

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.

Martin Castor, Jonathan Borgvall, Staffan  
Nählinder

# Slutrapport MSI-värdering för systemutveckling, uppdragsträning, övningar och internationella insatser

Projektverksamhet 2009-2011

Titel	Slutrapport MSI-värdering för systemutveckling, uppdragsträning, övningar och internationella insatser – Projektverksamhet 2009-2011
Title	Final report Human Factors evaluation for system development, mission training, exercises and international missions – Project Activities 2009-2011
Rapportnr/Report no	FOI-R--3315--SE
Rapporttyp Report Type	Användarrapport/User report
Sidor/Pages	30 p
Månad/Month	December
Utgivningsår/Year	2011
ISSN	ISSN 1650-1942
Kund/Customer	FM HKV/Swedish Armed Forces HQ
Projektnr/Project no	E7128
Godkänd av/Approved by	Jan Svetoft Frisé

FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut  
Avdelningen för Informationssystem

FOI, Swedish Defence Research Agency  
Division of Information Systems

164 90 Stockholm

164 90 Stockholm

## Sammanfattning

Rapporten beskriver verksamheten under 2009-2011 för projektet ”MSI-värdering för systemutveckling, uppdragsträning, övningar och internationella insatser”. Projektet var ett metodutvecklingsprojekt där aktiviteterna kretsade kring utvecklingen av beteendevetenskapliga mätmetoder. Dessa mätmetoder ger Försvarmakten förmågan att värdera centrala humanrelaterade koncept som till exempel träningsvärde, prestation och mental arbetsbelastning. Verksamheten i projektet har i mycket stor utsträckning bedrivits inom ramen för samarbetsavtal med US Air Force Research Lab (AFRL).

Nyckelord: mänskliga faktorn, human perspektiv, mänsklig effektivitet, människa system interaktion, MSI, träning, beredskap, prestation, mental arbetsbelastning, simulator, systemutveckling, utvärdering, metod, värdering, beteendevetenskap, flygvapnet, Red Flag, Operation Karakal, Operation Unified Protector, FLSC

## Summary

This report describes the activities 2009-2011 within the project "Human Factors evaluation for system development, mission training, exercises and international missions". The project was a methodology development project where the activities concerned the development of human performance measurement methods. These types of methods provide the Swedish Armed Forces with the capability to assess central human-related concepts such as training value, performance, and mental workload. The activities within the project have to a very large extent been performed collaboratively with the US Air Force Research Lab (AFRL).

Keywords: human factors, human effectiveness, human system interaction, training, readiness, performance, mental workload, simulator, system development, assessment methodology, measurement, behavioural science, air force, Red Flag, Operation Karakal, Operation Unified Protector, FLSC

## Innehållsförteckning

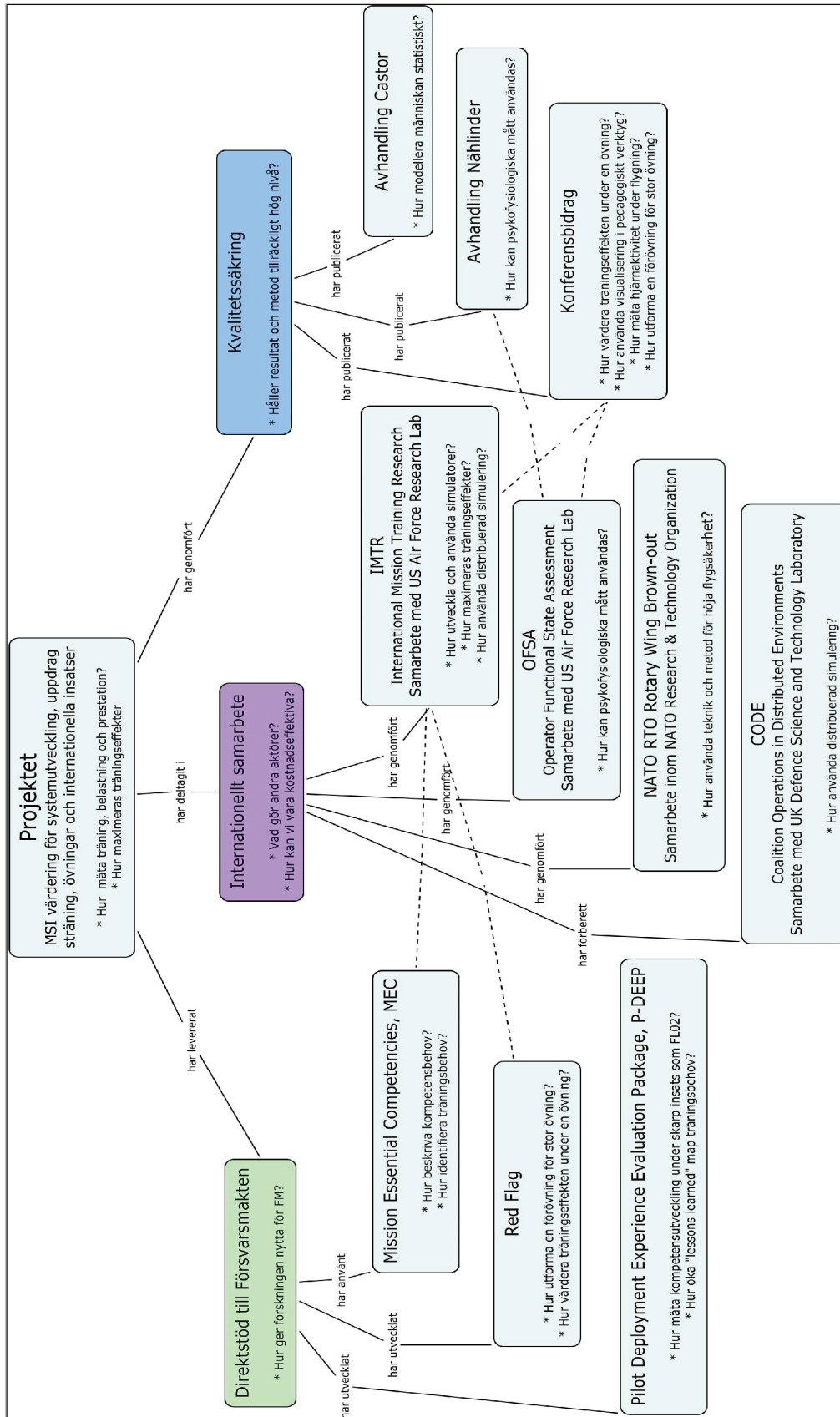
<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Mission Essential Competencies</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Red Flag</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>MEC-baserad utvärdering FL02: P-DEEP</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Doktorsavhandling Nählinder 2009</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>Doktorsavhandling Castor 2009</b>	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>Konferensbidrag</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>Samarbete IMTR</b>	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>Samarbete OFSA-AAI</b>	<b>23</b>
<b>10</b>	<b>Samarbete CODE</b>	<b>24</b>
<b>11</b>	<b>Samarbete NATO RTO HFM 162 Rotary Wing Brown-out</b>	<b>25</b>
<b>12</b>	<b>Redovisning och avtappning</b>	<b>26</b>
<b>13</b>	<b>Avslutning</b>	<b>27</b>
<b>14</b>	<b>Referenser</b>	<b>29</b>

# 1 Inledning

Projektet MSI-värdering för systemutveckling, uppdragsträning, övningar och internationella insatser pågick från januari 2009 till december 2011. Projektet var ett av projekten under Försvarmaktens (FM) FoT grupp för Ledning och MSI. Syftet med projektet var att FM skulle få tillgång till moderna värderingsmetoder för att värdera svårfångade men centrala humanrelaterade koncept som till exempel träningsvärde, prestation och mental arbetsbelastning. Metodiken som projektet utvecklat är avsedd att vara praktiskt användbar i de systemutvecklingsprocesser eller utveckling av träningskoncept som FM bedriver.

Projekt med syfte att utveckla metoder för att värdera människans förmågor i komplexa situationer har under lång tid ingått i Försvarmaktens behovsanalys och FoT beställningar. Projektets förmåga att leverera relevanta direkt nytta till insatsorganisationen, samtidigt som kvalitetssäkring genom vetenskaplig publicering upprätthållits, är en konsekvens av Försvarmakten långsiktiga investering i denna typ av projekt. Möjligheten att ingå i längre och djupare internationella samarbeten, vilka ger FM:s FoT medel mycket stor utväxling, är helt avhängigt denna typ av projekt. Metodutveckling för att mäta och värdera "människan i loppet" är något som likt taktikutveckling ständigt är under utveckling och användning. Så länge människor behöver tränas eller använder sig av komplexa system är mät- och värderingsmetodik av den typ som projektet utvecklat relevant för Försvarmakten.

I denna rapport beskrivs kortfattat den verksamhet som genomförts inom respektive aktivitetsspår under projektets livslängd. I figur 1 på nästa sida beskrivs med hjälp av en konceptkarta hur huvuddelen av projektets aktiviteter relaterar till varandra. Varje ruta i figuren beskriver en aktivitet inom projektet med en titel och exempel på frågeställningar som varit aktuella i denna aktivitet. De aktiviteter som finns i figuren beskrivs också i textform i rapporten.



Figur 1. Karta över projektet aktiviteter och frågeställningar.



## 2 Mission Essential Competencies

MEC är en metod som kan användas för att definiera kärnkompetens för en viss roll/plattform samt identifiera eventuella brister i den träning/utbildning som personal i aktuell befattning erhåller. MEC-metoden kartlägger under ett antal strukturerade ”workshops” en yrkesrolls kompetensbehov och träningsbehov. Tillsammans med mycket erfarna experter i sin yrkesroll, beskrivs då yrkesrollens kompetensbehov i termer av så kallade ”Mission Essential Competencies” (MEC), vilka bryts ner i kunskaper, färdigheter och erfarenheter. Metoden beskrivs i detalj i FOI-rapporten ”Mission Essential Competencies: Kompetens - Operativa Krav” (Borgvall & Castor, 2006). Metoden har utvecklats gemensamt av det amerikanska flygvapnets forskningslabb (Air Force Research Lab., AFRL), motsvarigheten till flygtaktiska staben (FTS) i USA (Air Combat Command, ACC), samt två kommersiella företag (Colegove & Alliger, 2003; Alliger mfl, under utgivning). Inom ramen för samarbetsavtalet IMTR (International Mission Training Research) mellan FOI och AFRL så har svensk personal vid FOI utbildats i metoden och erhållit godkännandet att tillämpa den. Under 2010 levererade projektet den hittills andra svenska MEC-processen och denna gång kartlades kompetensbehovet av stridspiloter för JAS39C. Resultatet av den MEC-analys som genomfördes år 2010 redovisas i en hemlig FOI rapport (Borgvall & Castor, 2010a).



Figur 2. Stridspiloter under MEC-processen.

Nedan följer ett antal rekommendationer på hur det genomförda MEC-arbetet för JAS39C kan användas av FM:

- Projektet råder Flygvapnet att tillsätta en arbetsgrupp som går igenom kunskaper, färdigheter, erfarenheter och i synnerhet eventuella träningsglapp som identifieras genom MEC processen för JAS39C piloter. Syftet med gruppens arbete bör vara att bryta ned dessa i mer detalj i syfte att generera inläringssituationer och inlärningsplatser där de kan överbryggas, samt för att kravställa övningar och vidareutveckling av träningsanläggningar som tex MT39 och FLSC.
- Identifieringen av träningsglapp kan framöver användas för att inrikta övningar. MEC-analysen ger inte detaljerat underlag för specifika övningsmoment, inspel eller scenarion men är dock en lämplig utgångspunkt för utvecklingen av sådana. Arbetet med att vidareutveckla detta vore en passande uppgift för föreslagen arbetsgrupp.

- Den fortsatta MEC-processen bör relatera till arbetet med Flygvapnets målkatalog samt utgöra ett komplement till TTP-dokument (Tactics, Techniques, and Procedures).
- Genom analys av resultat från MEC-enkäterna erhålls en bild av hur ”mission-ready” varje förare upplever sig vara enligt JAS39C MEC. Det slutgiltiga resultatet kan således användas även för utveckling och design av individanpassad träning.
- Det identifierade kompetensbehovet kan användas för att utvärdera övningar, i likhet med det arbete som FOI gjorde under Red Flag 2008 (Castor, Borgvall, Lagerbäck & Lavén, 2008) eller insatser på det sätt som projektet gjort under 2011 under utvärderingen av insats i Operation Unified Protector mot Libyen, se avsnitt 4 (Borgvall & Castor, 2011b).

### 3 Red Flag

Under 2009 levererade projektet en omfattande djupanalys av den datamängd som samlades in under övningen Red Flag 2008-3. Denna rapport var en uppföljning på den initiala rapport som levererades sex veckor efter övningen.

Under våren 2011 deltog projektet återigen i förberedelserna för en simulerad förövning i FLSC (Flygvapnets Luftstridssimuleringscentrum), för det svenska deltagandet i den stora övningen Red Flag Alaska. Inom ramen för IMTR samarbetet (se avsnitt 8) skickade US Air Force i mars en så kallad Aggressor Pilot som är stationerad på Eilson-basen i Alaska samt ett antal forskare till FLSC. Under besöket utvecklades ett koncept för förövningen och den amerikanske piloten besökte även F21 för att informera piloterna i den blivande Red Flag kontingenten. Projektet ansvarade för de forskningstunga delarna av metodutvecklingen för att mäta träningseffekter under förövningen och under övningen i Alaska. Mätupplägget liknar det som användes under Red Flag 08-3, men har utvecklats ytterligare baserat på projektets tidigare erfarenheter. Ett nytt inslag var att innehållet från JAS39C multi-role MEC analysen verkligen användes för att utveckla förövningen.

Mätupplägget för Red Flag Alaska diskuterades vidare ingående under ett besök hos AFRL (Air Force Research Lab) i Dayton där flera mycket intressanta nya forskningsidéer framkom. Under detta möte erbjöd AFRL även FLSC att ta del av deras loggningsverktyg PETS (Performance Effectiveness Tracking System). AFRL har investerat omfattande resurser i utvecklingen av PETS och den prestationsvärderingsförmåga som PETS ger överstiger alla tillgängliga svenska verktyg.

Det svenska deltagandet i Red Flag Alaska ströks dock på grund av insatsen i Libyen och därför ställdes också förövningen in.

Projektets rekommendation är att den metodik och tankesätt som utvecklats under utvecklingen av förövningarna används även inför kommande större övningar som till exempel Red Flag, Maple Flag, Frisian Flag eller Joint Warrior. Detta för att öka träningsvärdet under övningarna och därigenom göra dessa kostsamma övningar än mer värdefulla. Deltagande av forskare under denna typ av övningar är ovärderligt för att stimulera metodutveckling och är också ett utmärkt tillfälle till avtappning av forskningsresultat till Försvarsmakten. Projektet har använt flygvapenrelaterad verksamhet som tillämpat exempel, men tillämpbarhet av metoder, träningskoncept och tekniska verktyg är hög i många andra kontexter och domäner.

## 4 MEC-baserad utvärdering FL02: P-DEEP

Projektet levererade i november 2011 ett omfattande hemligt underlag (Borgvall & Castor, 2011a) som beskriver bakgrund, syfte, och resultat från den initiala analysen avseende MEC-baserad utvärdering av piloternas kompetensutveckling under FL02 (Flyginsats Libyen 02) i Operation Unified Protector (Operation Karakal i Sverige). Projektet utvecklade ett utvärderingspaket kallat P-DEEP: Pilot Deployment Experience Evaluation Package som användes kontinuerligt av samtliga piloter under den ordinarie 90-dagars perioden av FL02. P-DEEP baserades på underlag ur MEC-processen för JAS39C multi-role som genomfördes år 2010. En öppen beskrivning, utan resultat, som sammanfattar datainsamlingen finns i Borgvall & Castor (2011b).

Utvärderingspaketet P-DEEP FL02 bestod av fyra olika formulär som användes av piloterna under insatsen. Formulären var indelade i två olika kategorier: en kategori för utvärdering före, i mitten av, och efter rotation samt en kategori för utvärdering efter pass. Syftet med genomförandet var att på ett strukturerat och kvantifierbart sätt dokumentera och analysera hur medverkan i FL02 påverkade piloternas kompetenser med avseende på de MEC, erfarenheter samt kunskaper och färdigheter som tidigare identifierats för JAS39C multi-role. Genom att dels följa upp utvecklingen före, i mitten av, och efter respektive pilots rotation samt kontinuerligt efter varje pass erhålls en detaljerad bild hur piloternas kompetens påverkats. Frågeställningar kring en operatörs eller beslutsfattarens förmåga att behålla sina kunskaper och färdigheter (retention, skill decay) och hur de tränas och överförs mellan olika situationer och träningsmiljöer (transfer of training) är mycket relevant för fortsatt forskning.

Genom denna datainsamling har projektet studerat träning och kompetensutveckling i simulatorer, under större övning och under skarp insats. Både utifrån teoretiska och praktiska aspekter är det mycket intressant att utveckla tankarna kring hur träningsmöjligheter och piloters beteende skiljer sig mellan den relativt tillrättalagda och kontrollerbara övningsmiljön i simulatorm jämfört med den mer svårkontrollerade övningsmiljön under en större övning och de "okontrollerbara" förutsättningarna under en skarp insats. En pilots möjlighet och benägenhet att utforska olika delar av den möjliga utfallsrymden för att öka sin situationsförståelse bör skilja avsevärt mellan dessa olika miljöer. Att projektet använt liknande utvärderingsmetoder över de olika miljöerna belyser metodernas tillämpningsmöjligheter.

Den insamlade datamängden beskriver på ett unikt sätt hur piloternas kompetens förändrades under insatsen. Med denna typ av data som underlag kan mer kvalificerade bedömningar av till exempel träningsbehov och rotationstider genomföras samt även analyser av skillnader ex. med avseende på faktorer som kvalifikationsnivå, deltagande vid internationella övningar, och flygtid.

Projektets rekommendation är att Flygvapnet under 2012 följer upp analysen av FLO2s insats genom att ett antal erfarna piloter noggrant går igenom de analyser projektet gjort under hösten 2011. Analysen motsvarar den avslutande workshop som ingår i den ordinarie MEC processen, den så kallade COMMAND workshopen. Nu är det dock en P-DEEP COMMAND workshop som rekommenderas.

Den MEC kartläggning som avslutades under 2010 bör också uppdateras med de nya erfarenheter som de svenska piloterna dragit genom deltagandet i Operation Unified Protector. Rekommendation är därför att en så kallad "Refresher MEC" genomförs under 2012.

## 5 Doktorsavhandling Nählinder 2009

Som en del i projektets metodutveckling och kvalitetssäkring rörande psykofysiologisk metod försvarade Staffan Nählinder den tredje april 2009 sin avhandling "Flight Simulator Training: Assessing the Potential" (Nählinder, 2009) vid Linköpings universitet. Opponent vid disputationen var dr Ken R. Boff, Principal Scientist vid Tennenbaum Institute, Georgia Institute of Technology, USA. Dr Boff var tidigare "Chief Scientist" vid AFRL:s "Human Effectiveness Directorate" där 1200 forskare är anställda. Dr Boff är en mycket erfaren och ansedd forskare som under sin tid vid AFRL var ansvarig för de inledande faserna i de flesta av direktoratets internationella forskningsaktiviteter.

Sammanfattning av avhandlingen nedan:

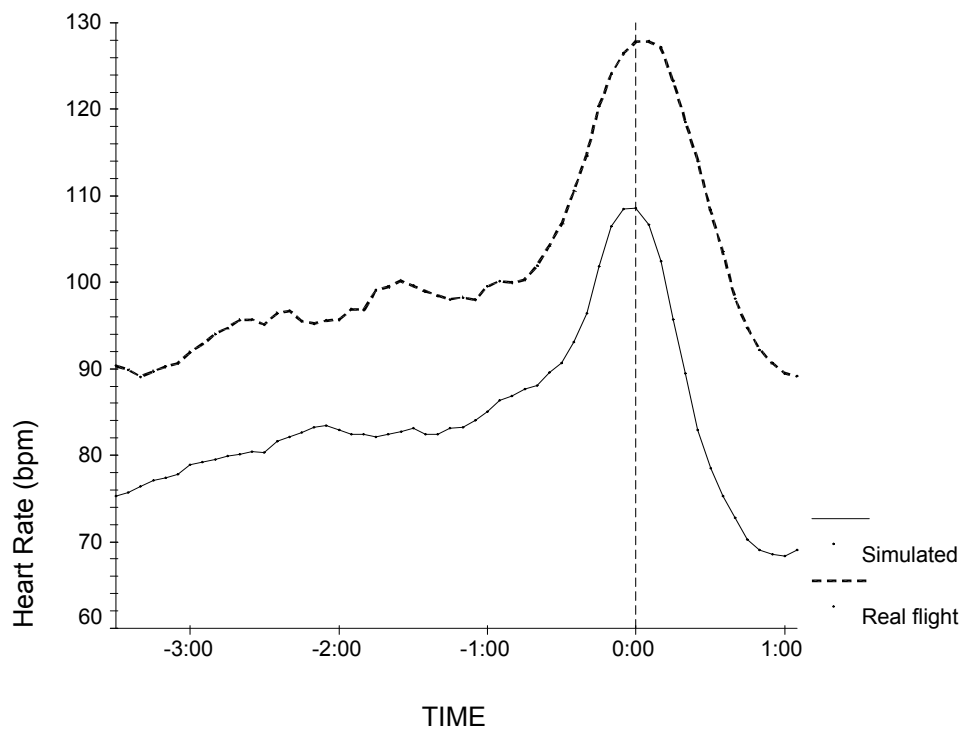
*Mental arbetsbelastning är ett viktigt begrepp som har visat sig kunna predicera bland annat situationsmedvetande och operativ prestation. Avhandlingen visar olika sätt att mäta mental arbetsbelastning, bland annat genom självskattningar och psykofysiologiska mått. Skillnader och likheter i psykofysiologisk reaktion och skattad mental arbetsbelastning mellan simulerad och verklig flygning beskrivs. Betydelsen av sådana skillnader och dess konsekvenser för möjligheten till träningseffekt diskuteras.*

*Ett antal studier beskrivs som handlar om upplevelsen och de fysiologiska reaktionerna hos piloter som flyger i simulatorer och i verklig flygning. I de flesta fall förekommer likartade reaktioner i simulatorn som i verkligheten. Det finns en stor grad av överensstämmelse både vad gäller psykofysiologisk reaktion och upplevd mental arbetsbelastning. Men studierna visar också att även om reaktionerna är lika, så skiljer de sig också åt på några viktiga punkter. Piloter som genomför ett uppdrag i en simulator är inte lika stressade som i verklig flygning.*

*De har lägre puls och högre pulsvariabilitet. I vissa enstaka fall har piloterna högre puls i simulatorn än i motsvarande fall i verklig flygning. Resultaten är viktiga för att förstå hur nyttan av simulatorer kan utvärderas ur ett användningsperspektiv. Vidare jämförs två olika utrustningar för psykofysiologisk mätning och olika psykofysiologiska mått testas i tillämpade miljöer.*

*Olika utrustningar för att mäta psykofysiologisk reaktion jämförs och olika psykofysiologiska mått diskuteras. Avhandlingen problematiserar olika metodologiska aspekter, såsom metoder för att skapa reliabla och valida mått i dynamisk tillämpad forskning, samt metoder för att hantera individuella skillnader. En algoritm föreslås för att eliminera olikheter mellan individer. Den underlättar upptäckandet av inomindividseffekter.*

*Avslutningsvis presenteras resultaten från en studie avsedd att mäta inställning till ett antal inbyggda pedagogiska träningsverktyg. De verktyg som fanns inbyggda i simulatorn var framtagna för att förbättra träningseffekten genom att konkretisera koncept och relationer som kan vara svåra att förstå. Pilotelever och instruktörer fick flyga i en simulator och gavs sedan möjligheten att pröva olika träningsverktyg. Resultaten visar tydligt ett positivt intresse för träningsverktygen både från elever och från instruktörer. Väl implementerade noggrant utvalda träningsverktyg, kan kraftigt förbättra träningseffektiviteten i framtida träningsimulatorer.*



Figur 3. Data från Nählinder 2009<sup>1</sup>.

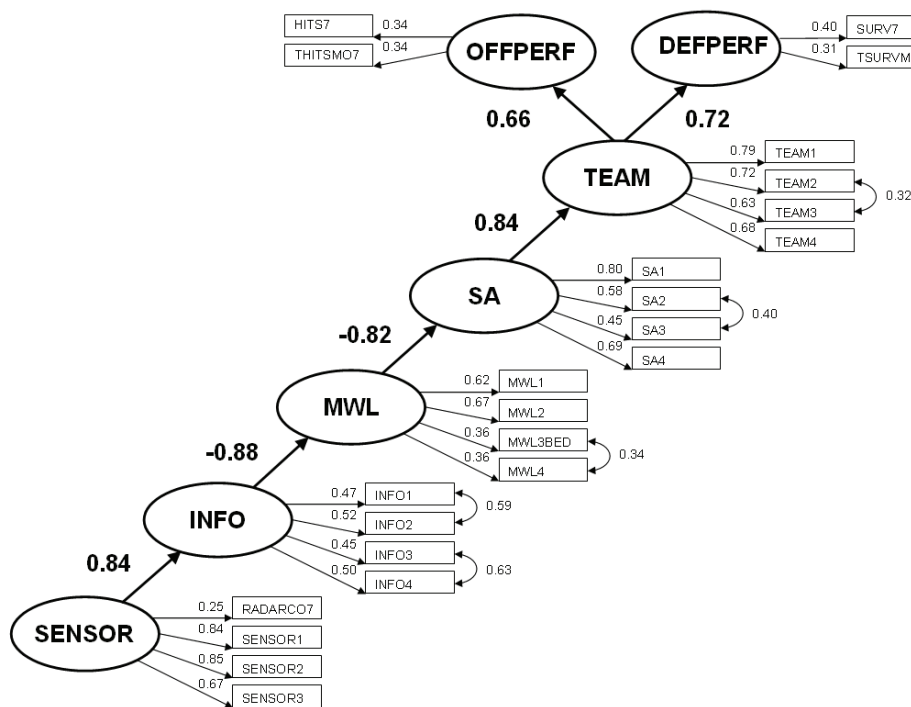
Avhandlingen behandlar olika psykofysiologiska metoder som används för att mäta mental arbetsbelastning. I avhandlingen presenteras studier som jämför den mentala arbetsbelastningen i simulerad miljö med verklig miljö (se exempel i figur 3). Militära flygförare har fått flyga samma uppdrag i simulator som i verkligheten och likheter och skillnader i mental arbetsbelastning analyseras och diskuteras i avhandlingen. Avhandlingen jämför olika psykofysiologiska mått och mätinstrument, och presenterar några metodologiska och statistiska åtgärder som underlättar jämförelser mellan olika individer. Avhandlingen behandlar också erfarenheter av inbyggda träningsverktyg i en flygsimulator, i syfte att förbättra träningseffektiviteten i framtida träningsimulatorer. Genom arbetet som ligger bakom avhandlingen har kunskapen om psykofysiologiska värderingsmetoder behållits och vidareutvecklats. Avhandlingen relaterar i hög utsträckning till samarbetet med AFRL som benämns OFSA-AAI och relevansen i fortsatt utveckling och användning av psykofysiologiska metoder beskrivs ytterligare i stycke 9.

<sup>1</sup> Figurens två kurvor visar flygförarnas puls (heart rate) under flygning av samma uppdrag i simulator som under verklig flygning. Uppdragets som flögs av förare vid F17 var ett attackuppdrag där ett mål på marken anfölls vid tiden 0.

## 6 Doktorsavhandling Castor 2009

Som en del i projektets metodutveckling och kvalitetssäkring rörande avancerad statistik och metoder för att mäta svårfångade koncept försvarade Martin Castor den sjuttonde april 2009 sin avhandling ”The use of structural equation modeling to describe the effect of operator functional state on air-to-air engagement outcomes” (Castor, 2009) vid Linköpings universitet. Opponent vid disputationen var dr Anders K. Ericsson, professor vid Department of Psychology, Florida State University, USA och erkänd som en av världens absolut främsta forskare vad gäller forskning kring experter och ”expert performance”.

Avhandlingen kretsar kring statistisk modelleringsmetodik och hur data av olika typer kan kombineras med hjälp av avancerad statistik och användas i systemutvecklingsprocesser för att värdera människans prestationsförmåga. De data som användes kom från en simuleringsbaserad anskaffningsstudie (SBA) av ny nosradar till JAS39. Den statistiska modell som utvecklas för att visa metodens användbarhet, se figur 4, beskriver relationen mellan ett antal centrala värderingskoncept som beskriver operatörsfunktionen och ett antal tekniska variabler.



Figur 4. Statistisk modell från Castor 2009<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> SENSOR = sensorhantering, INFO = användbarhet i information på taktiska indikatorer, MWL = mental arbetsbelastning, SA = situationsmedvetande, TEAM = samarbete, OFFPERF = offensiv prestation, DEFPERF = defensiv prestation. Alla föregående koncept (ovalerna) är sk latent faktorer vilka operationaliserats/mätts mha ett antal mätpunkter (rektanglarna).



## Sammanfattning av avhandlingen nedan:

*Statistiskt och matematiskt underbyggda slutsatser kring ett systems operativa användbarhet är kritiska i systemutvecklingsprocesser i mångmiljardklassen. Även om det är uppenbart att människan är den viktigaste och mest kritiska komponenten i många system har det ofta varit svårt för forskare inom området Människa System Interaktion (MSI) att uttrycka mänskliga faktorer på ett statistiskt och matematiskt strikt sätt. Den här avhandlingen visar och kvantifierar hur koncepten sensoreffektivitet, användbarhet hos information, mental arbetsbelastning, situationsmedvetande, samarbete och operativ prestation relaterar till varandra i en fyrgrupp militära flygförare genom modellering baserad på empiriska data. Genom att använda strukturella ekvationsmodeller, här m.h.a. LISREL, visas en statistisk modell av hur variabler som beskriver operatörernas förmåga att prestera medierar effekter mellan mer systemorienterade variabler.*

*De koncept eller faktorer som används i modelleringsprocessen har rönt stor vetenskaplig och operativ uppmärksamhet. De har också identifierats som mångdimensionella och inom forskningsområdet har en stor mängd olika mätmetoder utvecklats. Avhandlingen fokuserar på vad som sker i steget efter datainsamling, d.v.s. hur kan dessa faktorer relateras till varandra i något så mångdimensionellt som mänsklig aktivitet i verkliga situationer?*

*En omfattande beteendevetenskaplig datamängd samlades in under en stor simuleringsbaserad anskaffningsstudie som studerade krav för en ny flygplansradar. Databasen innehåller data från 308 simulerade flygföretag, med data från fyra flygförare per företag, d.v.s. 1232 rader i databasen med 24 variabler på varje rad, vilka genererats av 37 flygförare. Den insamlade datamängden sammanfattar mer än 700 timmar av erfarna flygförares arbete och prestation i en operativt relevant miljö på ett sätt som är både teoretiskt intressant och användbart i en systemutvecklingsprocess. Data kommer från en studie i verkligheten – även om verkligheten var simulerad – som handlade om komplexa processer i en dynamisk kontext. Avhandlingen är i sig ett exempel på en modern experimentalpsykologisk ansats som är giltig och användbar för tillämpade studier. Datainsamlingen representerar inte en klassisk experimentalpsykologisk ansats utan beskriver istället metodologiska behov och avvägningar som en MSI-forskare möter under arbete med systemutveckling. En delmängd av den insamlade datamängden är sekretessbelagd, vilket inte har påverkat modellerna eller de vetenskapliga slutsatserna, men vissa praktiska slutsatser har dock utelämnats.*

*Resultatet från modellutvecklingen är en strukturell ekvationsmodell som beskriver hur de utvalda koncepten relaterar till varandra och därigenom beskrivs relationen mellan tekniska mått m.h.a. en modell av flygförarna. Enkelhet och överblickbarhet i modellen var en del av målsättningen och baserat på tidigare erfarenheter användes en simplex struktur under modellkonceptualiseringsfasen. Den slutgiltiga modellen visar att kovarianserna mellan de 24 variablerna i databasen kan förklaras m.h.a. en kvasi-simplex struktur med sju faktorer.*

Statistisk modelleringsförmåga av denna typ är användbar för att analysera många frågeställningar som är aktuella i FM studier och konceptutveckling. Den modell som beskrivs i avhandlingen är framför allt användbar i den aktuella SBA studien. Möjligheterna med denna statistiska modellerings teknik

är dock generellt mycket intressant för många av FM studier. Statistiska metoder av denna typ är kraftfulla verktyg för analys och modellering av komplexa datamängder och skeenden. Generellt vad gäller avhandlingar rekommenderar projektet att metodmässiga och teoretiska djupdykningar av det slag som en avhandling innebär genomförs när förutsättningarna är goda. En avhandling innebär ett nära samarbete med ett universitet eller högskola vilket ofta ger utväxling av FM:s FoT medel och inflöde av nya idéer och tillämpningar.

## 7 Konferensbidrag

Som en del i kvalitetssäkringen och spridningen av projektets resultat har projektet producerat ett antal bidrag till vetenskapliga konferenser. Bidragen är en viktig del i kontaktskapandet och ett gott vetenskapligt rykte är ofta nödvändigt för att bli aktuell som samarbetspartner i internationella samarbeten då de tjänar som en del i kvalitetssäkringen.

Projektet deltog 2009 med ett bidrag vid "The International Symposium on Aviation Psychology" (ISAP) på Wright State University i Dayton, Ohio. Bidraget (Castor, Borgvall, & Bennett, 2009) redovisade den metodansats som användes under studien av flygförarnas kunskaps- och färdighetsutveckling under FLSC förövning inför den stora flygövningen Red Flag och under själva Red Flag 2008 (Castor, Borgvall, Lavén, & Lagerbäck, 2008). Nedan följer sammanfattningen av bidraget:

### KNOWLEDGE AND SKILL-BASED EVALUATION OF SIMULATED AND LIVE TRAINING – FROM EVALUATION FRAMEWORK TO FIELD APPLICATION

*In a study, a simulated spin-up exercise and the corresponding large-scale live military flight training exercise was evaluated based on the Alliger et al. (1997) augmented taxonomy of Kirkpatrick's training criteria (1959a-d). The data collection was developed and designed to assess the training from reactions to in-simulator knowledge and skill development to operative training effect. The basis for the evaluation was knowledge and skills identified with the Mission Essential Competencies (MEC) process. Using surveys, quantitative and qualitative data from 14 fighter pilots were collected regarding reactions to training, perceived training value and additional training needs. This paper will present the rationale and theoretical framework behind this methodological approach. The main contribution is the description of how the underlying theoretical frameworks have been transformed into measures allowing structured evaluation of training "in the wild".*

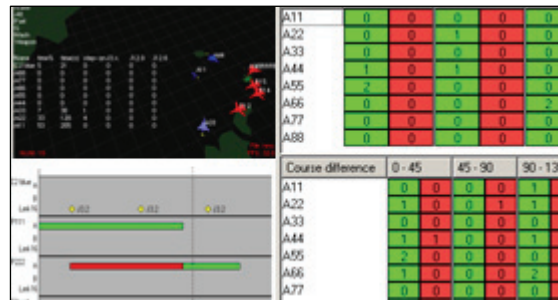
Ur ett vetenskapligt akademiskt perspektiv var metodansatsen nyskapande genom att den operationaliserade teoritunga ramverk för utvärdering av träning för applicering under högst tillämpade former; på FLSC och vid Red Flag. Utvärdering av träning är ett område som ofta är eftersatt. Att som i det av projektet genomförda arbetet kombinera teoritunga utvärderingsramverk med en mycket gedigen kompetensbeskrivning och sedan samla in data från en övning av Red Flags omfattning är tämligen unikt i världen.

Projektet deltog 2011 med två bidrag vid ISAP. Ett av bidragen (Borgvall, Castor, & O'Connell, 2011) redovisade arbetet med att utveckla visualiseringsverktyg för att stödja träning och analys med hjälp av verktyget HawkEye som genomförts på FLSC. Nedan följer sammanfattningen av bidraget:

### ENHANCED SCENARIO VISUALIZATION FOR SIMULATION-BASED TRAINING

*This paper describes the development and initial experiences of an enhanced scenario visualization system recently introduced at the Swedish Air Force Combat Simulation Centre (FLSC). FLSC provides team training of fast-jet pilots, performs research on training effectiveness and human performance, and simulation-based development and acquisition. The system has been*

*developed in-house, based on an extensive set of experiences and needs among various user groups, to support and enhance the effectiveness of simulator-based team training, as well as research and development programs. It provides enhanced presentations of scenarios, enabling pilots, instructors, training designers, researchers, and operational analysts to observe, reflect, and analyze sorties during and after execution. Initial experiences and reactions are promising, and the paper will address and relate those to other relevant efforts and elaborate on future interesting development paths.*



Figur 5. Några av HawkEye verktygets vyer för att visualisera beteende och prestation.

Det andra bidraget, "Physiological Differences Associated with Task Difficulty in Flight Simulation Training" (Christensen, Nählinder, Estep & Jonsson, 2011) beskriver de psykofysiologiska mätningar som projektet genomfört tillsammans med AFRL på Flygskolan i Malmslätt. Mätningarna har genomförts inom ramen för det andra samarbetsavtalet "Operator Functional State Assessment and Adaptive Automation Implementation" (OFSA-AAI) som projektet deltagit i. Idén bakom det redovisade bidraget är att psykofysiologiska mätningar av hjärn- och hjärtaktivitet kan användas för att avgöra hur kognitivt belastad en pilot är under ett moment i simulatorträning. Genom att få en uppfattning av belastningen på detta sätt kan svårighetsgraden i nästa övning anpassas för att skapa lämplig svårighetsgrad för att optimera träningen, dvs. adaptiv träning.

2010 bidrog projektet med ett bidrag till den årliga konferensen för sällskapet "Human Performance in Extreme Environments" (Borgvall & Castor, 2010b). Bidraget beskriver erfarenheter från den förövning som genomfördes i FLSC inför Red Flag 2008.

#### FRAMING AND LEVELLING PREPARATORY TRAINING FOR LARGE FORCE EXERCISES

*This paper describes a preparatory simulator exercise called Red Flag Nellis spin-up that was conducted at the SwAF Combat Simulation Centre, FLSC, about one and a half months prior to the live exercise Red Flag. Units participating in Red Flag and similar exercises may spend months preparing pilots and other warfighters for a Large Force Employment (LFE) exercise to maximize training benefits. Many aspects of LFEs, however, cannot be practiced on local training ranges. These include for example ground and airspace procedures for large force packages, coordination with other elements of a strike package, coalition operations, and operations against dissimilar forces. This paper will focus primarily on the operational experiences from how RF spin-up was framed, levelled, structured, and conducted to address the SwAF live exercise objectives and training goals*

*with the support of training needs analysis. Reactions data covering both the spin-up and live exercise are also presented.*

2010 bidrog projektet också med medförfattarskap och deltagande i en paneldiskussion med titel "Preparing for Large Force Exercises with Distributed Simulation" under "International Simulation Multi-Conference" (Crane mfl, 2010).

Projektet rekommenderar att kommande FoT projekt fortsätter att bidra med bidrag till konferenser av denna typ. Deltagande vid internationella konferenser och symposium av denna typ har för forsknings- och utvecklingsprojekt flera nyttoeffekter. Det är av största vikt att delta på konferenser för att agera och synas på en internationell forskningsarena och vara attraktiv för kommande samarbeten. Genom att vara en attraktiv samarbetspartner kan forskningsprojekt få del av en mängd utländska erfarenheter och metoder som skulle vara dyra att utveckla på egen hand. Publicering på konferenser leder också till kvalitetssäkring och vidareutveckling av forskningsupplägg, omvärldsbevakning med efterföljande kunskapsspridning samt vetenskaplig/akademisk meritering.

## 8 Samarbete IMTR

För att utnyttja Försvarets FoT medel på ett kostnadseffektivt sätt strävar FOI ofta mot att samarbeta med världsledande aktörer inom relevant område. FOI undertecknade därför 2005 ett samarbetsavtal kring International Mission Training Research (IMTR) med Warfighter Readiness Research Division vid US Air Force Research Laboratory (AFRL) i Mesa, Arizona. Avtalet (TRDP-US-SW-AF-05-0001) var giltigt från september 2005 tom mars 2011. IMTR projektet stod inom FOI under FLSC (Flygvapnets Luftstrids Simulerings Center) huvudmannaskap men utöver FLSC verksamhet har FoT projekt inom Ledning & MSI bidragit med stora delar av den nödvändiga metodutvecklingen. En stor del av föreliggande projekts verksamhet har skett inom ramen för detta samarbete.



Figur 6. IMTR samarbetets logotyp.

Vid ASNR generalernas möte (Air Senior National Representative), på amerikansk sida generalmajor Ellen Pawlikowski och på svensk sida brigadgeneral Arne Hedén, i Dayton i mars 2011 deltog svenska projektmedlemmar i avrapporteringen av IMTR projektet. Resultaten och det ömsesidiga utbytet av idéer och praktiskt gemensamt projektarbete under åren uppmärksammades av generalerna och framhölls som exemplariskt. Under året har projektet påbörjat skrivandet av slutrapporten för IMTR samarbetet och rapporten börjar närma sig fullbordan.

Innehållet i IMTR samarbetet representerade ett helhetsgrepp på träning av internationella insatser med hjälp av distribuerad simulering. Planen var att FLSC i Kista och AFRL:s simulatorer i Mesa skulle kopplas ihop och piloter skulle kunna genomföra uppdrag tillsammans, inklusive distribuerad ”briefing” och ”debriefing”, med säkerhetsklass upp till HEMLIG/SECRET. Under flera år gjordes långsamma men metodiska framsteg för att kunna realisera dessa simuleringar, som en del av FLSC utvecklingsarbete. Förändrade säkerhetsregler och mandat för auktorisering på amerikansk sida omöjliggjorde slutligen ihopkopplingen och simuleringar med hemliga modeller och data. Förändringsarbete rörande dessa säkerhetsregler pågår dock både inom AFRL och inom Pentagon vilket eventuellt öppnar för möjligheter i framtiden.

Under I/ITSEC 2010, världens största simuleringsmessa, demonstrerades dock förmågan till distribuerad simulering mellan FLSC och sex av AFRL:s simulatorer som stod distribuerade på mässgolvet. Simulerade F16, JAS39, Predator UAV, AWACS (vissa funktioner) och AFRL:s JTAC simulator deltog i ett antal demonstrationer under mässan.



Figur 7 och 8. Svensk JTAC som leder striden från AFRL:s JTAC simulator samt bild av AFRLs bås på I/ITSEC mässan.

Som ett resultat av erfarenheterna från den svenska förövningen i FLSC för Red Flag 2008, påbörjade AFRL under 2010 ett så kallat SBIR projekt (Small Business Innovative Research) där flera amerikanska företag i hittills två faser finansierats för att utveckla en "Red Flag Trainer". Detta är ett pedagogiskt verktyg som ska ge piloter på väg till Red Flag några av de erfarenheter som de svenska piloterna tillgodogjorde sig i FLSC. Det svenska FoT projektet har stöttat denna utveckling med svensk pilot- och forskarkompetens genom att delta vid ett av SBIR projektets utvärderingsmöten för nästkommande fas av projektet samt tillhandhållit kommentarer och designstyrning flera gånger under SBIR projektets livslängd.

Ett nytt avtal, IMTR II, är under så kallad "staffing process", dvs beredning och godkännande på hög nivå och förväntas lämna Pentagon i USA inom kort. På grund av fördröjning i undertecknandet av ett nytt övergripande Memorandum of Agreement, i detta fall Research Development Test and Evaluation (RDT&E) avtalet, mellan Sverige och USA kommer det att bli ett tidsmässigt glapp mellan verksamhet inom IMTR och IMTR II på 9-12 månader. Flera komponenter från det gamla avtalet bedöms fortfarande vara mycket intressanta för den svenska försvarsmaktens utveckling, till exempel pedagogik och upplägg kring distribuerade realtidssimuleringar, verktyg för prestationsvärdering, metoder för kompetensinventering och flera andra forskningsfrågor relaterande till "warfighter readiness". Till detta kommer flera nya komponenter som till exempel studier av LVC konceptet (Live, Virtual & Constructive, dvs. när skarpa plattformar, bemannande simulatorer, och datorgenererade entiteter agerar tillsammans) där AFRL ligger främst i världen.

Projektet rekommenderar Försvarsmakten att visa större intresse för IMTR II samarbetet och tillse att erfarenheterna från denna typ av samarbeten får ökad spridning och effekt hos andra intressenter inom Försvarsmakten och Försvarets Materielverk. Samarbeten av denna typ ger mycket stor utväxling på FoT medlen och ger FM tillfällen till mycket intressanta övningstillfällen och utbyte av erfarenheter rörande till exempel taktik och NATO procedurer.

## 9 Samarbete OFSA-AAI

Som en del i den psykofysiologiska metodutvecklingen har FOI och tidigare FOA sedan länge samverkat med AFRL kring mätning av operatörens prestation och mentala arbetsbelastning. Under 2007 till 2011 fanns projektavtalet "Operator Functional State Assessment and Adaptive Aiding Implementation" (TRDP-US-SW-AF-07-0001). Forskningssamarbetet kretsade kring hur olika sensorer på en individ kan användas för att bedöma dennes aktuella mentala status. Denna information kan troligen fungera som indata till adaptiva system som anpassar sig efter individens aktuella behov och förmågor. Avsikten med samarbetet var att studera nya sensorer och psykofysiologiska mått (till exempel olika sätt att mäta ögon-, hjärn- och hjärtaktivitet) samt metoder för att analysera dessa data. De experiment som var planerade att genomföras i den dynamiska flygsimulatorn (DFS) under hösten 2009 sköts upp av flera anledningar och gick ej heller att genomföra under 2010. Verksamheten i samarbetet redovisas i Nählinder (2009) och Nählinder (2010). Under 2010 genomfördes gemensam datainsamling vid Flygskolan (FlygS) i Malmslätt, och resultaten av mätningarna presenterades vid ISAP 2011.



Figur 9. Mätning av EEG, dvs hjärnaktivitet, på Flygskolan.

Psykofysiologiska mått är en viktig del av metodbatteriet för att värdera mänsklig prestation. Användningen av denna typ av mått ökar nu i civila tillämpningar som till exempel i bilar och smarta kläder. Om Försvarsmakten ska kunna följa denna utveckling måste kompetensförsörjning och omfattning av denna verksamhet ses över. Ett användningsområde, utöver adaptiv automation, är att psykofysiologiska data kan ingå i bedömningen av när svårighetsgraden ska ökas för en individ i något träningsmoment, vilket gör träningen mer individanpassad, dvs adaptiv träning. Projektet rekommenderar därför Försvarsmakten att inom FoT processen särskilt diskutera hur den psykofysiologiska mätkompetensen ska användas och utvecklas.



## 10 Samarbete CODE

Med syfte att ha kontakt och samarbete med ytterligare en ledande aktör inom distribuerad simulering, utöver AFRL, undertecknades december 2009 ett samverkansavtal mellan brittiska Defence Science and Technology Laboratory (Dstl) och FOI. Avtalet är giltigt fram till 2014 och erbjuder andra möjligheter än IMTR samarbetet. Samarbetsavtalet går under namnet CODE – ”Coalition Operations in Distributed Environments” och avser gemensam forskning och utveckling inom området ”Coalition Collective Training in a NEC era using Synthetic Environments” (NEC, Network Enabled Capabilities). Avtalet är det enda forskningsrelaterade avtalet med Storbritannien som går utöver informationsutbyte. Avtalet är en förutsättning för kunskapsutbyte och utveckling med Storbritannien inom områdena NEC, koalitionsträning och distribuerad simulering. Royal Air Force (RAF) anläggningen Air Battle Training Centre (ABTC) används till exempel för att träna Storbritanniens Afghanistan kontingenter i det så kallade ”Joint Fires” konceptet, dvs. integration av eldledning och vapenleverans mellan olika vapengrenar. Inom ramen för samarbetsavtalet kan ABTC och FLSC kopplas ihop och möjliggöra distribuerade övningar. Under 2010 och 2011 pågick planering för distribuerade simuleringar, men finansiering saknas och verksamheten sker därför med mycket låg intensitet tills Försvarmakten förtydligar sitt intresse och finansieringssituationen löses.



Figur 10. Träning av Joint Fires-konceptet i ABTC.

Projektet rekommenderar Försvarmakten att noggrant överväga möjligheterna med och resursbehoven för ett samarbete mellan FOI och FM med Dstl och RAF inom ramen för CODE avtalet.

## 11 Samarbete NATO RTO HFM 162 Rotary Wing Brown-out

Projektet deltog i begränsad omfattning i NATO RTO<sup>3</sup> gruppen HFM 162 Rotary Wing Brown-out under 2009 och 2010. "Brown-out" är ett fenomen som uppträder då exempelvis en helikopter ska landa i en miljö med mycket sand på marken. Rotorbladen på helikoptern får sanden att virvla upp runt helikoptern och detta kan leda till att helikopterpiloten tappar visuell kontakt med marken. Detta har internationellt sett orsakat många olyckor, ofta med mycket allvarlig utgång. HFM 162 gruppen var en tvärvetenskaplig grupp med såväl helikopterförare, forskare och ingenjörer som adresserar problemet med att landa helikoptrar i miljöer där sand och damm kan försvåra landningen. Gruppen producerade en rapport om fenomenet samt förslag på åtgärder för att minska problemen.

Projektet fick genom deltagandet information om hur andra länder arbetar med "brown-out" problematiken. I takt med att Sverige sätter in helikoptrar i internationella missioner, förväntas "brown-out" bli ett växande flygsäkerhetsproblem. Detta NATO-samarbete gav Försvarmakten tillgång till mycket information om hur andra länder arbetar med "brown-out" samt information om hur man jobbar med nya lösningar för att förbättra informationspresentation till helikopterföraren. Information som delgetts projektet rörande till exempel andra länders landningsprocedurer och slutsatser från gruppens rapport har förmedlats till Helikopterflottiljen och Högkvarteret.

Vid HFM panelens möte i Halifax oktober 2011 föreslogs att HFM 162 skulle tilldelas panelens utmärkelse för väl genomförd verksamhet.

---

<sup>3</sup> NATO Research and Technology Organization är NATOs forskningsorganisation.

## 12 Redovisning och avtappning

Projektet har under åren ett antal gånger redovisat verksamheten för FM samt verkat direktstödande vid uppkommande frågeställningar:

- I samband med ASNR (Air Senior National Representative) mötena mellan Sverige och USA har projektet varje år presenterat innehåll och status för verksamheten i de två samarbetsavtalen, IMTR och OFSA-AAI, för Chefen AFRL, generalmajor Bedke (US ASNR 209-2010), Mr Sciabica (US ASNR 2011), brigadgeneral Bergström (svensk ASNR 2009), brigadgeneral Hedén (svensk ASNR 2010-2011), överste Fälthammar (C FTS), överste Olofsson (FM Chief Scientist), med flera.
- Projektets verksamhet har av projektdeltagare redovisats direkt för FM FoT representanter en till två gånger per år. FoT gruppsordförande Mats Marklund (2009-2010), FoT gruppsordförande Anders Westman (2010-2011), FM Chief Scientist Mats Olofsson samt övriga deltagare i FoT gruppen för Ledning och MSI har fått projektets verksamhet presenterad för sig. Verksamheten har också presenterats för FM representanter vid FMKE flera gånger.
- Projektet sammanställde efter förfrågan från HKV 2009 haverirelaterad FOI forskning från 1980 och framåt och skickade till HKV SÄKINSP FLYGI major Hammarberg som också vidarebefordrade materialet till Statens Haverikommission.
- Under 2009 bistod projektet major Andreas Dahlberg i arbetet med hans C-uppsats vid FHS med titeln ”Erfarenheter från internationella övningar inom Flygvapnets stridsflygdivisioner – hur de värderas och påverkar verksamheten – och hur stor skillnad det är på uppfattningen av relevant kunskap” (Dahlberg, 2009).
- Projektet har kontaktats av major Mikael Dellrud, FTS A7 angående stöd till Flygvapnets "lessons learned" arbete. Under 2011 deltog projektet i planeringen av erfarenhetsseminariet för FL01. Arbetet med datainsamling från FL02 har också redovisats för Försvarmaktens Erfarenhetsanalys grupp (INSS Erf Ana).

## 13 Avslutning

FoT projektet MSI värdering för systemutveckling, uppdragsträning, övningar och internationella insatser har varit grunden för en mängd verksamhet som har hållit god vetenskaplig kvalitet samtidigt som mycket har varit av högst tillämpad karaktär, direkt stödjande i Försvarmaktens utvecklingsarbete.

Projektet har tillsammans med FoT projektet Prestationsvärdering i ledningssystem utgjort en mycket viktig kompetensbärare för förmågan att utforma, genomföra och analysera komplexa experimentella mätningar av humanrelaterade koncept.

Projekt av denna typ är också en förutsättning för framgångsrika internationella samarbeten, som till exempel samarbetet med US Air Force Research Lab (AFRL). Mer omfattande internationella samarbetsavtal går sällan att tidsmässigt synkronisera mot kortare svenska beställningar. Förekomsten av mer långsiktiga forskningsprojekt är därför helt avgörande för att kunna gå in i sådana samarbeten.

Erfarenheterna från projektet har också varit utgångspunkten för verksamheten i flera andra projekt/aktiviteter:

- QATEP (Quick Access Target Eye Pointer), är ett projekt från NFFP5/VINNOVA till FOI och ögonrörelsemätningföretaget SmartEye ([www.smarteye.se](http://www.smarteye.se)). QATEP-projektet studerar hur modern ögonrörelsemätning kan användas för målutpekning i flygplan.
- Hjärnbudget, ett projekt från NFFP5/VINNOVA till FOI, Stockholms universitet och SAAB kring hur humancentrerad mätmetodik kan införlivas i SAABs utvecklingsprocess för framtida versioner av JAS39.
- Live-Virtual-Constructive (LVC). LVC är namnet på trenden att koppla ihop skarpa plattformar med bemannade simulatorer och datorgenererade entiteter och låta dem agera tillsammans, tex för träningsändamål. Genom IMTR samarbetet och CODE avtalet har FOI arbetat nära världens ledande LVC aktörer. NATO Research and Technology Organisations panel för Human Factors & Medicine (NATO RTO HFM) har också efter svenskt initiativ beslutat att starta en grupp för att studera de humancentrerade delarna av LVC.
- PROFET, (PRestationsvärdering och behovsanalys för Operativt Fokuserad Erfarenhetsbaserad Träning) vilket beskrivs i Försvarmaktens FoT plan för 2012-2014 är en naturlig bärare av de erfarenheter, kontakter och resultat som MSI-värderingsprojektet genererat. Innehållet för PROFET projektet bereds för nuvarande men temat föreslås vara "Försvarmakten som lärande organisation". MSI-värderingsprojektet har på flera olika sätt samlat erfarenheter rörande hur träning och lärande inom Försvarmakten skulle kunna utvecklas. PROFET projektet kommer att innehålla studier av hur dessa mätmetoder kan integreras i en organisation och dess utveckling. Både under förberedelserna för Red Flag Alaska förövningen och under utvärderingen av stridspiloterna i FL02 kompetensutveckling har projektets personal arbetat nära inblandade stridsflygdivisioner och

delgett FM resultat samt genomfört gemensam problemlösnings och planering av verksamheten. Vid överlämning av resultaten av P-DEEP utvärderingen diskuterades flera exempel på verksamhet som anses vara viktig av aktuell divisionsledning, som till exempel uppdatering av MEC-analysen, fortsatt fokus på att analysera och konkretisera träningsbehoven på divisionsnivå, och utveckling av ett "Learning Management System (LMS) för att kontinuerligt kunna följa träningen vid ett förband.

## 14 Referenser

- Alliger, G. M., Beard, R., Bennett, W., Jr., & Colegrove, C. M. (under utgivning). Mission essential competencies: An integrative approach to job and work analysis. I M. A. Wilson, G. M. Alliger, W. Bennett, Jr., R. J. Harvey., F. P. Morgeson, K. J. Nilan & E. Salas (Eds.), *The handbook on job and work analysis: The methods, systems, applications, & science of work measurement in organizations*. Mahwah, NJ: Taylor Francis.
- Alliger, G. M., Tannenbaum, S. I., Bennett, W., Jr., Traver, H., & Shotland, A. (1997). A meta-analysis of the relations among training criteria. *Personnel Psychology*, 50, 341-358.
- Borgvall, J., & Castor, M. (2006). *Mission Essential Competencies: Kompetens - Operativa Krav*. FOI-R--2106--SE. FOI Ledningssystem, Linköping.
- Borgvall, J., & Castor, M. (2010a). *Träningsbehov JAS39C multi-role: MEC-baserad träningsbehovsanalys för JAS39C multi-role*. FOI-RH--1024--SE. FOI Informationssystem/FLSC, Stockholm.
- Borgvall, J., & Castor, M. (2010b). *Framing and Leveling Preparatory Training for Large Force Exercises*. Proceedings of 8th annual Meeting of the Society for Human Performance in Extreme Environments, HPEE2010. September 26-27, San Francisco. The Society for Human Performance in Extreme Environments.
- Borgvall, J., & Castor, M. (2011a). *Underlag till Flygvapnets slutrapport från divisionschefen stridsflygenhet FL02*.
- Borgvall, J., & Castor, M. (2011b). *MEC-baserad utvärdering FL02: P-DEEP*. FOI Memo 3738. FOI Informationssystem/FLSC, Stockholm.
- Borgvall, J., Castor, M., Lagerbäck, N., & Lavén, P. (2010). *Preparing for Large force Exercises with Distributed Simulation - A panel Presentation: Red Flag Spin-Up Experiences*. Proceedings of 2010 International simulation Multi-Conference. Juli 11-14. The Society for Modeling and Simulation International.
- Borgvall, J., Castor, M., & O'Connell, S. (2011). *Enhanced scenario visualization for simulation-based training*. Proceedings of International Symposium of Aviation Psychology 2011. Maj 3-5, Dayton. Wright State University.
- Castor, M. (2009). *The use of structural equation modeling to describe the effect of operator functional state on air-to-air engagement outcomes*. Linköping Studies in Science and Technology Dissertations 1251. Linköpings universitet, Linköping.
- Castor, M., & Borgvall, J. (2008). *Mätning av flygförarnas kunskaps- och färdighetsutveckling under Red Flag 2008 Red Flag*. Initial analys. FOI-RH--0776--SE. FOI Informationssystem/FLSC, Stockholm.
- Castor, M., & Borgvall, J. (2010). *Mätning av flygförarnas kunskaps- och färdighetsutveckling under Red Flag 08-3*. Detaljerad analys och redovisning

av data inför Red Flag 2011. FOI-RH--0983--SE. FOI Informationssystem /FLSC, Stockholm.

- Castor, M., Borgvall J., & Bennett, W. (2009). Knowledge and skill-based evaluation of simulated and live training – from evaluation framework to field application. Proceedings of International Symposium of Aviation Psychology 2009. April 27-30, Dayton. Wright State University.
- Castor, M., Borgvall, J., Lagerbäck, N., & Lavén, P. (2008). Mätning av flygförarnas kunskaps- och färdighetsutveckling under Red Flag 2008. FOI-RH--0776--SE. FOI Informationssystem/FLSC, Stockholm.
- Christensen, J., Nählinder, S., Estep, J., & Jonsson, S. (2011). Physiological Differences Associated with Task Difficulty in Flight Simulation Training. Proceedings of International Symposium of Aviation Psychology 2011. Maj 3-5, Dayton. Wright State University.
- Colegrove, C. M., & Alliger, G. M. (2003). Mission essential competencies: Defining combat readiness in a novel way. Proceedings of NATO Research and Technology Organization (RTO) System Analysis and Studies Panel's (SAS) Symposium, Air Mission Training Through Distributed Simulation (MTDS) – Achieving and Maintaining Readiness (SAS-038). NATO RTO, Belgium.
- Crane, P., Bennett, W., France, M., Smith, M. E., Anderson, R., Borgvall, J. mfl (2010). Preparing for large force exercises with distributed simulation. Proceedings of the International Simulation Multi Conference 2011. Juli 12-15, Ottawa. Simulation Interoperability Standards Organization (SISO).
- Dahlberg, A. (2009). Erfarenheter från internationella övningar inom Flygvapnets stridsflygdivisioner – hur de värderas och påverkar verksamheten – och hur stor skillnad det är på uppfattningen av relevant kunskap. SA 09/ HSU 09/11. Försvarshögskolan, Stockholm.
- Kirkpatrick, D. L. (1959a). Techniques for evaluating training programs. *Journal of ASTD*, 13, 3-9.
- Kirkpatrick, D. L. (1959b). Techniques for evaluating training programs: Part 2-Learning. *Journal of ASTD*, 13, 21-26.
- Kirkpatrick, D. L. (1960c). Techniques for evaluating training programs: Part 3-Behaviour. *Journal of ASTD*, 14, 13-18.
- Kirkpatrick, D. L. (1960d). Techniques for evaluating training programs: Part 4-Results. *Journal of ASTD*, 14, 28-32.
- Nählinder, S. (2009). Flight Simulator Training: Assessing the Potential. Linköping Studies in Science and Technology Dissertations 1250. Linköpings universitet, Linköping.
- Nählinder, S. (2009). Lägesrapport: Verksamhet inom OFSA-AAI PA. FOI Memo 2910. FOI Informationssystem, Linköping.
- Nählinder, S. (2010). Lägesrapport OFSA-AAI PA. FOI Memo 3290. FOI Informationssystem, Linköping.