



Vapensystemvärdering 2015

Årsrapport

DANIEL TOURDE, PETER STRÖMBÄCK, JOHN W.C. ROBINSON,
ERIK BERGLUND, FREDRIK BEREFELT

Daniel Tourde, Peter Strömbäck, John W.C.
Robinson, Erik Berglund, Fredrik Berefelt

Vapensystemvärdering 2015

Årsrapport

Titel	Vapensystemvärdering 2015 - Årsrapport
Title	Weapon system assessment 2015 - Annual report
Rapportnr/Report no	FOI-R--4188--SE
Månad/Month	December
Utgivningsår/Year	2015
Antal sidor/Pages	19 p
ISSN	1650-1942
Kund/Customer	Försvarsmakten
Forskningsområde	11. Vapen, Skydd och säkerhet
FoT-område	Vapen och skydd
Projektnr/Project no	E36506
Godkänd av/Approved by	Lars Höstbeck
Ansvarig avdelning	Informations- och aerosystem

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk, vilket bl.a. innebär att citering är tillåten i enlighet med vad som anges i 22 § i nämnd lag. För att använda verket på ett sätt som inte medges direkt av svensk lag krävs särskild överenskommelse.

This work is protected by the Swedish Act on Copyright in Literary and Artistic Works (1960:729). Citation is permitted in accordance with article 22 in said act. Any form of use that goes beyond what is permitted by Swedish copyright law, requires the written permission of FOI.

Sammanfattning

I detta dokument redovisas den verksamhet som genomförts på Försvarmaktens uppdrag inom projektet ”Vapensystemvärdering” under 2015.

Verksamheten har delats in i fyra delar som alla bidrar till att stödja Försvarmakten med vapensystemvärderingskompetens. Dessa delar är *omvärldsbevakning, värdering, utveckling av modeller och verktyg, samt kvalitetssäkring*. Utöver dessa huvudsakliga delområden redovisas även övriga genomförda aktiviteter.

Under 2013 påbörjades arbete för att kunna värdera luftvärnssystem, denna verksamhet har pågått sedan dess, tillsammans med ett fåtal aktiviteter inom ytterballistik.

Nyckelord: Simuleringsbaserad vapensystemvärdering, luftvärn, värderingsmetodik

Summary

This document describes the activities, commissioned by the Swedish Armed Forces, within the project “Vapensystemvärdering” (Weapon System Assessment) for the year 2015.

The activities have been divided into four areas important for supporting the Swedish Armed Forces with competence to assess weapon systems. These areas are covering *research trends, assessments, development of models and tools, quality assurance*. Other related activities are reported as well.

During 2013 a number of activities related to assessment of ground based air defense were initiated. These activities have been continued since then, in parallel with a few activities related to exterior ballistics.

Keywords: Weapon system assessment, ground based air defense, assessment methodology

Innehållsförteckning

1	Projektbeskrivning	7
1.1	Mål och syfte	7
1.2	Fokus	7
1.3	Verksamhetsområden	8
2	Nytta för Försvarsmakten	9
2.1	Värderingsförmåga	9
2.2	Kunskapsöverföring	9
3	Sammanfattning av verksamheten 2015	10
3.1	Omvärldsbevakning	10
3.1.1	Forsvarets forskningsinstitut, FFI	10
3.1.2	American Institute of Aeronautics and Astronautics GNC 2015 ..	10
3.2	Värdering	10
3.2.1	Luftvärnsvärdering	10
3.2.2	Hotsystem	10
3.2.3	Beskrivning av modernt luftvärn	11
3.2.4	Översikt av värderingskedjan för luftvärnssystem	11
3.2.5	Trender för luftvärnssystem	11
3.3	Modeller och verktyg	12
3.3.1	CFD för spinnande granater	12
3.3.2	Verktygsstöd till modellering och simulering av luftvärnssystem	12
3.3.3	Bildalstrande IR-målsökare	13
3.4	Kvalitetssäkring	13
3.4.1	Verifiering och Validering	13
3.4.2	Optimeringsbaserad verifiering av modeller	14
3.5	Övrigt	14
3.5.1	Inventering av modellbibliotek	14
3.5.2	Assessment of Affordable Precision and Threat Analysis	14
4	Fortsatt arbete	15
5	Referenser	16
	Bilaga A — Dokument	18

1 Projektbeskrivning

I takt med att Försvarsmaktens vapensystem blir allt mer komplexa och i allt högre grad köps från tillverkare ”off the shelf”, så ökar behovet av förmåga att självständigt och tillförlitligt kunna kravställa och värdera systemens styrkor och svagheter.

”Vapensystemvärdering” är ett treårigt FoT-projekt som startade i januari 2014. Syftet med projektet är att utveckla lämpliga metoder och verktyg för att kunna studera, analysera och värdera vapensystem, både egna och främmande.

Inom projektet koordineras även vidareutveckling av övriga verktyg som behövs för att kunna genomföra systemvärdering av verkliga objekt och utgör en länk till Försvarsmakten och FMV inom vapensystemområdet.

Inom projektet utvecklas kompetens att värdera olika vapensystem med fokus på styrda vapen som kan verka med hög precision i tid och rum mot tidskritiska mål vilket även innefattar verkan mot små mål. Bibehållen förmåga till ytmålsbekämpning med bättre precision beaktas också. Luftvärnssystem, framförallt med medellång räckvidd, har ansetts vara av särskild vikt och ett större fokus har lagts på detta område.

För att bibehålla förmågan att värdera långräckviddiga precisionsvapen har projektet haft huvudansvaret att vidmakthålla och utveckla kompetenserna för funktionerna styrning, navigering och banplanering med tillhörande funktionalitet för målsökning.

Problemställningar som projektet hanterar:

- Utveckling och vidmakthållande av metoder och verktyg för analys och värdering av vapensystem.
- Vilken prestanda har olika främmande vapensystem?
- Vilken teknik och systemutveckling sker inom vapensystemområdet tekniskt och taktiskt, nationellt och internationellt?

1.1 Mål och syfte

Den övergripande målsättningen för projektet är att utveckla och upprätthålla god förmåga att värdera vapensystem på systemnivå. Denna förmåga utgörs av erfaren personal samt verktyg och metoder för värdering. Förmågan nyttjas av Försvarsmakten genom studier av framtida behov, som stöd till FMV vid kravställning och upphandling av nya system samt utvärdering och stöd i existerande system (till exempel realtidsmodeller för simulering av luftstrid).

För att kunna stödja Försvarsmaktens behov blickar projektet några år fram i tiden i syfte att kunna bidra med kunskap om fysikaliska och systemmässiga begränsningar för vapensystem. De metoder som används för värdering är oftast simuleringsbaserade vilket har fördelen att svåra och komplicerade frågor kan analyseras och upptäckas på ett tidigt stadium före upphandling. Likaså kan förmågan hos existerande system analyseras genom simuleringar, istället för att genomföra dyra tester. Genom projektet bygger Försvarsmakten upp industriberoende kompetens för värdering av vapensystem.

1.2 Fokus

Projektet har ett brett perspektiv med värderingsuppgifter som spänner över flera olika typer av vapensystem, alla med individuella frågeställningar. Ofta är dock den underliggande kunskapen och värderingsverktygen gemensamma.

Under 2015 har projektet fokuserat verksamheten på medellängdiga luftvärnssystem. Verksamheten som genomfördes under 2014 finns redovisad i [1].

1.3 Verksamhetsområden

Under 2015 har aktiviteter genomförts parallellt i ett antal områden. Dessa områden är

- Omvärldsbevakning
- Värdering
- Modeller och verktyg
- Kvalitetssäkring
- Övrigt

Styrning, navigering och banplanering (eng. GNC¹) är ett av de områden som projektet ”Vapensystemvärdering” bedriver en mer djupgående forskning kring. Denna kompetens nyttjas i en bredare robotkunskap där djupare kunskap kring sensorer och framdrivning hämtas från andra FoT-projekt. Robotkunskap och annan domänkunskap nyttjas för att kunna genomföra modell- och verktygsutveckling. Dessa kompetensområden, modeller och verktyg används i sin tur tillsammans med strukturerad värderingmetodik för att ge Försvarmakten en bred systemvärderingsförmåga.

¹ Guidance Navigation and Control.

2 Nyttan för Försvarsmakten

Den nytta som projektet genererat under året har delats in i två delar: värderingsförmåga och kunskapsöverföring.

2.1 Värderingsförmåga

Nyttan för Försvarsmakten med en välutvecklad värderingsförmåga är potentiellt mycket stor.

Under året har projektet fortsatt att förbättra förmågan att värdera luftvärn genom att ta fram delmodeller för moderna luftvärnsrobotar och hotrobotsystem. Sedan 2013 har ett antal moderna luftvärnsrobotar studerats för att bredda värderingskompetensen och sprida kunskapen om systemen och deras styrkor och svagheter. Metoder för värdering av luftvärn har också fortsatt studerats under 2015. Detta arbete beskrivs utförligare i stycke 3.2.

2.2 Kunskapsöverföring

Kunskapsöverföringen från projektet till Försvarsmakten har främst skett genom att ett antal seminarier hållits under åren 2011-2015. I oktober 2015 hölls ett seminarium med fokus på luftvärn [2].

Möjlighet att samverka med Försvarsmakten under sådana seminarier möjliggör en ökad förståelse för behov hos Försvarsmakten samt bidrar till hur projektet inriktas framöver. Under 2012 och 2013 identifierades ett ökat behov av luftvärnsvärdering i samband med en eventuell ny anskaffning av ett medellångräckviddigt luftvärn. Detta ledde till att projektet i större utsträckning inriktats mot detta.

Den generella kunskapen och värderingsförmågan dokumenteras i rapporter och vetenskapliga konferensbidrag där detta är möjligt.

3 Sammanfattning av verksamheten 2015

I detta kapitel sammanfattas genomförd verksamhet för 2015 kortfattat.

3.1 Omvärldsbevakning

3.1.1 Forsvarets forskningsinstitut, FFI

I juni 2015 träffades FOI och FFI i Kjeller, Norge, för att presentera och allmänt diskutera respektive verksamheter inom vapensystemvärdering med fokus på luftvärn.

FOI och FFI kom överens då om att träffas igen för en mer teknisk orienterad presentation av våra respektive förmågor och för att försöka identifiera möjliga samarbetsområden. Detta planeras ske under 2016.

3.1.2 American Institute of Aeronautics and Astronautics GNC 2015

Med bankkorrigering tändrör kan spridningen hos artillerigranater minskas och förmåga som gränsar till den hos precisionsbekämpningsvapen kan erhållas till en kostnad som är lägre än den för specialutformade granater. Nyckeln till detta är att få en bra balans mellan förmåga och komplexitet i ett bankkorrigering tändrörs olika delar (sensorer/aktuatorer).

På konferensen AIAA GNC 2015 presenterades resultat [3] som visar att tändrör med en tämligen enkel typ av 2D korrektion (längd/sida) kan minska spridning till i storleksordningen 10 m eller mindre, för 155 mm artillerigranater i ett 16 km skjutfall, om ett bra aerodynamiskt underlag finns för granaten och sensorerna fungerar fram till anslag.

3.2 Värdering

Under året har värdering av luftvärn genomförts. Denna värderingsaktivitet ska inte ses som komplett utan görs inom ramen för projektet i syfte att bygga en grund för vidare värderingsuppdrag. Det är nödvändigt att upprätthålla kompetensen för värdering samt att, i tid, skapa och lära sig att använda modeller och verktyg för värdering. Inom dessa aktiviteter ingår också inläsning och kunskapsuppbyggnad för värderingsgruppen för de specifika vapenslagen.

3.2.1 Luftvärnsvärdering

Under 2015 har värdering av luftvärn varit ett fokusområde. Detta har gjorts främst genom att studera ytterligare tre typer representativa för moderna luftvärnsrobotar. Syftet med studien har varit att bättre förstå systemens styrkor och svagheter samt att identifiera ett antal frågeställningar som är av fortsatt intresse. Detta är en fortsättning på det arbete som påbörjades 2013.

3.2.2 Hotsystem

Under 2015 tog FOI fram en modell som efterliknar en klass av hotssystem. Modellen baseras på realistiska robotsystem och parametersattes med information från öppna källor och baserat på tidigare erfarenheter. Syftet med detta arbete var:

- Förbättra förmågan att analysera långräckviddiga hotssystem och få en bättre förståelse av vilka delområden som kräver mer studier.
- Skapa realistiska modeller av de hot som ett luftvärnssystem ska kunna bekämpa för att på så sätt kunna värdera olika kandidatsystem mot dessa hot.

För att kunna skapa realistiska modeller och bedömningar av hotssystem behövde projektet "Vapensystemvärdering" arbeta tillsammans med ett antal andra FoT-projekt, främst "Utskjutning och framdrivning", "Värdering vapen och skydd – verkan, sårbarhet och risk" och "Stridsdels- och skyddsteknik". Arbetet innefattade områdena systemanalys, motor-teknik, flygdynamik och verkan.

Inom projektet "Vapensystemvärdering" fokuserade arbetet med modellen på:

- Beskrivning av systemets ingående delar, teknik och prestanda.
- Beskrivning av modellen.
- En Matlab-implementation.

Resultat av detta arbete, förutom den ökade kunskapen om hotsystemets egenskaper, är att FOI har förbättrat sin förmåga att effektivt och snabbt modellera och analysera hotssystem.

3.2.3 Beskrivning av modernt luftvärn

Luftvärnssystem är av intresse att studera på grund av en stundande anskaffning för Försvarsmakten och även i allmänhet på grund av sin viktiga uppgift att försvara det egna territoriet. Luftvärnssystem är också sådana som ofta figurerar i system av system, vilka skall studeras inom till exempel Försvarsmaktens studie "Strid med system i samverkan" (GEM 151701S). [4]

Under 2015 redovisades översiktligt de komponenter som tillsammans utgör typiska moderna luftvärnssystem. Detta arbete resulterade i en rapport som kan betraktas som en introducerande text som kan läsas av forskare på FOI och tekniska handläggare på Försvarsmakten och FMV för att ge en introduktion till modernt luftvärn. I syfte att orientera läsaren beskrivs i rapporten vilka komponenter ett modernt luftvärn består av, viktiga faktorer som berör luftvärnets och några exempel på moderna luftvärnssystem.

3.2.4 Översikt av värderingskedjan för luftvärnssystem

Det är mycket krävande att värdera komplexa system såsom luftvärn med många ingående komponenter som agerar under lång tid. Det finns höga krav dels på att kunna studera nyckelfaktorer som ingår i de olika delsystemen, dels på själva sammansättningen av system. För luftvärnssystem kan komponenter som målsökare, framdrivning och telekrigsfunktionaliteter i sensorer ha uppenbara, avgörande effekter som är viktiga att studera i detalj, vilket kräver stor sakkunskap. Att kunna granska öppna och hemliga uppgifter för att kunna avgöra systemets prestanda är en verksamhet som kräver lika stor sakkunskap.

Utöver dessa viktiga studier av detaljerade funktioner så tillkommer ytterligare en klass av analyser: Att studera komponenters inverkan på systemet i helhet och hur begränsningar som kommer av att olika komponenters prestanda påverkar prestanda i systemet som helhet. Det finns många exempel där till synes oviktiga detaljer i simuleringar fått avgörande inverkan på det slutgiltiga resultatet, se [5], [6] för beskrivningar av några sådana fall.

Under 2015 gjordes en översikt över de olika möjligheter som finns vid FOI för att kunna studera olika viktiga komponenter i luftvärnssystem. Arbetet utfördes genom intervjuer av domänexperter och forskningsföreträdare vid FOI för att generera underlag för bedömningarna av de olika delproblemen. Arbetet finns redovisat i [7].

3.2.5 Trender för luftvärnssystem

Syftet med detta arbete var att ge en kortfattad översikt av trender rörande luftvärnssystem som framträdde vid en genomgång av ett antal aktuella öppna källor och inte att ge en ingående teknisk beskrivning av pågående forskning och utveckling. Detta arbete redovisas i [8].

3.3 Modeller och verktyg

Simuleringsmodeller och verktyg är ett stöd i ett tekniskt värderingsarbete. Från modeller kan prestanda bedömas och scenarion utvärderas. Både under modelleringsarbetet och under analysen av simuleringsresultat uppstår ofta frågeställningar som är relevanta att diskutera med användare av systemen och tillverkarna. I detta stycke redovisas de modeller och verktyg som har utvecklats inom ”Vapensystemvärdering” under 2015.

3.3.1 CFD för spinnande granater

När en granat avfyras lämnar den pipan med en hög initial rotationshastighet men en låg anfallsvinkel. Allt eftersom granaten färdas längs banan ökar anfallsvinkeln. Rotationen av granaten, i kombination med anfallsvinkeln, skapar en sidokraft och ett girmoment. Detta kallas Magnuskraft och Magnusmoment.

FOI:s egenutvecklade CFD-kod ([9] och [10]) har använts för att räkna Magnuskraft och -moment för en M107-projektil. Inbyggda funktioner för att beräkna i en roterande referensram användes.

Resultat visar att Magnuskraft och -moment kan räknas med CFD-koden. Resultaten är jämförbara med de resultat producerade av det empiriska programmet Prodas [11], även om det finns små skillnader mellan de resultat de två verktygen producerar.

Detta arbete genomfördes för att kunna bedöma när enklare semi-empiriska program, så som Prodas, är tillräckligt noggranna samt för att vidmakthålla kompetensen kring ytterballistik med fokus på spinnande projektiler.

3.3.2 Verktygsstöd till modellering och simulering av luftvärnssystem

MDA - Merlin Defence Analyzer

I början av 2014 genomfördes intervjuer med domänexperter och en analys av tidigare rapporter utgivna av FOI och Försvarsmakten för att utröna och tydliggöra de behov av verktygsstöd för modellering och simulering av luftvärnssystem som förväntas föreligga i närtid.

Det har under analysarbetet framkommit att av de verktyg som används av FOI för studier av luftvärnsfrågor anses de som används för simulering på taktisk nivå [12] som minst tillfredställande. Detta inte minst eftersom det verktyg som tidigare använts, SILVIA, numera bedöms vara utdaterat. För de frågor som är på lägre (system- och komponentteknisk) nivå är behovet av verktygsutveckling inte lika stort [12].

Resultat av detta arbete redovisades i en behovsstudie [12], där användningsområden och de egenskaper som ett scenarioverktyg bedöms behöva för att vara ett lämpligt alternativ som ersättare till SILVIA presenterades. En mer utförlig dokumentation gavs i den funktionsvision [13] som färdigställdes under sommaren 2014.

Under hösten 2014 utfördes en utvärdering [14] av fyra möjliga kandidatverktyg. Dessa verktyg var MDA (utvecklat av FOI och baserat på FOI:s Merlin-ramverk), EWSim [15] (utvecklat av FOI), SADM [16] (från BAE-systems) och FLAMES [17] (från Ternion). Ett antal scenario/testfall definierades och verktygen testades utifrån dessa. Syftet med studien var att kunna bedöma verktygens styrkor och svagheter och att sortera verktygen med tanke på behovet av verktygsstöd till modellering och simulering av luftvärnssystem. Utvärderingen visade att inget kandidatverktyg stämde riktigt med funktionsvisionen [13] men att det verktyg som lättast och billigast kunde anpassas till visionen var MDA som också ger synergieffekter med FLSC:s verksamhet.

Av de önskade funktioner som identifierats (se funktionsvision [13]) har följande funktioner implementerats i MDA:

- Tidslinje som illustrerar när olika händelser inträffat (liknande en Gantt-vy).
- Interaktion med terräng samt beräkning och visualisering av siktlinjen (Line-Of-Sight).
- En prototyp av luftvärnsbeteende har tagits fram. Denna använder sig av en vidareutveckling av MCGF [18].

MissileLab

MissileLab är ett verktyg för att kunna parametersätta och analysera robotmodeller. Syftet med verktyget är att snabbt och kontrollerat kunna ta fram modeller av robotar och analysera deras prestanda. De tänkta användarna är främst FOI och FMV TekUnd.

Vidareutveckling av MissileLab påbörjades hösten 2014 och under 2015 har verktyget utökats med förmåga att ladda och spara robotmodeller och gjorts kompatibelt med Merlin-ramverket genom att robotmodellerna uppfyller Merlin:s missilgränssnitt och interaktion med omvärlden. Detta möjliggör integration med andra system i modellkedjan så som FLSC och MDA.

Under arbetet har flera utvecklingsmöjligheter identifierats som skulle kunna möjliggöra användningen av verktyget för att ta fram ett antal robotmodeller baserat på öppna källor. Modellerna kan utgöra en del av ett bibliotek av robotmodeller och efterlikna de verkliga systemen förhållandevis väl med avseende på hastigheter, räckvidder, manöverförmåga och tid till träff.

3.3.3 Bildalstrande IR-målsökare

Under 2014 påbörjades en aktivitet med att få en bättre förståelse för begränsningar hos IR-målsökare mot luftmål, speciellt i luftvärnsrobotar och med avseende på väderförmåga. Denna aktivitet har fortsatt under 2015 och kommer att redovisas i början av 2016 i form av en rapport [19].

Ett antal frågeställningar relaterat till luftvärnsrobot med bildalstrande IR-målsökare har identifierats. Utifrån dessa har användningsfall, simuleringsscenario och en övergripande konceptuell modell tagits fram som utgångspunkt för kravställningen av eventuella framtida modeller. Den befintliga förmågan att inom FOI analysera frågeställningar, i termer av verktyg, underlag och kompetenser har bedömts och eventuella förmågegap har identifierats.

3.4 Kvalitetssäkring

När man använder mjukvara och modeller som underlag för värdering är det viktigt att dessa håller hög kvalitet och att avgränsningar och antaganden är klart och tydligt belysta.

3.4.1 Verifiering och Validering

Under 2014 avslutades det sedan tidigare påbörjade arbetet med att anpassa SISO²-standarden för verifiering och validering av mjukvara (GM-VV³) för robotmodeller. Underlag för verifiering och validering av en redan utvecklad IR-robotmodell togs fram. Syftet med detta arbete var att skapa en mall och ett exempel på hur verifiering och validering av robotmodeller kan genomföras samt vilka delkomponenter och modeller som bör ingå i verifieringen och valideringen [20].

Under året har ett arbete påbörjats för att validera de Matlab-modellerna som togs fram för luftvärnvärderingsarbetet. Detta arbete fortsätter under 2016.

² Simulation Interoperability Standards Organization

³ Generic Methodology for Verification and Validation

3.4.2 Optimeringsbaserad verifiering av modeller

För att kunna jämföra en realtidsmodell, som av prestandaskäl måste vara av begränsad komplexitet, av en robot mot en detaljerad referensmodell har en metod för optimeringsbaserad validering tagits fram. Syftet med metoden är att automatisera och underlätta verifiering av förenklade modeller där avvikelser får förekomma, så länge de inte är för stora, samtidigt som de största avvikelserna identifieras.

Olika numeriska optimeringsmetoder är möjliga för detta, här har den stokastiska, globala optimeringsmetoden "Differential Evolution" [21] använts. Ett kvalitetsmått (en så kallad målfunktion) behöver anges, detta kan t.ex. vara skillnaden i flygbana mellan realtidsmodell och referensmodell men mera komplexa och fullständiga kvalitetsmått är möjliga.

Verifieringsmetoden, som baseras på numerisk optimering av målfunktionen, har använts på ett exempel där förmågan att hitta avvikelser i flygbana illustrerats. Detta arbete finns redovisat i [22].

3.5 Övrigt

3.5.1 Inventering av modellbibliotek

På FOI används ett stort antal simuleringsmodeller med olika syften, funktion och detaljeringsgrad. Dessa modeller tas ofta fram inom ett projekt som ett medel för att kunna lösa en till projektet ställd uppgift. Det finns ett kontinuerligt behov att ha en överblick över tillgängliga verktyg och modeller för värdering av vapensystem. Inom projektet har därför en inventering av det aktuella modellbeståndet genomförts under 2015.

3.5.2 Assessment of Affordable Precision and Threat Analysis

Inom ramen för MoU "CO-Operative Science and Technology" från 2003 har ett förslag till ett möjligt samarbetsprojekt mellan Nederländerna (TNO), Kanada (DRDC) och Sverige (FOI) diskuterats. Syftet med det tänkta samarbetet är att förbättra de tre ländernas förmåga att värdera precisionsstyrda vapen med avseende på upphandling samt värdering av hotsystem. Detta arbete påbörjades 2014 och fortsatt under 2015.

4 Fortsatt arbete

För att uppnå projektets syfte (se 1.1) planeras aktiviteterna för 2016 i fem delområden:

- Verktögsutveckling.
- Luftvärnsvärdering.
- Kunskapsspridning.
- Metodik.
- Övrigt.

Inom delområdet Verktögsutveckling kommer fokus att vara vidareutveckling och vidmakthållandet av två av de verktyg som FOI har i sitt förfogande för att värdera vapensystem. Dessa verktyg är MDA för analys av scenarion och MissileLab för analys och modellering av robotar. Arbete med att förbättra de skjutlappsunderlag som används vid FOI kommer också att genomföras.

För delområdet Luftvärnsvärdering kommer simulering och analys av duellen mellan ett hotsystem och ett luftvärnssystem att vara i fokus. Inom ramen för detta kommer projektet att:

- Specificera scenarier.
- Komplettera de Matlab-baserade prestandamodeller som utvecklades 2014-2015.
- Konvertera de Matlab-baserade prestandamodellerna till realtidsmodeller kompatibla med verktygen för scenariosimuleringar.
- Utveckla modelleringen av LV-doktrinen.
- Analysera resultat av simuleringar av de specificerade duellerna och scenarierna.

Inom delområdet Kunskapsspridning ryms, som under 2015, intern och extern kunskapsspridning i form av seminarier och kunskapsbevaring. Syftet med den interna kunskapsspridningen är att presentera projektets resultat internt inom FOI och på så vis få återkoppling från andra verksamheter och expertområden samt identifiera synergier mellan olika verksamheter. Syftet med den externa kunskapsspridningen är att delge Försvarmakten och FMV den uppbyggda förmågan samt skapa en gemensam dialog för att utnyttja resultat och påverka den långsiktiga inriktningen av verksamheten.

Inom delområdet Metodik kommer metodanalysen av styrkor och svagheter i ett system fördjupas och verktygen för doktrinbaserad beteendemodellering utvecklas. En systematisk analys av ett duell-scenarion kommer att utföras och arbetet med att öka förmåga till att hantera multidisciplinär analys fortsätta. Framtida behov av förmåga till markstridsanalys kommer att omhändertas.

Det sedan tidigare påbörjade samarbetet med Nederländerna och Kanada inom modellering och simulering av vapensystem förväntas fortsätta.

5 Referenser

- [1] D. Tourde och P. Strömbäck, "Vapensystemvärdering 2014 - Årsrapport; FOI-R--3999--SE," FOI, 2014.
- [2] D. Tourde, "Redovisning av genomfört seminarium "Det nya luftvärnssystemet: behov och förmåga att värdera luftvärnssystem"; FOI-Memo-5494," FOI, 2015.
- [3] J. W. Robinson and P. Strömbäck, "Velocity To Be Gained Guidance for a Generic 2D Course Correcting Fuze," in *AIAA GNC (SciTech)*, Kissimee, USA, 2015.
- [4] E. Berglund, A. Hansson, P. Johansson, T. Johansson, B. Larsson och J. Nygårds, "Strid med system i samverkan - Teknisk förstudie, FOI-R--4055--SE," FOI, 2015.
- [5] M. Hansson, "FoRMA, Luftvärn mot främst kryssningsrobotar; FOI-R--0118--SE," FOI, 2001.
- [6] M. Hansson, "Erfarenheter från användningen av värderingsmodellen SILVIA; FOA-R--00559-202--SE," FOA, 1997.
- [7] E. Berglund och N. Stensbäck, "Översikt av värderingskedjan för luftvärnssystem; FOI-Memo-5479," FOI, 2015.
- [8] F. Berefelt, B. Larsson och S. Ove, "Framtidstrender för luftvärnsystem; FOI-R--4140--SE," FOI, 2015.
- [9] P. Eliasson, "EDGE, a Navier-Stokes solver for Unstructured grids," i *Finite Volumes for Complex Applications III*, 2002.
- [10] P. Eliasson och P. Weinerfelt, "Recent Applications of the Flow Solver Edge," i *7th Asian CFD Conference*, Bangalore, India, 2007.
- [11] S. Andreasson, "Beskrivning av ballistikprogrammet Prodas; FOI-D--0603--SE," FOI, 2014.
- [12] H. Heden, R. Hellmans och N. Stensbäck, "Behovsstudie för verktygsstöd till modellering och simulering av luftvärnssystem; FOI-D--0605--SE," FOI, 2014.
- [13] H. Heden, R. Hellmans och N. Stensbäck, "Scenarioverktyg för luftvärnssimuleringar - funktionsvision; FOI-R--3939--SE," FOI, 2014.
- [14] H. Heden, R. Hellmans och N. Stensbäck, "Utvärdering av scenariosimuleringsverktyg för luftvärn; FOI-D--0655--SE," FOI, 2015.
- [15] L. Tydén, H. Andersson, K. Andersson, P. Bivall, M. Dahlberg, L. Hilding, M. Verona och C. Wigren, "Genomförd verksamhet 2013 i projektet Duellsimulering telekrig; FOI-R--3762--SE," FOI, 2013.

- [16] "SADM," BAE Systems, [Online]. Available: <https://sadm.au.baesystems.com>. [Använd 25 09 2014].
- [17] "FLAMES Modeling and Simulation software," Ternion Corporation, [Online]. Available: <http://www.ternion.com>. [Använd 25 09 2014].
- [18] M. Nylund, "Implementationsplan för FoT transferprojektet Automatiska motståndare i FLSC; FOI-R--3755--SE," FOI, 2013.
- [19] L. Berglund, J. Eriksson och A. Hörnedal, "Bildalstrande målsökare mot luftmål - En översikt; Manuskript, utges 2016," FOI, 2016.
- [20] R. Hellmans, D. Wallström och A. Hörnedal, "Verifiering och validering av robotmodeller; FOI-D--0577--SE," FOI, 2014.
- [21] K. Price, R. Storn och J. Lampinen, Differential Evolution, Berlin: Springer, 2005.
- [22] D. Skoogh, D. Wallström, N. Stensbäck, F. Berefelt, P. M. Eliasson and D. Tourde, "An optimization-based verification method for comparing a real-time missile model to a reference model; FOI-R--4143--SE," FOI, 2015.

Bilaga A — Dokument

I denna bilaga listas de öppna dokument som producerats och tryckts inom ramen för FoT-projektet ”Vapensystemvärdering”.

Utgivna rapporter 2014-2015

Nummer	Beskrivning
FOI-R--3939--SE	Scenarioverktyg för luftvärnssimuleringar (funktionsvision)
FOI-R--3999--SE	Vapensystemvärdering 2014
FOI-R--4143--SE	An optimization-based verification method for comparing a real-time missile model to a reference model
FOI-R--4140--SE	Framtidstrender för luftvärnssystem (Milstolpe 2015)

Interna rapporter 2014-2015

Nummer	Beskrivning
FOI-D--0605—SE	Behovsstudie för verktygsstöd till modellering och simulering av luftvärnssystem
FOI-D--0603—SE	Beskrivning av ballistikprogrammet Prodas
FOI-D--0577—SE	Verifiering och validering av robotmodeller
FOI-D--0580—SE	Rapport om ytterballistik
FOI-D--0628—SE	Boost Phase Model of an Air Defense Missile with Thrust Vectoring Control
FOI-D--0627—SE	Nonlinear Control Methods for an Agile Missile with Thrust Vectoring Control
FOI-D--0626—SE	The Projectile Flight Simulation Code: Definitions and Derivations
FOI-D--0655—SE	Utvärdering av scenariosimuleringsverktyg för luftvärn

Memo 2014-2015

Nummer	Beskrivning
FOI-Memo-5059	Värdering av luftvärn, en aktivitet i projektet Vapensystemvärdering (Milstolpe Q3 2014)
FOI-Memo-4877	Ytterballistik – Del av rapport om ballistik (Milstolpe Q1 2014)
FOI-Memo-5479	Översikt av värderingskedjan för luftvärnssystem (Milstolpe 2015)
FOI-Memo-5494	Redovisning av genomfört seminarium ”Det nya luftvärnssystemet: behov och förmåga att värdera luftvärnssystem” (Stockholm, Okt 2015, Milstolpe 2015)

Vetenskapliga bidrag 2014-2015

Nummer	Beskrivning
FOI-S--4782--SE	On the use of gradual dense-sparse discretizations in receding horizon control.
FOI-S--4969--SE	Velocity To Be Gained Guidance for a Generic 2D Course Correcting Fuze

FOI, Swedish Defence Research Agency, is a mainly assignment-funded agency under the Ministry of Defence. The core activities are research, method and technology development, as well as studies conducted in the interests of Swedish defence and the safety and security of society. The organisation employs approximately 1000 personnel of whom about 800 are scientists. This makes FOI Sweden's largest research institute. FOI gives its customers access to leading-edge expertise in a large number of fields such as security policy studies, defence and security related analyses, the assessment of various types of threat, systems for control and management of crises, protection against and management of hazardous substances, IT security and the potential offered by new sensors.



FOI
Defence Research Agency
SE-164 90 Stockholm

Phone: +46 8 555 030 00
Fax: +46 8 555 031 00

www.foi.se