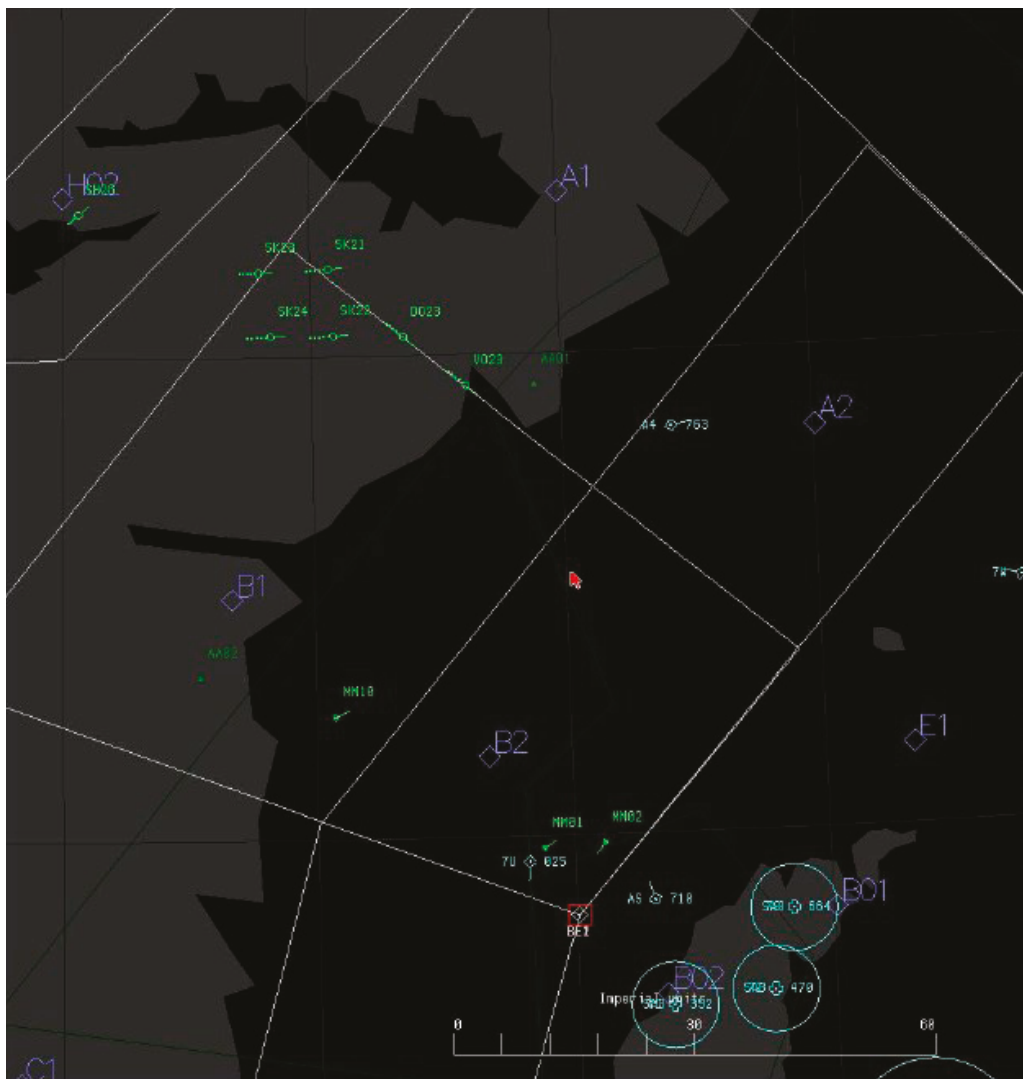


MARTIN CASTOR, JONATHAN BORGVALL



Martin Castor, Jonathan Borgvall

Att beställa en
simuleringsbaserad studie vid
FLSC

Titel	Att beställa en simuleringsbaserad studie vid FLSC
Title	Commissioning a simulation based study at the FLSC
Rapportnr/Report no	FOI-R--3866--SE
Månad/Month	Oktober
Utgivningsår/Year	2014
Antal sidor/Pages	36 p
ISSN	1650-1942
Kund/Customer	Försvarsmakten/Swedish Armed Forces
Forskningsområde	3. Flygteknik och luftstridssimulering
FoT-område	Modellering och simulering
Projektnr/Project no	E34010
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. All form av kopiering, översättning eller bearbetning utan medgivande är förbjuden.

This work is protected under the Act on Copyright in Literary and Artistic Works (SFS 1960:729). Any form of reproduction, translation or modification without permission is prohibited.

Sammanfattning

Denna rapport är avsedd som ett dialogunderlag mellan FOI/FLSC och beställare av simuleringsbaserade studier vid FLSC (Flygvapnets Luftstridsimuleringscenter). Med beställare så avses främst Försvarsmakten och Försvarets Materielverk, som är de vanligast förekommande kunderna till simuleringsbaserade studier vid FLSC. Det finns dock exempel där även industrin beställt sådana studier. Syftet med rapporten är att förmedla erfarenheter kring utformning av en simuleringsbaserad studie vid FLSC för att förhöja studiens resurseffektivitet. I rapporten ges ett antal bedömningar av tidsåtgång och rekommendationer för studier, baserade på erfarenheter från det tjugotal simuleringsbaserade studier som genomförts vid FLSC sedan starten 1998.

Nyckelord: modellering, simulering, M&S, MoS, simuleringsbaserad anskaffning, SBA, försvarsplanering, flygvapnet, studie, FLSC

Summary

This report is intended as a supporting basis for discussion between FOI/FLSC and clients of simulation-based studies at FLSC (Swedish Air Force Combat Simulation Center). The clients are primarily the Swedish Armed Forces and the Swedish Defence Materiel Administration, which are the most frequent customers of simulation-based studies at FLSC. However, there are examples where also industry has commissioned such studies at FLSC. The purpose of the report is to convey the experiences of the design of a simulation-based study at FLSC to enhance the study's resource efficiency. The report provides a number of estimated timelines as well as recommendations for simulation-based studies at FLSC, based on the experiences from twenty simulation-based studies conducted at FLSC since the start year 1998.

Keywords: modeling, simulation, M&S, simulation based acquisition, SBA, defence planning, air force, study, FLSC

Innehållsförteckning

1	Introduktion	7
2	Studier vid FLSC	9
2.1	Syften och olika typer av studier	10
3	Genomförande av en studie vid FLSC	13
3.1	Simuleringsmodeller	15
4	Tidsförhållanden rörande en studie vid FLSC	18
5	Rekommendationer	28
6	Referenser	35
7	Bilaga A. FLSC studiemall	36

1 Introduktion

Föreliggande rapport är utformad för att översiktligt beskriva studieprocessen vid FLSC. Målgruppen och tänkta läsare är främst beställare av en studie vid FLSC, typiskt från FM HKV eller FMV. Även resultatmottagare, studiedeltagare, och olika roller med intresse av resultat från FLSC-studier kan ha nytta av detta underlag för att bilda sig en förståelse kring vad en studie vid FLSC innebär. Ett viktigt syfte med rapporten är att stödja förståelsen från en beställare av vad som krävs för att kunna använda modellering och simulering (M&S) som verktyg i allmänhet, och gällande simuleringsbaserade studier vid FLSC i synnerhet. En central del i detta är en redogörelse för vilken information som FLSC behöver för att kunna planera, genomföra, och avrapportera en simulatorbaserad studie. Dokumentet är inte en grundkurs vad gäller M&S. Rekommenderad fördjupning angående definitioner av modellering, simulering, och simulatorer finns exempelvis i Holm (2007) eller i Tolk (2012).

Rätt utformat och använt är M&S ett mycket kraftfullt verktyg för träning, koncept- och förmågeutveckling samt systemutveckling. Det kompetenscentrum och simulatoranläggning som FLSC (Flygvapnets Luftstridsimuleringscenter) utgör är ett tydligt exempel på hur modellering och simulering kan användas för att stödja Försvarmaktens utveckling.

FLSC har tagit fram en detaljerad mall för studieplanering (Waldemark & Andersson, 2014) som i detalj beskriver vägval och beslut som måste tas inför en studie vid FLSC. Denna planeringsmall är dock alltför omfattande att beskriva till fullo här. En grafisk representation som övergripligt sammanfattar innehållet i FLSC studiemall återfinns i bilaga A.

Processen kring en studie vid FLSC överensstämmer i mycket hög utsträckning med den av Försvarmakten föreskrivna CD&E-metoden (Concept Development & Experimentation) (Norlander & Ekenstierna, 2012; NORDEFECO, 2012). CD&E metodens syfte är att stödja militär utveckling genom att tillhandahålla ett gemensamt ramverk, beslutstöd samt praktiska riktlinjer för utveckling och kvalitetskontroll av utvecklade produkter. CD&E handboken innehåller ett urval av metodkomponenter som ett utvecklingsprojekt kan tillämpa under utvecklingen av nya militära förmågor. CD&E är avsett att vara en brygga mellan forskningens systematiska studie av trovärdighet och pålitlighet hos nya teorier eller koncept och de operativa behoven. I CD&E handboken utvecklas vidare beskrivningen av olika typer av koncept. Att utvärdera ett koncept, relaterat till ett nytt tekniskt system eller en taktisk idé, genom en studie i FLSC innebär att följa CD&E metoden i mycket hög utsträckning. Orsakssamband kan utforskas och effekter kan beskrivas. Svagheter kan analyseras och varningssignaler kan upptäckas. Underlag för kravgenerering på ett skarpt system eller taktiskt koncept kan således skapas vid FLSC på ett mycket kostnadseffektivt sätt.

På den mest grundläggande nivån kan informationsbehovet inför en studie vid FLSC beskrivas med sex centrala och generella frågor: vad, varför, hur, vem, när, och var¹? Syftet med detta dokument är att utveckla och komplettera dessa frågor för en situation där målsättningen är att skapa beslutsunderlag i en studie som använder sig av FLSC simulatormiljö. Ledtider i studieprocessen beskrivs samt framgångsfaktorer och fallgropar från tidigare studier belyses.

¹ Frågan ”vart?” är relevant ur flera hänseenden, bland annat eftersom distribuerade simuleringar med FLSC som en deltagande nod går att genomföra samt avseende var i den geografiska omvärlden som studiens taktiska scenario utspelar sig.

2 Studier vid FLSC

FLSC har sedan starten 1998 genomfört en lång rad studier av teknik och koncept, utöver den träning som stridsflygdivisionernas piloter och annan personal i Försvarsmakten regelmässigt genomför vid FLSC. Då en studie ska genomföras, exvis. inom materiel- eller taktikutveckling, kan den med fördel helt eller till del genomföras simuleringsbaserat vid FLSC, särskilt om frågorna rör stridstekniska och/eller taktiska aspekter av luftstridskrafternas utformning och utnyttjande.

Fram till 2013 har ett tjugotal formella och mer omfattande studier genomförts med stöd av FLSC tekniska simulatormiljö och det kompetenscentrum som möjliggör verksamheten. Inriktning och omfattningen på dessa studier har naturligtvis varierat. De flesta studierna vid FLSC har inneburit utveckling eller integration av ny funktionalitet och/eller modeller. Alla studier kräver dock inte nyutveckling, exempelvis taktikutvecklingsstudier baserat på system som finns tillgängliga i FLSC simuleringsförmåga. Graden av nyutvecklingsbehov styrs givetvis av studiens inriktning.

De studier som genomförts vid FLSC har haft olika syften, men genomgående karakteriserats av omfattande användning av modellering och simulering samt en tydlig medverkan från slutanvändare. Ett antal generella styrkor och möjligheter med att genomföra simuleringsbaserade studier vid FLSC har identifierats:

- En studie vid FLSC ger en oberoende och vetenskaplig prövning av studiefrågeställningen.
- En studie vid FLSC kan utformas för att besvara en konkret studiefråga, exempelvis ”Vilken taktisk effekt ger förbättrad radarprestanda?” inklusive delfrågeställningar som exempelvis ”Vilken av delegenskaperna räckvidd, följeförmåga, eller utvridningsvinkel hos radarn är det som ger störst taktisk effekt?”
- En studie vid FLSC bidrar till att bygga kunskap om relevanta frågeställningar eftersom FLSC kan användas som ”think-tank” i simulatorkörningar av mer utforskande karaktär.
- En studie vid FLSC ger vanligtvis ett tidigt engagemang hos relevant operativ personal, och således möjlighet till tidig avstämning med slutanvändare. Simuleringar stimulerar alla deltagares tankeprocesser och blir därigenom ett konkret fokusobjekt och underlag för kreativ diskussion.
- En studie vid FLSC kan förkorta utvecklingstider för ett skarpt system eftersom prestandakrav och avdömningar angående utvecklingslinjer och alternativ kan fastställas tidigt.

- En studie vid FLSC bidrar med riskreduktion och stöd avseende beslut kring nya koncept, exempelvis test av organisatoriska kravställningsdokument² för nya expeditionära koncept.
- En studie vid FLSC kan utformas för att stödja taktikutvecklingen, som exempelvis utformningen av dagens rb99 användning som först studerades vid FLSC.
- En studie vid FLSC kan utformas så att den utgör en viktig del och underlag i förbandsvalidering mot KFS (Krigsförbandspecifikation), träningsmålsättningarna i Flygvapnets så kallade målkatalog och NATO OCC-evalueringar. OCC E&F (*Operational Concept Capability Evaluation & Feedback*) är NATOs värderingsmetod för att "NATO-certifiera" ett förband.

2.1 Syften och olika typer av studier

Följande tre huvudtyper av simulatorkörningar vid FLSC kan identifieras och det är viktigt att personer som planerar en simulatorkörning i FLSC har inriktning och ambition klar när den inleds. FLSC har genomfört simulatorkörningar av alla dessa tre typer, med en klar övervikt av hypotesprövande experiment:

- **Utforskande experiment:** simulatorkörningar används för att utforska ett nytt koncept eller tekniskt system. Frågeställningen är oftast relativt vag och mer av karaktären att bygga upp kunskap eller identifiera viktiga frågor kring t.ex. gällande ett expeditionärt koncept.
- **Hypotesprövande experiment:** simulatorkörningar används för att med vetenskaplig stringens studera en tydligt uppställd hypotes och förändring av en eller flera oberoende variabler. Detta kan t.ex. vara att studera den taktiska effekten av en ny radar med olika egenskaper.
- **Demonstrationer:** simulatorkörningar används för att demonstrera effekten av någon ny förmåga eller möjlighet, t.ex. hur man kan använda distribuerad simulering för träning och övning med en internationell partner.

Ett stort antal olika typer av simuleringsbaserade studier har genomförts vid FLSC. I punktlistan nedan beskrivs kortfattat vilka frågor studierna har berört:

² Tidigare har studier vid FLSC använts för att validera TOEM som stod för Taktisk, organisatorisk, och ekonomisk målsättning. TOEM var en tidigare version av kravställningsdokument för Försvarsmaktens förband som nu ersatts av KFS, Krigsförbandsspecifikation.

- Ett delsystems påverkan på taktiskt utfall, t.ex. egenskaper hos sensorer, motor, vapen, radarmålyta har förändrats och effekten på taktiskt utfall studerats. Det största antalet studier har varit av denna typ.
- En helt flygplanssystem påverkan på taktiskt utfall, t.ex. ett nytt flygplanssystem/edition/konfiguration där många egenskaper och delsystem förändrats och uppgraderats.
- Gränssnitt, t.ex. innovativa hotpresentationskoncept eller displayutformning.
- Organisation, t.ex. test av organisatoriska kravställningsdokument.
- Taktikutveckling, t.ex. utveckling av BVR (Beyond Visual Range) taktik.
- Försvarsplanering, t.ex. påverkan av logistiska val och baseringsalternativ. Detta har endast genomförts i mycket begränsad omfattning, med några få studieveckor, men är fullt genomförbart för att stödja försvarsplanering genom att studera basering, taktiska och strategiska omfall, och logistiska konsekvenser.
- Demonstrationer av ny funktionalitet, t.ex. ny förmåga/utformning med avseende på taktiska datalänkar

Utöver ovan nämnda studier används FLSC i mycket hög, och i nuläget primär, utsträckning för träning- och övningsveckor för svenska och utländska stridspiloter samt annan personal som ex. FAC (*forward air controllers*) och FSL (flygstridsledare). FLSC har också vid flera tillfällen använts som simuleringsplattform vid förövningar inför större övningar som exempelvis Red Flag, Red Flag Alaska och Nordic Air Meet (s.k. *exercise rehearsal/deployment rehearsal*).

Den mest påtagliga delen av en studie är de bemannade simulatorkörningarna. Processen före och efter dessa hektiska veckor när många piloter är samlade och flyger intensivt är dock central för att studiens syfte, dvs. att besvara någon frågeställning eller skapa beslutsunderlag, skall uppfyllas. Antalet veckor med bemannade simuleringar i anläggningen har varierat från en till nio veckor under de studier som genomförts. Studien av AESA radarn är den hittills mest omfattande studien där nio veckor med deltagande piloter i simulatorn genomfördes. Eftersom studiens fokus var att undersöka nya möjligheter till följd av den nya funktionalitet som en AESA-radar tillför, så genomfördes först tre veckor av taktikutveckling eftersom de taktiska förutsättningarna förändrats pga. AESA-radarns funktionalitet. Därefter sex veckor där olika parametrars påverkan på det taktiska utfallet studerades. Under en period av tre år flögs 308 pass med åtta piloter per pass och en omfattande datainsamling och analys genomfördes.

Under en vecka i FLSC kan normalt cirka 30 simulatorpass genomföras. Om fokus ligger på att intensivt studera själva stridstekniska fasen av ett uppdrag kan

detta öka ytterligare, upp till ca 40 simulatorpass per vecka. Om planeringsrelaterade frågeställningar eller mer omfattande ”think-tank” upplägg inkluderas är antalet pass avsevärt lägre. Under de studier som genomförts tidigare har oftast två eller tre studiealternativ jämförts per vecka, exempelvis jämförelse mellan två olika BVR (*Beyond Visual Range*) robotar eller tre olika radaregenskaper. Dessa studiealternativ är således den så kallade oberoende variabeln som ändras för att studera utfallet i de beroende variablerna. Beroende variabler kan vara prestations- och utfallsmått som exempelvis antal nedskjutningar, skjutavstånd, taktisk måluppfyllnad eller upplevd mental belastning.

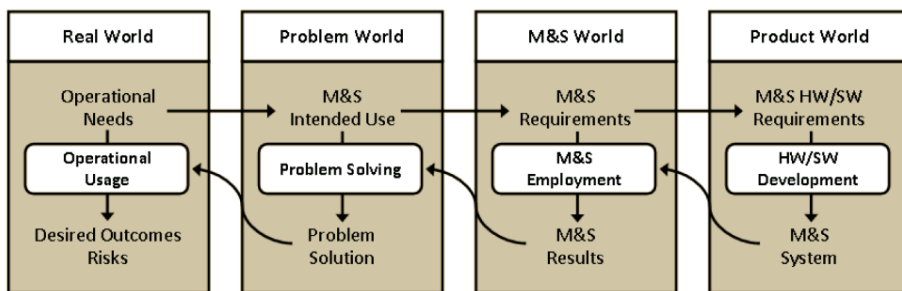
För att statistiskt få konfidens eller tillförlitlighet i resultaten behövs mer än enstaka körningar med respektive studiealternativ. För att kunna uttala sig om effekter bör mer än tio körningar med respektive alternativ ses som ett minimum för att få tillräcklig konfidens, även om en strikt statistiker alltid vill ha ett högre antal körningar. Antalet faktorer som påverkar utfallen i luftstrid i ”många mot många”-scenarier är stort. Många av dem kan inte fullt ut kontrolleras utan att göra avkall på piloternas naturliga beteende. I möjligaste mån utformar analysgruppen vid FLSC simulatorkörningarna för att minimera de eventuellt snedvridande effekterna av dessa okontrollerbara variabler. Exempelvis flyger piloter med de olika studiealternativen i en balanserad ordning för att minimera inlärningseffekter. Piloterna ombeds också att inte använda helt olika taktiska upplägg i de sekvenser av dubletter eller tripletter de flyger under vilken den oberoende variabeln varieras. Detta genomförs enligt god experimentell praxis men måste anpassas till praktiska begränsningar som exempelvis när en pilot byts ut under en studievecka på grund av andra åtaganden.

En typisk studievecka inleds med en introduktion till studiens syfte, styrning vad gäller beteende, exempelvis genom SOP (*Standard Operating Procedures*) och ROE (*Rules of Engagement*), inflygning och test av ny funktionalitet/system. Piloterna lägger upp en övergripande taktik och därefter påbörjas simulatorkörningar med datainsamling, varvat med kortare återuppspelningar och genomgångar av flygna pass. Datainsamling sker under tiden genom loggning av parametrar från simulatormiljön under flygning och relativt ofta genom insamling av piloternas subjektiva bedömningar av olika faktorer efter passen. Sammanfattande gruppdiskussioner genomförs ibland varje dag, men alltid som avslutning av veckan där piloterna också i fritext får skriva av sig åsikter, reflektioner, och rekommendationer. För att körningarna skall ge mesta möjliga mängd information är det viktigt att datainsamlingen är genomtänkt och anpassad till studiens frågeställningar. Det är naturligtvis centralt att piloterna får en ordentlig introduktion till studiefrågan och tid att reflektera och genom gruppdiskussioner bidra till kunskapsuppbyggnaden i studien. Tiden för reflektion måste sättas i relation till att maximera antalet simulatorkörningar. Dessutom ska man under planeringen komma ihåg att det är relativt mentalt ansträngande att flyga 30-40 upprepade, snarlika pass under en vecka. Utmattning kan definitivt börja påverka de statistiska resultaten.

3 Genomförande av en studie vid FLSC

I GM-VV standarden, *General Model for Verification and Validation* (SISO, 2013) beskrivs den resa man konceptuellt måste göra när man genomför en studie där modellering och simulering används som verktyg. I den så kallade ”fyra världar modellen” som visas i Figur 1 används fyra vyer, kallade världar, som alla bör beaktas för att genomföra en korrekt och nödvändig behovsanalys inför användning av M&S.

Övergripande så kan man inför en studie säga att beslutsfattare och beställares frågeställningar vid Forsvarsmakten fokuserar på ”*Real world*”, FLSC analytiker på ”*Problem World*”, FLSC operativa grupp på ”*M&S world*”, och FLSC ingenjörer på ”*Product World*”.



Figur 1. Fyra världar modellen från GM-VV.

I ”*Real world*”-vyn (RW) beskrivs de operativa förutsättningar som gett upphov till M&S behovet, och där identifierade lösningar i slutänden kan komma att tillämpas. Det är också här de operativa och/eller affärsmässiga riskerna finns i det fall de M&S-baserade slutsatserna inte lever upp till förväntningarna under operativ/kommersiell användning.

Exempel på hur RW skulle kunna ses i samband med studie vid FLSC:

- Anskaffningsrelaterat exempel på operativt behov: Flygvapnet vill välja det mest ändamålsenliga utvecklingsalternativet för framtida JAS39 Gripen utveckling.
- Träningsrelaterat exempel på operativt behov: Flygvapnet vill ha piloter som är ”*mission-ready*” inom de uppdragsprofiler som är relevanta med så effektiv träning som möjligt.

I ”*Problem world*”-vyn (PW) bryts de operativa behoven ner i detalj, och lösningsförslag samt hypoteser kring dessa identifieras. Hela lösningsförslag beskrivs här, men förslagen till problemets/behovets lösning kan bestå av flera

delar. Det M&S-baserade innehållet är eventuellt alltså bara en delmängd av lösningen.

Exempel på hur PW skulle kunna ses i samband med studie vid FLSC:

- Anskaffningsrelaterat exempel på M&S användning: Studien vill använda simulering för att studera egenskaper hos nytt radarsystem. Studieansvariga tror att det taktiska utfallet kan förbättras genom användning av ett modernare system med tre viktiga delegenskaper som kan varieras.
- Träningsrelaterat exempel på M&S användning: Flygvapnets insatsdivisioner behöver kunna träna *Large Force Employment* (LFE) och *Forward Air Controllers* (FAC) måste träna luftrumsamordning med många flygplan för att kunna klassas som ”mission ready”. Studieansvariga tror att den miljö som finns i FLSC är ändamålsenlig.

I ”M&S world”-vyn (M&SW) ligger fokus på de modellerings- och simuleringsbaserade delarna av problemets/behovets lösning.

Exempel på hur M&SW skulle kunna ses i samband med studie vid FLSC:

- Anskaffningsrelaterat exempel på M&S relaterat behov: Robotmodell X innehåller inte modellering av robotens slutfasstyrning, alternativ är en öppen modell med generiska parametrar. Har detta någon betydelse för den föreliggande studiens frågeställning?
- Träningsrelaterat exempel på M&S relaterat behov: Robotmodell X innehåller inte modellering av robotens slutfasstyrning, alternativ är en öppen modell med generiska parametrar, påverkar detta vad piloten kan lära sig av att flyga i simuleringar där denna modell används?

I ”Product world”-vyn (PrW) används kraven från ”M&S world”-vyn för att identifiera kraven på mjukvara och hårdvara som skall användas.

Exempel på hur PrW skulle kunna ses i samband med studie vid FLSC:

- Anskaffningsrelaterat exempel på M&S hård- och mjukvara krav: Modellerna för vapen, sensorer och plattformar måste uppdateras med minst Y Hz för att inte piloterna skall uppleva att simuleringen ”hackar”.
- Träningsrelaterat exempel på M&S hård- och mjukvara krav: Modellerna för vapen, sensorer och plattformar måste vara typiska till nivå X för att kunna användas under träning och inte leda till felaktig inläring och systemförståelse.

3.1 Simuleringsmodeller

En återkommande central och ofta på gränsen till filosofisk fråga är vad en modell är för något. En modell är i detta sammanhang en förenkling av verkligheten och dess komplexitet. En modell kan beskrivas på olika abstraktionsnivåer eller nivåer av verklighetstrogenhet (på engelska kallat *fidelity*). Konceptuellt kan Figur 2 användas som ett exempel. All tre delfigurer är modeller av en riktig snöflinga, men uttryckta på olika abstraktionsnivå.



Figur 2. Konceptuell bild om modellabstraktion (ur Castor, 2009).

En ändamålsenlig modell fångar och ger insikt i de väsentliga egenskaperna hos ett system eller en process. Genom att använda dem som verktyg för prediktion kan beslutsunderlag skapas. Oavsett modellens abstraktionsnivå kan de kritiseras, antingen för att den inte beskriver systemet tillräckligt väl eller för att den döljer viktiga egenskaper och insikter bakom en mängd irrelevanta detaljer.

För att en simulering i FLSC ska bli verklighet behövs det exekverbara simuleringsmodeller. Trots att de kan vara på olika abstraktionsnivåer måste de vara mycket explicit uttryckta och implementerade i något programmeringsspråk som är kompatibelt med simuleringsmiljön.

Tid och kostnad samt underlagsbehov för att kunna utveckla exekverbara simuleringsmodeller skiljer beroende på detaljeringsgrad, hur stor del av envelope³ som skall täckas och nödvändig mängd VV&A-arbete (Verifiering, Validering och Ackreditering/Acceptans). Högsta möjliga ”*fidelity*” är inte nödvändigtvis det optimala, men det är viktigt att ingående modeller har genomgått VV&A processen (t.ex. genom GM-VV processen).

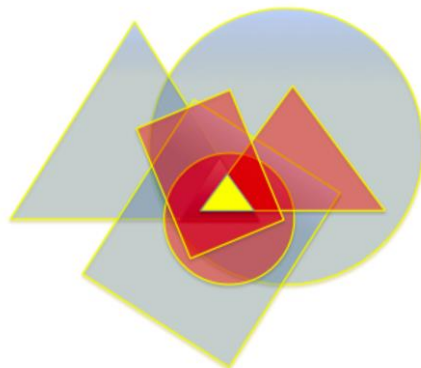
För de flesta av de system (vapen, sensorer, motverkanssystem, plattformar, omvärld) som är relevanta för FLSC finns ett antal olika redan utvecklade modeller att tillgå. Dessa har olika egenskaper, exempelvis med avseende på

³ ”Envelope” används här som begrepp för hur modeller har ett visst definierat giltighetsområde, ex. att en modell endast är tillförlitlig inom ett visst intervall av aspekter som t.ex. höjd eller hastighet.

sekretess, mognad/integration, begränsningar och grad av genomfört VV&A arbete. Att vara medveten om ingående modellers egenskaper och begränsningar är helt centralt för att inte bli vilseledd av en genomförd simulering och dess resultat.

Några centrala, generella punkter rörande modeller att komma ihåg som beställare av en studie är:

- **Ändamålsenlighet (*fit for purpose*):** det viktigaste kravet på en modell. Vad som är ändamålsenligt kan egentligen bara studiens ansvariga tillsammans med modellutvecklaren avgöra, baserat på tidigare erfarenheter, gott omdöme, och god förståelse av studiens syfte.
- **Den digitala avgrunden:** en simuleringsmodell slutar antingen fungera eller att producera giltiga resultat när man passerar gränsen för vad den är utvecklad för. Om exempelvis en flygmodell inte är utvecklad för att simulera flygning på lägre höjd än femhundra meter så gör den heller inte det, åtminstone inte korrekt. Det är ofta svårt att veta var modellbegränsningarna finns, särskilt inte om man inte arbetat med M&S tidigare och/eller när modellen är nyutvecklad. I rapporten kring modellförsörjning av Caap & Randahl (2012) beskrivs hur simuleringsmodeller avser att avbilda verkligheten i olika avseenden. Modellerna har därför ett visst begränsat giltighetsområde eller s.k. envelope, vilket visualiseras i Figur 3. Kombinerar man det giltighetsområde som de olika systemen på egen (blå) sida har, inser man lätt att det endast är i det gemensamma området som modellerna och därmed simuleringen med modellerna blir giltig. Överallt utanför detta område är simuleringen inte giltig. Detsamma gäller för modellerna på fiendesidan (röda). Vid en simulering gäller att endast det område som alla ingående modeller täcker kan simuleras med reliabla resultat och slutsatser. Utanför detta område ger simuleringen felaktiga resultat.



Figur 3. Konceptuell bild om modellvaliditet (ur Caap & Randahl, 2012).

- **Modellförsörjning:** det finns ett antal utmaningar rörande modellförsörjning på nationell nivå vilka beskrivs detaljerat i Caap och Randahl (2012). Det är en stor skillnad mellan att genomföra en studie om alla nödvändiga modeller redan finns utvecklade jämfört med om de inte finns utvecklade och integrerade. Bara för att en modell använts tidigare är det dock inte självklart att den är användbar i den aktuella studien, exempelvis med hänvisning till föregående punkt avseende ändamålsenlighet.

4 Tidsförhållanden rörande en studie vid FLSC

En lång kedja av beroenden mellan beslut och arbetsinsatser av olika typer kan identifieras under en studies gång. För att studien skall kunna leverera de eftersökta svaren och effekterna måste den ändamålsenligt röra sig i sina organisatoriska och ekonomiska sammanhang och tidsramar. Organisatoriska förutsättningar på flera nivåer inom Försvarmakten (FM), Försvarets Materielverk (FMV), Totalförsvarets Forskningsinstitut (FOI) och olika typer av leverantörer från industrin påverkar tidsåtgången för en studie. För att stödja en dialog kring detta ges i detta stycke riktlinjer för de tids- och resursförhållanden som generellt förelegat vid tidigare FLSC studier.

Simulation Interoperability Standards Organization (SISO) och standardorganisationen IEEE föreskriver en standard för utvecklingsprocessen av simulatorrelaterade tillämpningar, DSEEP⁴ (IEEE, 2011). Denna standard är för föreliggande rapports syfte användbar för att förtydliga informationsbehov och tidsförhållanden som är viktiga för att kunna beställa och genomföra en studie vid en M&S anläggning som FLSC. DSEEP standardens delmoment beskrivs på rubriknivå i Tabell 1. Den innehåller sju huvudsteg (*STEPS*) i vilka ett antal delaktiviteter ingår (*ACTIVITIES*).

Tabell 1. DSEEP standardens innehåll.

STEPS	(1) Define Simulation Environment Objectives	(2) Perform Conceptual Analysis	(3) Design Simulation Environment	(4) Develop Simulation Environment	(5) Integrate and Test Simulation Environment	(6) Execute Simulation	(7) Analyze Data and Evaluate Results
ACTIVITIES	Identify User/Sponsor Needs Develop Objectives Conduct Initial Planning	Develop Scenario Develop Conceptual Model Develop Simulation Environment Requirements	Select Member Applications Design Simulation Environment Prepare Detailed Plan	Develop Simulation Data Exchange Model Establish Simulation Environment Agreements Implement Member Application Designs Implement Simulation Environment Infrastructure	Plan Execution Integrate Simulation Environment Test Simulation Environment	Execute Simulation Environment Prepare Simulation Environment Outputs	Analyze Data Evaluate and Feedback Results

⁴ DSEEP (Distributed Simulation Engineering and Execution Process) har sedan 2011 ersatt den tidigare FEDEP. Med distribuerad simulering avses i standarden inte nödvändigtvis att simulatorerna står fysiskt långt ifrån varandra, utan bara att det är mer än en simulator.

Nedan, i tabell 2-4 är de övergripande sju huvudstegen tidsatta, baserat på kvalificerade bedömningar från FLSC personal som varit inblandade i huvuddelen av de studier som genomförts vid FLSC. Där anges också graden av direkt medverkan som behövs från kunden för respektive steg.

Bedömningar för tre huvudtyper av utvecklingsscenarier presenteras:

A) Ingen nytutveckling behövs (se Tabell 2 och Figur 4)

B) Modifikationer behövs (se Tabell 3 och Figur 5)

C) Nytutveckling behövs (se Tabell 4 och Figur 6)

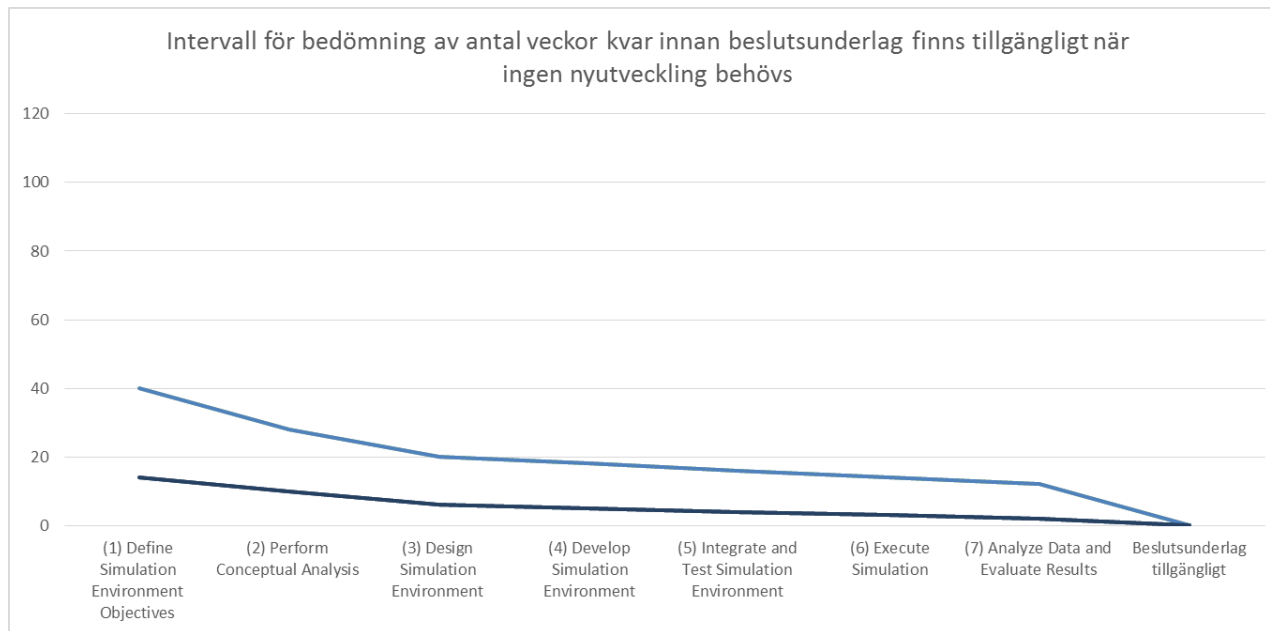
För läsaren är det mycket viktigt att förstå att detta är generella bedömningar, gjorda utifrån erfarenheterna från tidigare studier vid FLSC. Beroende på studiens inriktning och omfattning kan dessa tidsbedömningar påverkas i relativt stor omfattning, vilket reflekteras av de intervall som anges för de olika stegen. Det är FOI:s ledtider som återspeglas i Tabell 2-4. Framför allt i de fall där omfattande nytutveckling krävs och om FOI extern leverantör krävs så kan ledtiderna öka. Mellan DSEEP stegen 3 och 4 kan det således uppstå avsevärda fördröjningar. Omfattningen på steg 6 kan också öka om studiens beställare önskar mer data och/eller studera fler olika studiealternativ. Historiskt har dock ingen studie inrymt mer än fyra simuleringsveckor i en och samma beställning. Följdbeställningar har dock resulterat i att exempelvis AESA studien som genomfördes år 2005-2008 totalt bestod av totalt nio simuleringsveckor.

Först när en konkret studiefråga och specifika modellbehov identifierats, tillsammans med studiens beställare, så kan FLSC korrekt besvara frågor om mer exakta resurs- och tidsbehov. För FOI/FLSC behövs tid för studieplanering, beställningar (både till FOI och för eventuellt användande av underleverantörer), modellutvecklingstid för modelleverantör (intern/extern), integrationstid vid FLSC, detaljerad scenariodefinition, systemkonfigurationsval, beskrivning av prestationskriterier/mått med hög detaljrikedom samt testkörningstid. Ledtiderna mellan dessa delaktiviteter kan ibland bli längre än förväntat på grund av förseningar i administrativa och ekonomiska processer som till exempel beställningar till underleverantörer. Ofta behövs också tid för taktikutveckling om studien tittar på ny förmåga/system där slutsatserna blir felaktiga om gammal taktik används. Dessa tider måste klargöras både internt och externt för att säkerställa personaltillgång för t.ex. modellutvecklare, integrationspersonal, piloter, och analytiker. Den bedömning av kundinvolvering som anges nedan refererar inte nödvändigtvis till den direkta beställaren vid FM HKV eller FMV, utan kan vara en grupp av personer med nödvändig taktisk och teknisk kompetens och insikt i orsaken till studien. Om beställaren sitter organisatoriskt långt från där resultaten ska användas kan oklarheter och missförstånd ytterligare öka ledtiderna.

De tidsbedömningar som presenteras i tabell 2 till tabell 4 ska betraktas som generella uppskattningar med relativt stora osäkerheter i sig, men de är gjorda av personer som deltagit i de flesta av FLSCs genomförda studier. För att komplettera dessa generella bedömningar behövs också en diskussion rörande olika nivåer av svars kvalitet och olika typer av beslutsunderlag och hur det påverkar varje specifik studies upplägg och omfattning. För varje given FLSC studie kan ett antal olika vägval göras och skillnaderna för FLSCs del kan vara stora beroende på om de räcker med de modeller som redan finns eller om studien kräver utveckling av många eller mycket detaljerade simuleringsmodeller.

Tabell 2. Ingen nytutveckling behövs.

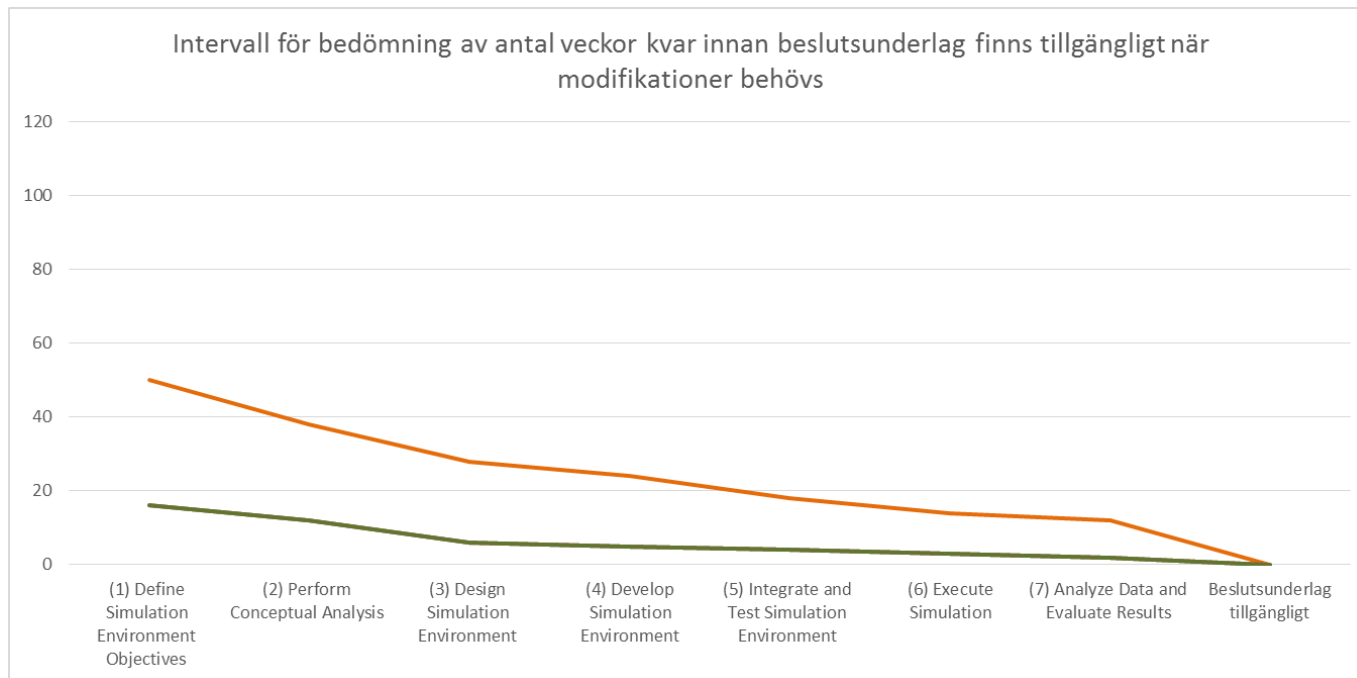
STEPS	(1) Define Simulation Environment Objectives	(2) Perform Conceptual Analysis	(3) Design Simulation Environment	(4) Develop Simulation Environment	(5) Integrate and Test Simulation Environment	(6) Execute Simulation	(7) Analyze Data and Evaluate Results
ACTIVITIES	Identify User/Sponsor Needs	Develop Scenario	Select Member Applications	Develop Simulation Data Exchange Model	Plan Execution	Execute Simulation Environment	Analyze Data
	Develop Objectives	Develop Conceptual Model	Design Simulation Environment	Establish Simulation Environment Agreements	Integrate Simulation Environment	Prepare Simulation Environment Outputs	Evaluate and Feedback Results
	Conduct Initial Planning	Develop Simulation Environment Requirements	Prepare Detailed Plan	Implement Member Application Designs	Test Simulation Environment		
Omfattning (x-y veckor)	4-12	4-8	1-2	1-2	1-2	1-2	2-12
Tid innan beslutsunderlag tillgängligt (x veckor)	14-40	10-28	6-20	5-18	4-16	3-14	2-12
Behov kundinvolvering (lågt-högt, 1-3)	3	3	2	1	1	2	1



Figur 4. Grafisk representation av de numeriska intervall som återfinns i tabell 2. Tiden från det att studien inleds i steg 1 Define Simulation Environment Objectives till att beslutsunderlag från studien finns tillgängligt är alltså bedömd att ligga inom intervallet 14-40 veckor.

Tabell 3. Modifikationer behövs. Modifikationer kan röra både simuleringsmodeller, analytiska verktyg, människa maskin gränssnitt och teknisk infrastruktur i FLSC.

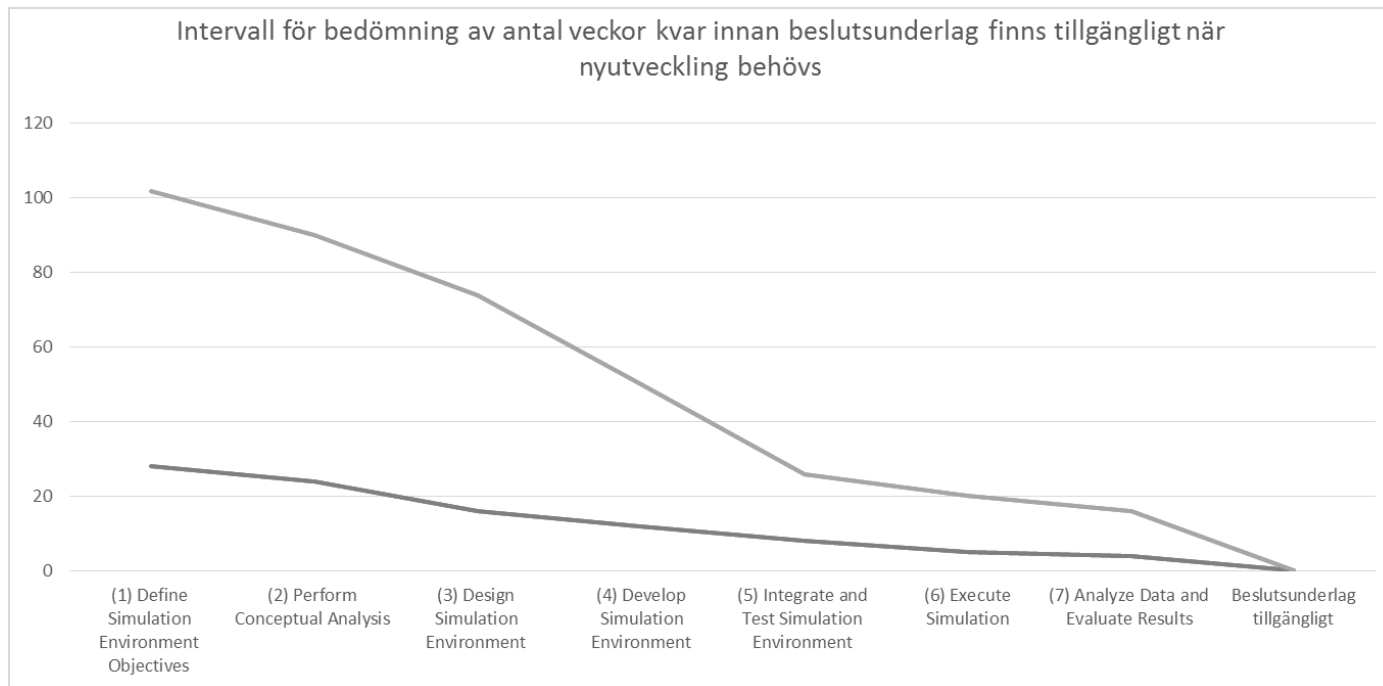
STEPS	(1) Define Simulation Environment Objectives	(2) Perform Conceptual Analysis	(3) Design Simulation Environment	(4) Develop Simulation Environment	(5) Integrate and Test Simulation Environment	(6) Execute Simulation	(7) Analyze Data and Evaluate Results
ACTIVITIES	Identify User/Sponsor Needs	Develop Scenario	Select Member Applications	Develop Simulation Data Exchange Model	Plan Execution	Execute Simulation Environment	Analyze Data
	Develop Objectives	Develop Conceptual Model	Design Simulation Environment	Establish Simulation Environment Agreements	Integrate Simulation Environment	Prepare Simulation Environment Outputs	Evaluate and Feedback Results
	Conduct Initial Planning	Develop Simulation Environment Requirements	Prepare Detailed Plan	Implement Member Application Designs	Test Simulation Environment		
Omfattning (x-y veckor)	4-12	6-10	1-4	1-6	1-4	1-2	2-12
Tid innan beslutsunderlag tillgängligt (x veckor)	16-50	12-38	6-28	5-24	4-18	3-14	2-12
Behov kundinvolvering (lågt-högt, 1-3)	3	3	2	1	1	2	1



Figur 5. Grafisk representation av de numeriska intervall som återfinns i tabell 3. Tiden från det att studien inleds i steg 1 Define Simulation Environment Objectives till att beslutsunderlag från studien finns tillgängligt är alltså bedömd att ligga inom intervallet 16-50 veckor.

Tabell 4. Nyutveckling behövs. Nyutveckling kan röra både simuleringsmodeller, analytiska verktyg, människa maskin gränssnitt och teknisk infrastruktur i FLSC.

STEPS	(1) Define Simulation Environment Objectives	(2) Perform Conceptual Analysis	(3) Design Simulation Environment	(4) Develop Simulation Environment	(5) Integrate and Test Simulation Environment	(6) Execute Simulation	(7) Analyze Data and Evaluate Results
ACTIVITIES	Identify User/Sponsor Needs	Develop Scenario	Select Member Applications	Develop Simulation Data Exchange Model	Plan Execution	Execute Simulation Environment	Analyze Data
	Develop Objectives	Develop Conceptual Model	Design Simulation Environment	Establish Simulation Environment Agreements	Integrate Simulation Environment	Prepare Simulation Environment Outputs	Evaluate and Feedback Results
	Conduct Initial Planning	Develop Simulation Environment Requirements	Prepare Detailed Plan	Implement Member Application Designs	Test Simulation Environment		
Omfattning (x-y veckor)	4-12	8-16	4-24	4-24	3-6	1-4	4-16
Tid innan beslutsunderlag tillgängligt (x veckor)	28-102	24-90	16-74	12-50	8-26	5-20	4-16
Behov kundinvolvering (långt-högt, 1-3)	3	3	2	1	1	2	1



Figur 6. Grafisk representation av de numeriska intervall som återfinns i tabell 4. Tiden från det att studien inleds i steg 1 Define Simulation Environment Objectives till att beslutsunderlag från studien finns tillgängligt är alltså bedömd att ligga inom intervallet 28-102 veckor.

Om man exemplifierar vad som skulle kunna rymmas i de tre utvecklingsscenarierna som presenteras ovan skulle en studie ur kategorin ”Ingen nyutveckling behövs” kunna vara en studie av dagens dimensionerade hotbildsscenarier och hur väl dagens förmåga räcker för att hantera dem. Avdömningsunderlag för studier på andra aggregationsnivåer, ex. taktikutveckling för att möta dagens hot eller försvarsplaneringsfrågor, skulle relativt snabbt (bedömt inom fjorton veckor) kunna besvaras eller kvalitetssäkras genom studier i FLSC.

I utvecklingsscenariot ”Modifikationer behövs” skulle ett exempel kunna vara en studie där modeller som använts i tidigare framtidsstudier rörande Gripenutvecklingen⁵ anpassas/uppdateras och sedan används för att studera frågor som är viktiga för inriktningsbeslut i Gripen E utvecklingen. Vissa av dessa modeller är att betrakta som effektmodeller med avseende på framtida prestanda, dvs. inte modeller av hur systemet faktiskt specificerats/kommer att fungera för Gripen E. Viktiga avdömningar och jämförelser kan dock göras baserat på simuleringar där dessa modeller används, om modellbegränsningarna hanteras. Centrala parametrar i modellerna kan relativt snabbt förändras för att ge svar på hur viktiga dessa parametrar är för det taktiska utfallet, vad händer till exempel om radarräckvidd ökar med en viss omfattning om man inte har ett vapen som når lika långt. Studier i detta utvecklingsscenario kan också användas som förstudier för avdömning och inriktning av mer omfattande studier för vilka modellutveckling krävs.

Utvecklingsscenariot ”Nyutveckling behövs” skulle kunna exemplifieras av en studie där mer systemlika modeller av Gripen E och dess delsystem utvecklas och integreras i FLSC. Genomförbarheten i detta ökar allteftersom kunskapen om systemens faktiska prestanda börjar klarna. Prestanda och förmåga i framtida normerade hotbildsscenarier kan därigenom börja studeras, vilket dock kräver fortsatt utveckling av modeller även för hotsystemen.

Vilket framgår av en analys av tabellerna och figurerna ovan så är FLSC användbart som studieplattform i ett flertal olika typer av studier. De är alla är användbara och mycket kostnadseffektiva i olika faser och typer av framåtriktad verksamhet. Historiskt har antalet studier i scenarierna ”Modifikationer behövs” eller ”Nyutveckling behövs” varit de klart mest förekommande. Studier med befintliga modeller bör dock inte glömmas bort som alternativ.

⁵ Exempelvis de modeller av plattformar, vapen och sensorer som användes under dåvarande Gripen NG studier 2009-2010. Flera utvecklingsalternativ jämfördes i dessa studier, utifrån de antaganden rörande prestanda som gjordes inför studierna.

5 Rekommendationer

I detta stycke presenteras ett antal rekommendationer som är värda att beakta inför en studie vid FLSC. De är uttryckta som generella rekommendationer och bör inför varje specifik studie omsättas till de aktuella studieförutsättningarna. Dessa rekommendationer är kortfattat beskrivna, men var och en av dem kan vara nyckeln till en framgångsrik studie. Inför planeringen av en studie bör de därför alla noggrant gås igenom av studiens beställare, tillsammans med FLSC, eftersom de påverkar viktiga vägval.

- En viktig poäng att komma ihåg är att simuleringsbaserade studier inte är en ansats som leder till att simuleringen står för besluten. Simuleringen är enbart ett verktyg som hjälper beslutsfattare att utvärdera ett komplext samband av faktorer som påverkar varandra. Resultaten från en simulering måste analyseras lika noggrant som resultaten från alla typer av analyser. Andra typer av mer konventionellt beslutsunderlag och tidigare erfarenheter av motsvarande upphandling/utveckling bidrar naturligtvis med viktig information.
- En uppbyggd simuleringsmiljö leder inte automatiskt till en meningsfull studie. Denna självklarhet har inte lett till några större problem under FLSCs historia, men det finns andra svenska exempel där stora investeringar gått till att utveckla den experimentella miljön, utan att tydligt ha syfte och planering av experiment/studie klar. En obalanserad satsning på den tekniska infrastrukturen leder ofta till att det faktiska målet med satsningen inte kan realiseras. Särskilt om det är en hypotestestande studie som planeras så måste studiefrågan vara mycket explicit formulerad tidigt i processen.
- Användandet av integrerade projektteam (IPT) med tydlig och kontinuerlig kundrepresentation i arbetet är centralt för kostnadseffektivt genomförande av en studie vid FLSC.
- Under dialogen inför en studie och vid beställning till FLSC ska ett särskilt utpekad, i tiden väl tilltaget, tillfälle identifieras vid vilket kunden tillsammans med FLSC fastställer vilken information som måste tillhandahållas FLSC och vilka tidsförhållanden som gäller för detta. Föreliggande rapport är framtagen som ett underlag till stöd för denna dialog. Under dialogen kan en diskussion baserat på Fyra världar modellen (se Figur 1) hjälpa till med att tydliggöra förmågeperspektivet och studiefrågorna så att förberedelserna inte omedelbart fastnar i detaljerade teknikfrågor och verktygsval. Dessa val är också nödvändiga och viktiga, men sker senare till del som konsekvens av analysen avseende förmågor och studiefrågor.

- Studien behöver en övergripande planering av hela genomförandets upplägg redan tidigt i arbetet. FLSC har utvecklat en detaljerad mall, med särskilt fokus på de delar där FLSC är direkt inblandat (Waldemark & Andersson, 2014), som med fördel kan användas som stöd för denna planering.
- Både kunden och FLSC måste hantera följande delvis separata men ändå tydligt sammankopplade processer under hela studiens livslängd:
 - Processen för Styrning och planering (Koordinering)
 - Processen för Finansiering
 - Processen för Genomförande
 - Processen för Rapportering

Om interaktionen mellan dessa processer inte hanteras vederbörligt leder det till för ökade projektrisker, eventuellt med försenade eller icke-giltiga resultat, vad gäller alla steg och aktiviteter som beskrivs i DSEEP/FLSC studieprocessbeskrivning.

- Antalet analyser som utförs av enskilda individer och som sedan utan överlämning levereras vidare i studieprocessen, både internt och externt, ska minimeras.
- Kunden, FLSC, och eventuella externa utvecklare måste tydliggöra ansvarsförhållanden i alla faser av modellförsörjning och utveckling för studien.
- Om beställaren av en simuleringsbaserad studie inte har tidigare erfarenhet av modellering och simulering så bör grundläggande bristfällig förståelse från beställaren av M&S som verktyg undanröjas. Rekommenderad fördjupning angående definitioner av modellering, simulering, simulator och liknande relevanta begrepp finns i Holm (2007) och Tolk (2012). En okunskap om ingående modellers begränsningar och beteende kan också påverka förväntningar och scenarioutformning.
- De planeringsansvariga för studien måste undvika olämplig disposition av uppmärksamhet och resurser mellan faserna: 1) problemformulering/planering, 2) utveckling, 3) genomförande, och 4) analys. Exakt rekommenderad fördelning beror på studiens frågeställning och omfattning, men en utgångspunkt kan vara jämn fördelning mellan faserna. Historiskt har ofta fokus varit alldeles för tungt på själva genomförandet, i synnerhet vad gäller kundengagemang. Som en riktlinje i Code of Best Practice for Experimentation (Albert & Hayes, 2002) så anges att förberedelser för ett experiment (formulera hypoteser, experimentell design, förbereda datainsamling etc.) är mer

resurskrävande än själva genomförandet av experimentet och att den analys som måste genomföras efter experimentet är minst lika krävande som förberedelserna.

- Code of Best Practice Experimentation (Albert & Hayes, 2002) ger också följande rekommendationer, vilka överensstämmer med rutinerna för studieprocessen vid FLSC. En studie behöver:
 - *Clear specification of the idea*
 - *Creation of a mission capability package that articulates the whole context necessary for success*
 - *Articulation of the hypotheses underlying the innovation, including the causal mechanisms perceived to make it work*
 - *Specification of the benefits anticipated from the innovation and the conditions under which they can be anticipated*
 - *Development of reliable and valid measurement of all elements of the hypotheses such that they can be controlled and/or observed in the experimentation setting*
 - *Design of an experiment or experimentation campaign that provides unambiguous evidence of what has been observed*
 - *Creation of an experimentation setting (subjects, scenarios, instrumentation, etc.) that provides for an unbiased assessment of the innovations and hypotheses under study*
 - *Selection of analytic methods that minimize the risks and uncertainties associated with each experiment or experimentation campaign*
 - *Creation of a community of interest that cuts across relevant sets of operators, researchers, and decisionmakers*
- Albert & Hayes (2002) ger följande generella rekommendationer för att maximera chansen till lyckad studie och kunskapsupbyggnad:
 - *Establish experimental concept credibility early*
 - *Bound the problem efficiently*
 - *Gain high level visibility and leverage*
 - *Achieve a formal agreement to collaborate*
 - *Ensure sufficient influence on scenario to tailor it*
 - *Obtain early involvement in the planning process (e.g., stakeholders)*

- *Capture sufficient resources for training, data collection, and analysis*
- *Create a robust experimentation environment, including adequate:*
 - *Number and variety of experimental events*
 - *Instrumentation*
 - *Free play (opportunities to fail)*
 - Inse att tillgång till stridspiloter är en tydligt begränsande faktor och planera runt det. Personalen vid stridsflygdivisionerna är tungt belastade och det är ofta svårt att få tillgång till piloter, även om studien är viktig. Beställaren av en FLSC studie bör tillse att inkludera stöd till arbetet i VU (Verksamhetsuppdrag) för aktuellt år, alternativt tillse att en tilläggsuppgift utdelas.
 - FLSC har under 2014 utvecklat ett omfattande kursmaterial av vad en simuleringsbaserad anskaffningsstudie innebär, med anskaffning av ny robot som tillämpat exempel. Vid behov kan en förkortad version av denna kurs erbjudas relevant personal vid FM och/eller FMV.
 - Alla som är inblandade i studien behöver inse att förstudiefasen är en del av studieprocessen. Genomförandet av en studie är en iterativ läroprocess där deltagarna tillskansar sig ökad förståelse och kunskap rörande utmaningar, möjligheter, ingående system, scenarier, och taktiska aspekter.

Kass (2006) beskriver ett antal tänkbara hot mot validiteten (giltigheten) i en studie, se tabell 5. I princip alla dessa hot har förekommit i någon av studierna som genomförts vid FLSC. Vissa är mycket svåra att göra något åt, exempelvis tillgången på piloter över veckor, men medvetna val och åtgärder i ett tidigt skede bidrar till att eliminera eller begränsa dessa hot i största möjliga mån.

Tabell 5. Hot mot studievaliditet (Kass, 2006).

Experiment components (delar av experiments utformning)	Experiment requirements (krav rörande experimentets utformning och genomförarnas förmåga)				
	<i>Ability to use the capability</i>	<i>Ability to detect change</i>	<i>Ability to isolate the reason for change</i>		<i>Ability to relate the results to operations</i>
			<i>Single group</i>	<i>Multiple groups</i>	
Treatment (rör den experimentella manipulationen, t.ex. nytt tekniskt system)	1. Capability functionality does not work	5. Capability systems vary in performance	11. Functionality changes across groups		18. Functionality does not represent future capability
Players (rör experimentets deltagare, t.ex. piloternas kompetens)	2. Players are not adequately prepared	6. Experiment players vary in proficiency	12. Player proficiency changes across trials	15. Groups differ in player proficiency	19. Players does not represent operational unit
Effect (rör datainsamlingens förmåga att upptäcka effekterna av den experimentella manipulationen)	3. Measures are insensitive to capability impact	7. Data collection accuracy is inconsistent	13. Data collection accuracy changes across trials	16. Data collection accuracy differs for each group	20. Measures do not reflect important effects
Trial (rör experimentets utformning)	4. Capability has no opportunity to perform	8. Trial conditions fluctuate	14. Trial conditions changes across trials	17. Group operate under different trial conditions	21. Scenario is not realistic
Analysis (rör datamängdens statistiska egenskaper)		9. Sample size is insufficient 10. Statistical assumptions are violated			

- Riktlinjer för piloters taktiska agerande (exempelvis uttryckt i SOP, ROE, taktikval och risknivå) behöver fastställas inför simulatorkörningarna. Piloternas taktiska beteende har en tendens att förändras mellan körningarna vilket förstås bidrar med statistisk varians som i sin tur påverkar resultaten som en ”störande” icke-kontrollerad faktor (s.k. *confounding factor*). Taktikval och hur respektive sidas taktikval relaterar till varandra är en mycket starkt påverkande variabel, exempelvis så påverkas antalet bekämpningar om båda sidor väljer en aggressiv taktik respektive om både väljer en defensiv taktik. Den varians som taktikval leder till är dock eftersträfvansvärd om den är kontrollerad, och ger en väsensskild och viktig fördel mot att använda enbart datorgenererat beteende (computer generated forces, CGF, jämför exempelvis med simuleringar genomförda enbart i verktygen FLAMES, TACSI eller STAGE).
- Ändring av parametrar, modeller, eller scenario direkt före eller under simulatorkörningar skall i allra möjligaste mån undvikas.
- Frågor rörande teknisk registrering och värdering baserat på denna registrering har varit förekommande i alla studier som genomförts vid FLSC. Frågorna centrerar kring hur den arbetsprocess som sker under simuleringsveckorna ska registreras och värderas? Deltagande piloter har ofta en relativt god känsla för om deras taktiska process går ”bra” eller ”dåligt”, men frågan är vilka mätpunkter som kan identifieras för att processen ska kunna beskrivas för någon som inte är med och för att processen ska kunna analyseras noggrant i efterhand. Viktigt att notera är också att varje pilot huvudsakligen har överblick över sin egen prestation och erfarenhet av ett nytt system eller koncepts effekt, men det kan trots det vara svårt att höja resonemanget till översikt på grupp-nivån. Deltagarna kan därför ha svårt att bilda sig en korrekt bild av läget och händelseutvecklingen. Väl utförd och planerad utvärdering i grupp samt ”*debriefing*”/”*after action review*” (AAR) bidrar till att ge denna överblick och det är ofta vid dessa genomgångar som viktiga insikter genereras. I Artman, Borgvall, Castor, Jander, Lindquist, & Ramberg (2013) ges en aktuell översikt över några användbara verktyg som kan stärka AAR genomförandet.
- Utformning av användbara scenarier med för aktuell studie representativa egenskaper är något av en konstform. De scenarier som används bör vara representativa för realistiska operativa uppdrag och uppgifter, men ska också ofta beskriva en framtida taktisk situation som innehåller många okända faktorer. Avdömningar och antaganden i utvecklingen av ett framtida scenario är därför ofta många. Scenarierna måste också ha egenskaper som skapar hög återanvändbarhet. Piloterna som flyger i studien kommer agera i scenariot många gånger under en

studievecka och det är viktigt att utfallet inte blir helt förutsägbart, exempelvis att fienden upptäcks alltid med radarn i en viss riktning och på ett visst avstånd. En faktor som operativ personal inte beaktar i lika stor omfattning som analytiker är scenariots inneboende psykometriska egenskaper. Ett exempel kan vara en studie där nedskjutningar används som mått och fienden bara består av en rote. Då är utfallet 0, 1 eller 2 nedskjutna fiender och förmågan att se skillnaden mellan studiealternativen är begränsad. Nedskjutningar är ett relativt trubbigt mått och det är bara några få studier där detta mått gett tydligt utslag, eftersom många faktorer påverkar resultat på denna aggregationsnivå. Resultaten från en studie som genomförs i en så komplex taktisk miljö som den som oftast används i FLSC blir inte alltid så tydliga som man förväntat sig, även om det nya systemet/konceptet är ”bra”. Scenariobaserade mått är också ofta beroende av varandra, om till exempel genomförandet av en jaktuppgift är framgångsrik så ger det utslag även i mått som relaterar till en tillhörande attackuppgift. Detta är inte fel i sig, men måste beaktas i analysen och redovisningen av måtten.

Sammanfattningsvis kan sägas att kompetensen kring den tekniska simulatormiljön FLSC utgör en viktig resurs för fortsatt kostnadseffektiv utveckling av luftstridskrafterna i Sverige. Med FLSCs simulatormiljö och dess personal som studieplattform kan många olika typer av studier genomföras som stöder utveckling av doktrin, koncept, kravställningsdokument, taktik och teknik genomföras i studier som kan vara så korta som tre månader. Den mångåriga⁶ utvecklingsprocess som ligger bakom simuleringsmodellerna, den tekniska simulatormiljön och studiemetodiken bör fortsätta utvecklas och vårdas framgent och betraktas som en integrerad och viktig del i den framtida utvecklingen för Försvarsmakten.

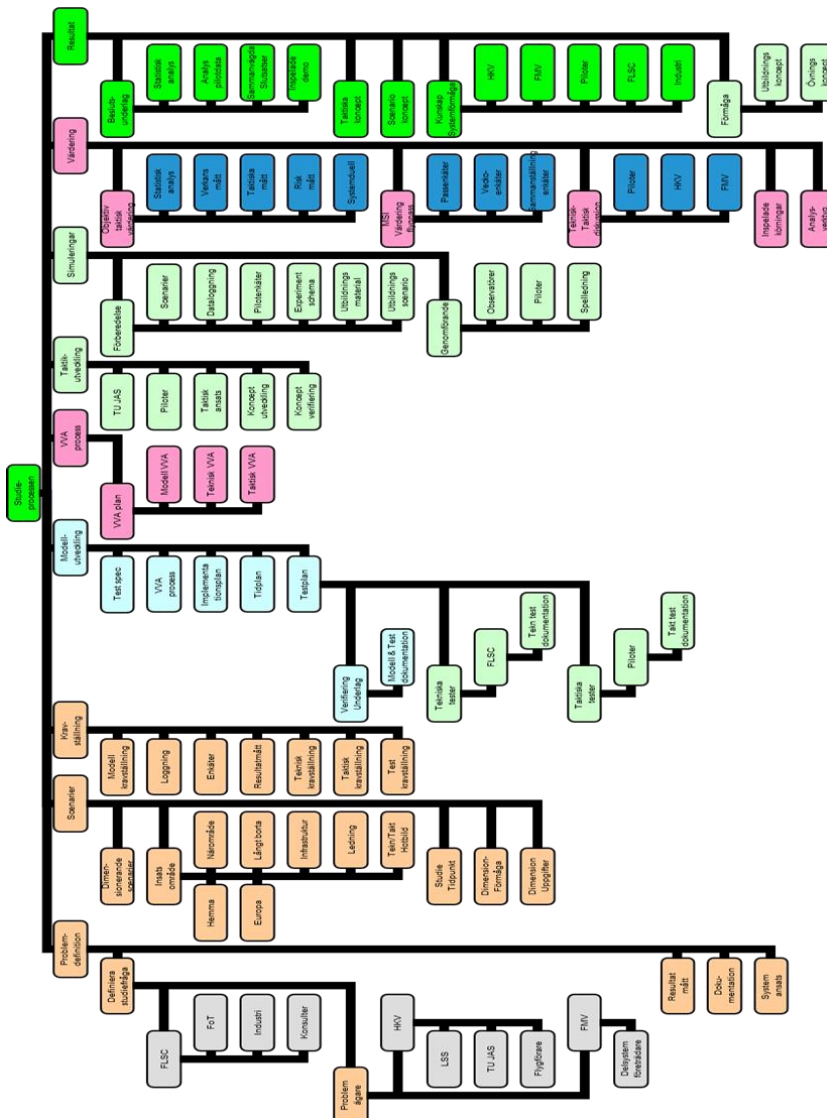
⁶ FLSC blev operativt 1998 och utvecklingen av den tekniska grundplattformen beställdes 1997, men baserade sig på delvis redan existerande mjukvara och ett delvis existerande referensbibliotek av relevanta modeller.

6 Referenser

- Alberts, D., & Hayes, R. (2002). Code of Best Practice for Experimentation. CCRP Publication Series.
- Artman, H., Borgvall, J., Castor, M., Jander, H., Lindquist, S., & Ramberg, R. (2013). Towards the Learning Organization: Frameworks, Methods, and Tools for Resource-Efficient and Effective Training. FOI-R--3711--SE. Stockholm, FOI Informations- och aerosystem.
- Caap, P., & Randahl, H.(2012). Modellförsörjning för luftstridskrafterna på stridsteknisk och taktisk nivå (MLST). FOI Memo 4295:2. Stockholm, FOI Informations- och aerosystem.
- 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 doktorsavhandling nr 1251. Linköping, Linköpings Universitet.
- Holm, G. (2007). Systemmodellering och Simulering - med särskild inriktning mot försvarsmakten. Stockholm, FOI Informationssystem.
- SISO (2013). Reference for Generic Methodology for Verification and Validation (GM-VV) to Support Acceptance of Models, Simulations and Data GM-VV Vol. 3: Reference Manual. Simulation Interoperability Standards Organization.
- IEEE (2011). Distributed Simulation Engineering and Execution Process (DSEEP) Standard. IEEE Standard 1730-2011. IEEE.
- Kass, R. (2006). The logic of warfighting experiments. CCRP Publication Series.
- Norlander, A., & Ekenstierna, C. (2012). Swedish Armed Forces CD&E Method Description, International Version 2.0. HKV 21000:66476. Stockholm, Försvarsmakten.
- Nordic Defence Cooperation (2012). Concept Development & Experimentation Method Description (ver 2.0). Nordic Defence Cooperation (NORDEFCO), Cooperation Area Strategic Development (COPA SD).
- Tolk, A. (2012). Engineering Principles of Combat Modeling and Distributed Simulation. New Jersey, John Wiley & Sons.
- Waldemark, K., & Andersson, C. (2014, arbetsdokument). FLSC studiemall. Stockholm, FOI Informations- och aerosystem.

7 Bilaga A. FLSC studiemall

I denna bilaga visas översiktligt strukturen i den studiemall som FLSC tagit fram under 2014 (Waldemark & Andersson, 2014) som beskriver den mängd information, beslut och vägval som måste fastställas för att kunna genomföra en studie i FLSC. Delar av informationen som ligger bakom dessa beslut måste uppdragsgivaren tillhandahålla men lämpligen sker en dialog med FLSC studieansvariga inför alla dessa beslut.



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
164 90 Stockholm

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

www.foi.se