På uppdrag av en utländsk kund har två målbeskrivningar framställts. Det finns möjlighet att nyttja dem även för svenska myndigheter. Genom att skapa målbeskrivningar till utländska kunder förstärks den nödvändiga kompetensen och områden som behöver vidareutvecklas tydliggörs. Exempel på sådana områden som kommit upp inom ramen för detta uppdrag är skadekriterier för komponenter, människans sårbarhet samt initiering av medförd ammunition.

3.3.5 Verkansvärdering av stridsdel till utländsk kund

Projektets grundkompetenser har utnyttjats för att beräkna prestanda hos en nydesignad utländsk splitterstridsdel. Inom ramen för denna studie gavs även chansen att jämföra värderingsresultaten med experimentella data.

3.3.6 Människans sårbarhet

Möjligheten att få tillgång till ett amerikanskt sårbarhetsverktyg, ORCA^{xiii} har diskuterats med Army Research Laboratory. Förhoppning finns om att vi ska få svar på detta under 2012.

3.3.7 Utbyte med DRDC Kanada

FOI har inom ramen för detta projekt och tillsammans med andra FoT-projekt varit inbjudna till DRDC^{xiv} i Valcartier, Kanada. Utbytet har främst berört erfarenheter gällande:

^{xii} Se www.foi.se/esw2012 eller www.survivability.eu för mer information och inbjudan

^{xiii} Operational Requirements-Based Casualty Assessment System

- Värdering av verkan i mjuka mål, både finkaliberprojektiler och kravallammunition
- Kroppsskydd, framförallt hjälmar
- V/L modellering i AVAL och SLAMS (en kanadensisk motsvarighet till AVAL)
- CASPEAN – Ett skadedatahanteringssystem för exploatering av erfarenheter från insatsområden.

4 Referenser

1. Camilla Andersson, Anna-Lena Berg, Majbritt Hansson, Markus Karlsson, Pernilla Magnusson, *Handbok verkansvärdering - Ett första utkast*, FOI Memo 3583, Juni 2011
2. Mats Hartmann, Pernilla Magnusson, *COMPONENT IMPACT KILL CRITERIA—AN EXPERIMENTAL STUDY*, JOURNAL OF BATTLEFIELD TECHNOLOGY, 2010, vol. 13, pages 13-18
3. Mats Hartmann, Pernilla Magnusson, *Component kill criteria – an experimental study*, in 5th European Survivability Workshop, 2010, Ålesund, Norge
4. Mats Hartmann, *Metodik för framtagning av utslagskriterier för komponenter - ett första steg*, FOI-R--1755--SE, November 2005
5. Irina Eriksson, Mats Hartmann, *Method for assessing kill criteria for critical components in survivability codes*, 3rd European Survivability Workshop, 16-19 May 2006, ENSICA, Toulouse, France
6. Andreas Tyrberg, Martin Nilsson, John Ottosson, *Standardiserat förfarande vid bestämning av gränshastighet för skydd, utgåva 0.9*, FOI-R--2321--SE, September 2008
7. Sofia Hedenstierna, *Verkans och sårbarhetsmodeller av människan: Litteraturstudie över modeller för värdering av konventionella vapens verkan på människan*, FOI-R--3251--SE, September 2011
8. Melker Skoglund, Sofia Hedenstierna, *Mätmetod för bröstkorgsintryckning*, FOI Memo 3673, 2011
9. Sofia Hedenstierna, Jonas Irving, Melker Skoglund, Urban Widing, *Study of two techniques to measure the deformation of a surrogate thorax wall*. in 6th European Symposium on Non-Lethal Weapons. 2011. Ettlingen, Germany
10. Sofia Hedenstierna, *BABT 44 mm-kriteriet Bakgrund till kriteriet för transient deformation på 44mm i NIJ standard 0101.06*, FOI Memo 3674, 2011
11. Mats Hartmann, *Verkansvärderingsmodeller för UV-effekter i AVAL*, FOI-R--2359--SE, September 2011
12. Martin Ohlson, *Arbetsmetodik för karaktärisering av fragmenterande stridsdelar*, FOI-D--0423--SE, november 2011
13. Leif Nylander (FM), Per Lodin (FMV), Rolf Arremark (FOI), *C IML ställningstagande: Värderingsmodellen AVAL - specifika handlingsregler*, IML:07-029:1, FOI-2009-189, 2009-01-13
14. FMV Beställning 362519-LB827692, 2011-09-19
15. Bo Gilljam, Mats Hartmann, *Lethality performance JAS automatic cannon - ver. 3*, FOI-RH--1112--SE, June 2011
16. Mats Hartmann, Pernilla Magnusson, *Verkan av enskild granat - Metodbeskrivning för verkansvärdering av spränggranatsprestanda mot enstaka objekt*, FOI-R--3287--SE, Oktober 2011
17. Mats Hartmann, Sofia Hedenstierna, *Riskavståndsberäkningar Artilleri och granatkastare*, FOI-R--3158--SE, Februari 2011
18. *JFIRE MULTI-SERVICE TACTICS, TECHNIQUES, AND PROCEDURES FOR THE JOINT APPLICATION OF FIREPOWER*, FM 3-09.32/MCRP 3-16.6A/NTTP 3-09.2/AFTTP(I) 3-2.6, Dec 2007
19. Mats Hartmann, Pernilla Magnusson, *Underlag för verkanssimuleringar indirekt eld*, FOI-R--3277--SE, Oktober 2011

20 Mats Hartmann, Pernilla Magnusson, *Underlag för verkanssimuleringar indirekt eld - Separatbilaga*, FOI-RH--1142--SE, Oktober 2011

21. Sofia Hedenstierna, Peter Halldin, Daniel Lanner, Svein Kleiven, *Finite Element Analysis of Neck injuries due to impact on ballistic helmets*. in EUROPEAN SURVIVABILITY WORKSHOP 2010, Ålesund, Norway

