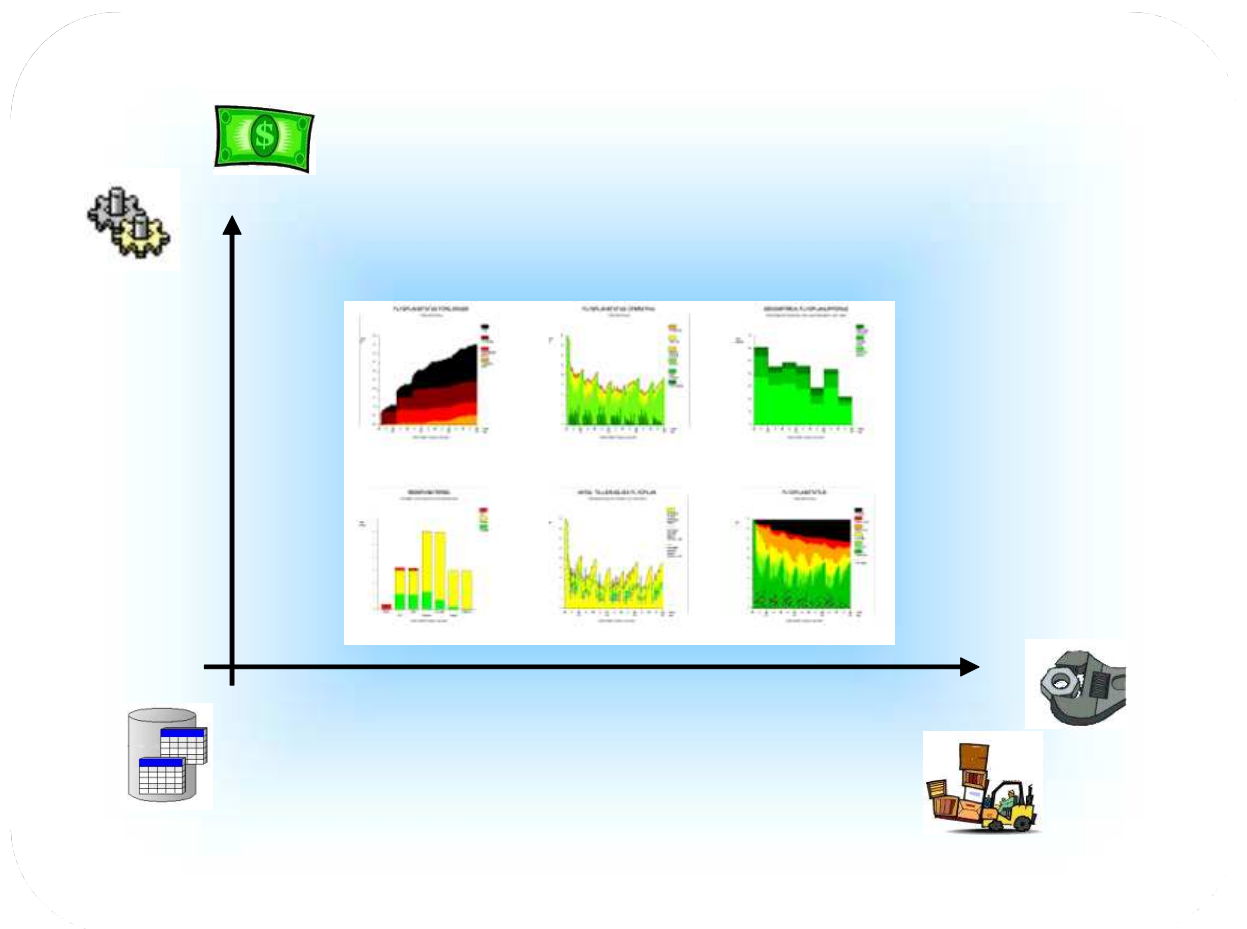


Johan Pelo, Kjell Ohlson, Lisbeth Pers

Simuleringsramverk och logistiksimulering - en översiktsstudie



TOTALFÖRSVARETS FORSKNING SINSTITUT

Systemteknik
172 90 Stockholm

FOI-R--1318--SE

Augusti 2004

ISSN 1650-1942

Användarrapport

Johan Pelo, Kjell Ohlson, Lisbeth Pers

Simuleringsramverk och logistiksimulering - en översiktsstudie

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Systemteknik 172 90 Stockholm	Rapportnummer, ISRN FOI-R--1318--SE	Klassificering Användarrapport
	Forskningsområde 2. Operationsanalys, modellering och simulering	
	Månad, år Augusti 2004	Projektnummer E6930, E6929
	Delområde 21 Modellering och simulering	
	Delområde 2 23 Logistik	
Författare/redaktör Johan Pelo Kjell Ohlson Lisbeth Pers	Projektledare Johan Pelo	
	Godkänd av Monica Dahlén	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning FMV	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig Choong-ho Yi	
Rapportens titel Simuleringsramverk och logistiksimulering - en översiktsstudie		
Sammanfattning (högst 200 ord) <p>Denna rapport, som utgör en sammanställd leverans avseende FMV-beställningarna "Ramverktygslösningar för monolitiska simuleringar" samt "Förstudie FoT område 19 - Logistik" syftar till att belysa några av de mer övergripande egenskaperna för simuleringsverktygen ASTOR, SIMLOX och FLAMES. Vidare har möjligheter att införliva logistik i modeller för simulering på operativ nivå studerats, genom ett försök att utöka en befintlig operationsanalytisk modell baserad på FLAMES.</p> <p>I rapporten ges en översiktlig beskrivning av de befintliga verktyg och koncept som varit aktuella för denna studie, främst med avseende på verktygens tänkta tillämpningsområde. Vidare ges en bild av möjligheterna att möta nya behov som framtida verktyg för logistiksimulering kan komma att ställas inför, tillsammans med en värdering av verktygens egenskaper och möjligheter att tillämpas på nya problemområden.</p> <p>Resultaten som presenteras i rapporten behandlar bl.a. möjligheter till samverkan mellan verktyg för logistiksimuleringar och simuleringsramverk som FLAMES, inte minst för att studera logistikens inverkan på den operativa förmågan och vice versa.</p>		
Nyckelord Modellering, simulering, ASTOR, SIMLOX, RAMLOG, FLAMES, logistik, avtalsbaserad resurshantering		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 53 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency Systems Technology SE-172 90 Stockholm	Report number, ISRN FOI-R--1318--SE	Report type User report
	Programme Areas 2. Operationsanalys, modellering och simulering	
	Month year August 2004	Project no. E6930 + E6929
	Subcategories 21 Modellering och simulering	
	Subcategories 2 23 Logistik	
Author/s (editor/s) Johan Pelo Kjell Ohlson Lisbeth Pers	Project manager Johan Pelo	
	Approved by Monica Dahlén	
	Sponsoring agency FMV	
	Scientifically and technically responsible Choong-ho Yi	
Report title (In translation) Simulation Frameworks and Logistics simulation - a surveillance study		
Abstract (not more than 200 words) <p>This report, which constitute a compound delivery for the FMV orders “Framework solutions for monolithic simulations” and “Feasibility study R&T area 19 – Logistics” aims to illustrate some of the more comprehensive characteristics of the simulation tools ASTOR, SIMLOX and FLAMES. The possibilities of incorporating logistic functionality into models designed for constructive simulations has also been investigated, by an experimental implementation extending an existing simulation model used for operational analysis based on FLAMES.</p> <p>In the report we presents a survey of existing tools and concepts of current interest is, with focus on their application areas. Further a picture of new tasks that future tools for logistic simulation might be facing, together with a valuation of tool characteristics and their suitability for new areas of interest.</p> <p>Results presented treats amongst others, possibilities for interaction between tools for logistic simulations and simulation frameworks as FLAMES, not least for studying the effect of logistics on operational capacity and vice versa.</p>		
Keywords Modelling, simulation, ASTOR, SIMLOX, RAMLOG, FLAMES, logistics, contract-based resource management		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 53 p.	
	Price acc. to pricelist	

Innehåll

1. Sammanfattning	6
2. Bakgrund	7
2.1. Beskrivning av uppdraget	7
2.2. Avgränsningar	7
2.3. Rapportstruktur	7
2.4. Tidsperspektiv	8
3. Kriterier för värdering och analys	9
3.1. Metod	9
3.2. Kriterier	10
4. Övergripande beskrivningar	11
4.1. Allmänt om Simuleringsramverk	11
4.2. ASTOR - Airforce Simulation of Tactics and Operational Resources	11
4.2.1. ASTOR-scenario	11
4.2.2. Indata och resultat	12
4.2.3. Tillämpningsområde	13
4.3. SIMLOX - Simulation of Logistics and Operations	14
4.3.1. SIMLOX-scenario	15
4.3.2. Indata och resultat	16
4.3.3. Tillämpningsområde	16
4.4. FLexible Analysis and Mission Effectiveness System - FLAMES	17
4.4.1. Tillämpningsområde	18
4.4.2. FLAMES - Scenario	18
4.4.3. FLAMES - Applikationer	19
4.4.4. Aktörer och roller/uppgift	20
4.4.5. Utrustningsmodeller	20
4.4.6. Utbyggbarhet	21
4.5. Andra verktyg	21
4.5.1. RAMLOG – Support Design Service Tool	21
4.5.1.1. RAMLOG-scenario	22
4.5.1.2. Resultatpresentation	22
4.5.1.3. Tillämpningsområde	23
5. Nya behov	24
5.1. Fokuserad logistik	24
5.2. Integrering av Mark, Sjö och Luft	24
5.3. Internationella insatser och avtalsbaserad resurshantering	25
6. Värdering och jämförelser	26
6.1. Logistik och studier på taktisk och operativ nivå	26
6.2. ASTOR	27
6.3. SIMLOX	28
6.4. RAMLOG	29
6.5. FLAMES	30
6.6. Slutsatser	31
7. Rekommendationer	33
8. Förslag på fortsatt arbete	34
9. Underlag, Källor & Referenser	35

1. Sammanfattning

I syfte att belysa övergripande egenskaper för simuleringsverktygen ASTOR, SIMLOX och FLAMES har en översiktlig studie genomförts, parallellt med ett försök att utöka en befintlig operationsanalytisk modell med logistisk funktionalitet.

Ett simuleringsramverk kan sägas vara en infrastruktur, där tjänster för modellutveckling, exekvering, analys, scenarioupbyggnad och visualisering tillhandahålls. En integrering av befintliga verktyg för logistiksimuleringar i simuleringsramverk så som FLAMES är visserligen möjligt, men svårt att motivera då skillnaderna mellan FLAMES och befintliga verktyg för logistiksimuleringar är stora, och skulle kräva en ansevärd utvecklingsinsats. Däremot kan mycket vinnas genom att få dessa typer av verktyg att samverka för att studera logistikens inverkan på den operativa förmågan och vice versa, inte minst för flygdomänen. För att möjliggöra en sådan koppling behöver de parametrar som är intressanta att utbyta mellan modellerna identifieras, något som kan variera kraftigt mellan olika frågeställningar.

De kommersiella verktyg för logistiksimulering som studerats uppfyller många av kvalifikationerna för att anses vara ett simuleringsramverk, men de har formellt mycket begränsade möjligheter till utbyggbarhet och anpassning. Även om mycket kan vinnas på en övergång från egenutvecklade till kommersiella verktyg, är det viktigt att bibehålla möjligheter till anpassning av de verktyg som används, inte minst då försvaret är i stark förändring.

Ett intressant område för logistiktillämpningar vid internationella insatser är avtalsbaserad resurshantering, en formaliserad metodik för att beskriva avtal mellan exempelvis olika länder och deras underhållsorganisationer. Det finns dock mycket kvar att göra inom området, inte minst för att ta hänsyn till att ingångna avtal i verkligheten inte alltid följs på ett förutsägbart sätt.

Den starkt behovsdrivna utvecklingen av ASTOR har fått till följd att precis den funktionalitet som behövts har implementerats. Att återimplementera denna funktionalitet och kunskapsbank i ett nytt verktyg är en stor uppgift vid en övergång till nya verktyg. Det finns en rad olika faktorer att ta hänsyn till, inte minst vad gäller val av parametrar, indata- och resultattabeller, etc. för att inte den färdiga modellen ska bli alltför komplex och ohanterlig. Att bygga upp ett förtroende för ett nytt verktyg är också en process som tar lång tid, men då vi här talar om simuleringsverktyg som kommer att användas för skarpa studier, kan det vara på sin plats att ta hänsyn även till denna process.

Det behov av logistiksimuleringar som idag finns inom flygdomänen kommer antagligen att finnas kvar även i framtiden, och det finns en potential att kunna använda ASTOR tillsammans med andra verktyg för studier på operativ nivå. Astors historia av evolutionär utveckling för att möta behov av funktionalitet i modellen har medfört att det inte är trivialt att bryta ut enskilda modellkomponenter¹, det har helt enkelt inte funnits behov av det. Även om en sådan utbrytning vore fullt genomförbar med rimliga medel, krävs mer kännedom om ASTOR än vad vi har haft möjlighet att inhämta inom ramen för detta uppdrag.

Genom att använda generella kommersiella verktygssviter för logistiksimuleringar som alternativ till att vidmakthålla egenutvecklade, hårt specialiserade modeller, borde ett antal fördelar kunna uppnås, bland annat reducerade underhållskostnader, under förutsättning att möjligheten till anpassning för speciella behov säkerställs. Denna rapport utgör en sammanställd leverans avseende FMV-beställningarna *"Ramverktygslösningar för monolitiska simuleringar"* samt *"Förstudie FoT område 19 - Logistik"*.

¹ För detta uppdrag har den del av ASTOR som beskriver vad som händer på flygbaser varit av störst intresse.

2. Bakgrund

Med dagens modeller för logistiksimulering genomförs studier och uthållighetsanalyser, som sedan ligger till grund för beslut vid dimensionering av underhållsorganisation och systemutnyttjande. Försvarets Materielverk (FMV) har idag tillgång till simuleringsverktyget ASTOR som är specialutvecklat mot flygverksamheten.

I september 2003 gick FMV ut med en anbudsinfodran med förhoppningen att kunna införskaffa ett generellt simuleringsverktyg för framförallt mark- och sjöstridskrafternas underhållsorganisationer.

Utöver de modellerings- och simuleringsstudier som genomförs idag, ställer införandet av det nätverksbaserade försvaret helt nya krav på såväl modeller som metodik för modellering och simulering.

2.1. Beskrivning av uppdraget

Detta uppdrag är en del i den utvärderingsanalys som bör göras innan anskaffning av verktyg för logistiksimulering vid Försvarets Materielverk (FMV) verkställs fullt ut.

Uppdraget skall också öka kunskapen om hur man med Modellering och Simulering effektivare än idag kan hantera logistikens påverkan på verkans effektivitet, genom att integrera simuleringsmodeller för logistik och operativa studier.

Inom ramen för uppdraget har en översiktlig studie genomförts, i syfte att belysa övergripande egenskaper för simuleringsverktygen ASTOR, SIMLOX och FLAMES. För att möjliggöra en värdering av de olika verktygens egenskaper, har även en övergripande krav- och behovsbild tagits fram.

Parallellt har även ett försök att integrera logistisk funktionalitet i en befintlig operationsanalytisk modell genomförts, där också möjligheterna att tillämpa avtalsbaserad resurshantering i simuleringsmodeller för logistik har studerats.

2.2. Avgränsningar

Då ett upphandlingsförfarande för anskaffning av simuleringsverktyg för logistik redan genomförts vid FMV, görs ingen detaljerad utvärdering av de olika verktygen inom detta uppdrag. Ambitionen har varit att i första hand redovisa för och nackdelar på en konceptuell nivå.

De verktyg som behandlats är givna av uppdragsgivaren, det kan mycket väl finnas andra verktyg på marknaden som är tillämpbara, men de har ej givits något större utrymme i denna studie.

Den metodik som använts för värderingen baseras till stor del på att ta tillvara erfarenheter från utveckling och användning av simuleringsmodeller på stridsteknisk/taktisk nivå som bedrivits vid Totalförsvarets Forskningsinstitut (FOI), och applicera dessa på logistikområdet.

2.3. Rapportstruktur

En redovisning av de kriterier som bedömningarna baseras på redovisas i kapitel 3.

I kapitel 4 ges en översiktlig beskrivning av de befintliga verktyg och koncept som varit aktuella för denna studie, främst med avseende på verktygens tänkta tillämpningsområde. Även annan information som kan vara av betydelse vid bildandet av en strategi för modellering och simulering inom logistikområdet tas upp här.

I kapitel 5 ges en bild av de nya uppgifter som framtida verktyg för logistiksimulering kan komma att ställas inför.

En värdering av verktygens egenskaper och möjligheter att tillämpas på nya problemområden ges i kapitel 6.

Försöket att bygga ut en befintlig modell för operationsanalytiska ändamål till att också omfatta logistik redovisas i Appendix A.

2.4. Tidsperspektiv

Ett strategiskt val av verktyg för logistiksimuleringar innefattar med stor sannolikhet ett omfattande utvecklingsarbete och kunskapsuppbyggnad, vilket får till följd att tidsperspektivet för denna studie sträcker sig från 2-3 år och framåt. Livscykeln för ett simuleringsverktyg, från idé och anskaffning till avveckling kan sträcka sig över decennier.

En del av frågeställningarna är även hårt kopplade till användningen av verktyg för logistiksimulering i det nätverksbaserade försvaret (NBF), och därmed även dess tidsperspektiv. Framför allt gäller detta hur simuleringsverktyg kommer att användas i det framtida försvaret, men även som ett led i att definiera NBF- konceptet.

3. Kriterier för värdering och analys

Varför modellera och simulera? Vanligtvis görs det i studiesyfte, man har ett problem man söker svar till. Hela, eller delar av problemet kan då modelleras (avbildas) i en formalism, t.ex. en objektorienterad modell. Om modellen är datoriserad kan den exekveras, vi kan med andra ord simulera modellens beteende över tiden. Simuleringar kan generera data som hjälper oss att besvara frågan vi ursprungligen var intresserade av.

Mot den ovanstående bakgrunden behandlar vi i denna rapport modellering och simulering i studiesyfte, till skillnad mot de fall där modellering och simulering ingår som en komponent i ett verkligt system, exempelvis resursledningssystem eller träningssimulatorer. För de senare fallen föreligger andra förutsättningar som inte ryms inom ramen för detta arbete.

Hur ser då behovet av simuleringsverktyg för logistik ut? I bl.a [1] och [3] nämns några uppgifter som morgondagens simuleringsverktyg behöver kunna användas till. I kombination med de logistikstudier som görs idag, kan typiska uppgifter vara:

- Förbandsutveckling, typförbandsutveckling, organisationsutveckling
- Dimensionering av den logistiska organisationen och av olika materielsystem med andra ord för att simulera taktiskt utnyttjande av logistikresurser
- Att värdera en framtagna logistisk organisation
- Att utreda om resurserna är tillräckliga för operationen samt behovet av resurser utanför eget förband
- För att simulera konsekvenserna av att Sverige ingår i andra länders organisationer
- Simulering av konsekvenser av händelser i operationsområdet
- Estimera prognoser med hänsyn till insats, taktik och driftprofil
- Prognostisera felutfall, driftuttag och underhållssäkerhet mot kostnader
- Erfarenhetssimulering efter insats
- Utbildning och övning av staber
- Optimera insatserna i tid och rum
- Estimera underhållsekonomi
- Klarlägga vilket behov av förhandslagring som krävs
- Göra riskprognoser
- Upptäcka kritiska brytpunkter

Dessa behov ingår i den värdering som gjorts genom att tjäna som illustrativa uppgifter som verktygen behöver kunna användas till.

3.1. Metod

De värderingar av olika sätt att möta problemen som gjorts inom uppdraget baseras dels på erfarenheter och 'lessons learned' från medverkan i ett antal modellutvecklingsprojekt vid FOI, samt ett försök att implementera logistikfunktionalitet i en befintlig modell på operativ nivå [Appendix A]. Värderingen syftar främst till att ge en övergripande bild av hur de olika lösningarna möter problemområdet, men kan i vissa avseenden behöva kompletteras med fördjupade undersökningar som t.ex. utökade implementeringsförsök och fullskaletest för att ge en komplett bild av erforderlig arbetsinsats.

3.2. Kriterier

Som grund för bedömningen av de olika verktygen ASTOR, SIMLOX och FLAMES har aspekter som berör skalbarhet, VV&A, användarvänlighet, säkerhet, möjligheter till återanvändning samt långsiktighet i modellinvesteringar beaktats. Dessa begrepp är inte alltid entydiga, så en kort redogörelse av deras innebörd i detta uppdrag ges nedan.

Med skalbarhet avser vi främst möjligheten att ta in en stor mängd data till simuleringarna, men även möjligheten att använda en modell i flera olika sammanhang där så är tillämpligt. Även möjligheterna att använda ett simuleringsverktyg i olika tillämpningar kan anses sortera under detta begrepp. En annan form av skalbarhet är vilka parametrar kan man studera med simuleringsmodellen – är den tillräckligt högupplöst för att studera de frågeställningar som kan komma att bli aktuella?

Möjligheter till VV&A av modeller är alltid en viktig fråga i M&S sammanhang, viktigt inom detta uppdrag har varit att utvärdera om det finns några utmärkande egenskaper eller indikationer som behöver tas hänsyn till vid tillämpning av processer för verifiering, validering och ackreditering av modellen.

Med användarvänlighet menar vi vilken kunskap behöver en användare av verktyget ha, och vilka kompetenser krävs för att effektivt kunna använda modellen/verktyget och göra en adekvat bedömning av resultatet. Även hur lätt det är att komma igång (inlärningströskel) och hur mycket stöd själva modellen/verktyget ger vid användning.

För återanvändning bedöms hur generisk modellen är – Krävs det vidareutveckling för varje ny tillämpning eller kan samma modell användas för olika tillämpningar?

Med prestanda avser vi här dels möjligheten att exekvera större scenarier inom rimlig tid, utan att ha tillgång till stordatorkapacitet. För att göra en rättvis bedömning av exekveringsprestanda för ett simuleringsverktyg krävs fullskaletester, vilket ligger utanför ramarna för detta arbete.

En av de mer kritiska faktorerna vid specificering av vilka egenskaper verktyget bör ha torde vara att ha klart för sig vilka typer av uppgifter som verktyget kommer att användas till, samt i vilken mån specialistkompetens ska finnas inom den egna organisationen eller tas in vid behov. Dessa parametrar är nog så viktiga att känna till för att bedöma lämplighet vid normal användning, men deras betydelse är ännu större då man behöver avgöra hur eventuella anpassningar ska genomföras.

Långsiktighet i modellinvesteringar påverkas av en rad olika faktorer, och är en av de mer centrala frågeställningarna för studien, och hårt kopplad till organisatoriska aspekter. Vi ger vår bedömning av vilka aktiviteter som bör genomföras för att uppnå en långsiktighet i modellinvesteringarna.

4. Övergripande beskrivningar

4.1. Allmänt om Simuleringsramverk

Att producera stora, komplexa och generella modeller och simuleringssystem från grunden är i många fall förknippat med stora risker: Det kan ta alltför lång tid, bli alltför kostsamt och kan t.o.m. medföra en stor risk att simuleringsprojektet havererar. Vid framtagning och beskrivning av stora simuleringsmodeller har en utveckling mot användande av olika s.k. simuleringsramverk börjat skönjas.

En stor del av den funktionalitet som behövs för större simuleringsverktyg är ofta generell, och behöver inte vara bunden till själva problemområdet. Exempel på detta är tidshantering, databashantering, scenariogenerering, visualisering, etc. En av de viktigaste fördelarna med att använda simuleringsramverk som alternativ till egenutveckling är att denna grundläggande funktionalitet tillhandahålls av ramverket, och kan därmed ses som en kommersiell produkt.

Ett simuleringsramverk kan därför sägas vara en infrastruktur, där tjänster för modellutveckling, exekvering, analys, scenarioupbyggnad och visualisering tillhandahålls. Vidare bör det finnas en väl fungerande organisation bakom verktyget, som tillser att det utvecklas kontinuerligt för att möta nya behov. För att minska tiden från anskaffning till produktion bör även en uppsättning modeller färdiga att användas finnas med.

Med definitionen ovan, finns det sedan länge ett flertal kommersiella simuleringsramverk för MoS av mer teknisk karaktär, t.ex. Matlab/Simulink, MatrixX m.fl. Under senare år har även ramverk för Militär MoS på taktisk och operativ nivå utvecklats, t.ex. FLAMES, STAGE m.fl.

4.2. *ASTOR - Airforce Simulation of Tactics and Operational Resources*

ASTOR är en modell för simulering av underhållsverksamheten för flygstridskrafter på en eller flera flygbaser i ett basområde. ASTOR är primärt avsedd att användas för optimering av underhållsresurser relativt givna flyguppsattnings krav på tillgänglighet och uthållighet.

Modellen bygger på stokastisk händelsestyrd simulering och körs på persondatorer i MS Windows-miljö med indataparametrar i en tabellorienterad MS Access-databas. ASTOR är programmerad i programspråket C++. Modellen ägs av FMV och utvecklas av konsultfirman Trilogik på uppdrag från FMV, som därmed kunnat styra utvecklingen i en primärt behovsdriven riktning. Modellen kan användas av personal på både Trilogik och FMV och det finns lagrade typscenarior (kompleta indatauppsättningar) från tidigare studier inom båda organisationerna.

4.2.1. ASTOR-scenario

ASTOR-scenarior kan simuleras på två olika sätt, i spelmod respektive analysmod.

I spelmoden simuleras en enda realisering av en vald tidsperiod, varvid händelseförloppet kan följas och styras i detalj vilket exempelvis kan utnyttjas för kontroll av indatakonsistensen.

I analysmoden simuleras den valda tidsperioden ett upprepat antal gånger för erhållande av medelvärden och spridningsmått för resultatparametrarna och simuleringen pågår tills en viss önskad statistisk signifikansnivå är uppfylld.

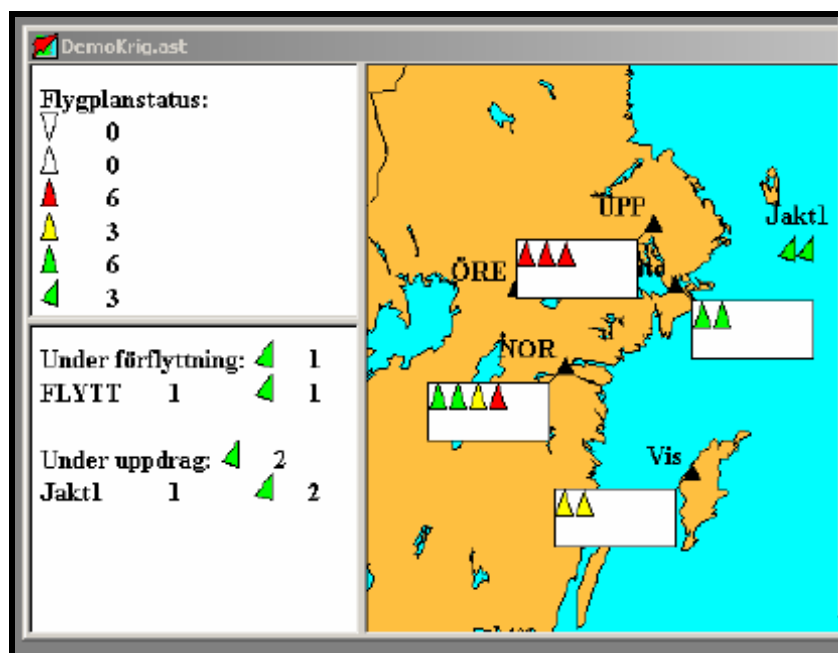


Fig. 4.1. Ett scenario i ASTOR. Baserna och det som utspelar sig där är centralt för modellen, medan förflyttningar och uppdrag sker momentant. För varje bas går det att få en översikt av de olika planens aktuella status.

Ett ASTOR-scenario utgörs av ett antal flygbaser i ett basområde samt en gemensam reparationsenhet med ett tillhörande reservmateriellager. Vidare kan ingå förråd med förbrukningsmaterial som bränsle, robotar, etc. Dessutom ingår förutom ett antal flygplan även schemalagd personal för klargöring, underhåll, reparationer och pilotuppdrag. Basernas geografiska placering visualiseras vid simuleringen i en kartrepresentation, se Fig 4.1. Flygplanen har alltid en hemmabas men de kan omlokaliseras mellan de övriga baserna i basområdet beroende på situationen.

Centralt för en simulering är ett eller flera specificerade flyguppdrag. Själva uppdraget beskrivs endast schematiskt i modellen. Vid genomförandet av uppdrag genereras fel, skador och servicebehov på flygplanen och robotar förbrukas. Detta förorsakar behov av underhållsresurser, reservmateriel samt robotar. För ett uppdrag kan disponeras en viss personalstyrka och ett visst antal flygplan, baser, klargöringsenheter, start-/landningsbanor och reservdelar. Endast en flygplanstyp kan hanteras fullt ut i ett visst scenario, men enskilda flygplan kan behandlas som individer, där varje individ har en unik uppsättning delar, flygtid, tid till nästa service osv. Uppdragsgenereringen sker gemensamt för alla baserna i en basgrupp utgående från en specificerad uppdragsprofil, där de olika uppdragen finns inlagda i en tidslinjal. Baserna kan utsättas för bekämpning med resulterande skador på flygplan och banor.

4.2.2. Indata och resultat

De indata som erfordras beträffande de taktiska aspekterna erhålls huvudsakligen från stridsmomentkort och beträffande underhållsresurserna från erfarenhetsdata från befintliga underhållsorganisationer. Driftsäkerhetsdata för flygplanen erhålls framförallt från befintliga driftuppföljningssystem. Indata anges i form av relationstabellvärden och lagras i en Access-databas via ett domänanpassat användargränssnitt. De flesta indataparametrarna kan kompletteras med ändringstabeller vilket medger användarstyrda ändringar av parametervärden under pågående simulering. Detta gäller t ex även för tidssteget för statistikinsamlingen. Varaktighetsvärden kan anges med statistiska fördelningar och skador och fel med sannolikheter och felfrekvenser. För många styrparametrar kan gränsvärden anges, t ex undre och övre toleransgränser, max- och minantal, etc. ASTOR saknar däremot stöd för känslighetsanalys av inparametrar.

Genom att i en simulering av ett scenario kunna studera över tiden hur underhållsstrategier och resurstillgångar påverkar flygplanens tillgänglighet och uthållighet kan resultat exempelvis erhållas i form av förmågan att utföra begärda uppdrag. Utdata från modellen utgörs i första hand av insamlad statistik från simuleringen. Denna statistik presenteras som sammanställningar av lägesinformation, antingen som en funktion av tiden eller som totalvärden i form av till exempel medelvärde, spridning eller summa över en vald tidsperiod. Exempel på typiska resultatparametrar kan vara antalet tillgängliga flygplan, antalet lyckade uppdragsstarter, antalet lyckade robotavfyrningar, ackumulerat antal förlorade flygplan, etc. Resultatparametrar kan valbart presenteras i form av tabeller, histogram eller tidsseriediagram.

4.2.3. Tillämpningsområde

Tillämpningsområden för ASTOR är exempelvis kravanalyser, offertutvärdering, resursfördelning, underhållsberedning, utbildning, beslutsstöd samt taktik- och organisationsstudier. Under åren har ASTOR använts som simuleringsverktyg i ett antal studier, bland annat:

- Exportkonsekvenser JAS39
- Materiella förutsättningar för flygtidsproduktion JAS39
- Kustbevakningen, Stöd vid upphandling av nya flygplan
- LFS02 Luftförsvarsstudien
- Internationella insatser JAS39 (SWAFRAP 39)
- Nytt underhållskoncept för Hkp
- FSR 890 (S100B) Reservmaterieldimensionering för nya fpl
- Flygbasbat04 Dimensionering och verifiering
- FSR 890 (S100B) Internationella insatser
- Internationella Insatser AJSF37 (SWAFRAP37)
- HKP10 Tillgänglighetshöjande åtgärder

Frågeställningarna i dessa studier har varit av skiftande karaktär, från frågor av mer övergripande karaktär, så som:

- Kan angiven driftprofil genomföras med befintliga underhållsresurser?
- Vilka resurser och förutsättningar krävs för att genomföra angiven driftprofil?
- Vad kan vi uppnå med befintliga resurser?
- Var ligger flaskhalsarna eller de kritiska faktorerna?
- Hur kan effekten, d.v.s. uppdragsproduktionen, tillgängligheten etc, förbättras? (antal resurser, transporttider, arbetstider, lånestrategier, organisation etc.)
- Hur bör underhållet realiseras, speciellt på främre nivå, för bästa möjliga effekt (per satsad krona)?
- Dimensionering av UH-strategi, underhållspersonal, gräns mellan bakre och främre uh m.m.
- Analys av konsekvenser på FM flygtidsproduktion för olika offererade och kontrakterade exportalternativ.
- Analys och förslag till åtgärder för att klara exportåtaganden samt eget flygtidsbehov
- Analys och framtagning av kostnadseffektivt underhållskoncept

Frågeställningarna har även berört betydligt konkretare detaljfrågor med direkt mätbara resultat, exempelvis:

- Dimensionering av underhållsresurser, transportbehov m.m.
- Analys av flygtidsproduktion och tillgänglighet för S100 och Tp100
- Bestäm förutsättningar för att genomföra X timmar flygföretag i Bosnien vad beträffar tillgång till bränsle, tekniker, piloter, flygplan, reservdelar, etc.
- Ta fram förslag på tillgänglighetshöjande åtgärder p.g.a. ökat flygtidsbehov
- Omdimensionering av reservmateriel pga. nyanskaffade fpl
- Utvärdering av olika åtgärder för förbättrad driftsäkerhet

För att dra några slutsatser om tillämpningsområden för ASTOR, så kan sägas att indata till modellen dels behandlar egenskaper för tekniska system så som felintensitet mm, och även egenskaper för underhållsorganisation och reservdelsförsörjning. De frågeställningar som varit aktuella berör dels utformning av underhållsorganisation, samt utvärdering av tekniska system. Vidare bör nämnas att de studier som varit aktuella är skarpa studier, dvs. resultatet från simuleringarna ligger till grund för beslut om anskaffning/avyttring såväl som organisationsförändringar.

4.3. SIMLOX - Simulation of Logistics and Operations

SIMLOX är en modell för simulering av drift och underhåll av både civila och militära tekniska system och för att beräkna olika typer av effektmått. SIMLOX kan till exempel användas för analys av systemtillgängligheten över tiden eller för dimensionering av underhållsorganisationer.

Modellen bygger på stokastisk händelsestyrd simulering och körs på persondatorer i MS Windows-miljö med indataparametrar i en tabellorienterad intern databas, som kan kopplas till externa databaser, t ex MS Access eller MS Excel. SIMLOX är programmerad i programspråken C++ och VisualBasic. SIMLOX marknadsförs av den svenska konsultfirman Systecon, ett personligt företag som även är delägare i det engelska systerföretaget Systecon UK.

Modellen tillhör en programsvit med ytterligare tre kompletterande program:

- OPUS10 – för analys och optimering av reservmaterialtillgång och UH-lokalisering
- MaDCAT – för analys av erfarenhetsdata
 - CATLOC – LCC-verktyg för kostnadsanalys (Life Cycle Cost)

SIMLOX kan användas separat men kan även betraktas som ett kompletterande program till OPUS10. SIMLOX-simuleringar kan till exempel användas för att utvärdera en viss UH-lösning ur ett antal föregående OPUS10-körningar, varvid

- stora delar av scenariot och indatastrukturen är gemensamma
- användargränssnitt till stora delar är identiskt
- direktöverföring av data är möjlig från OPUS10 till SIMLOX

OPUS10 kan då utnyttjas först för att jämföra olika alternativ och generera optimala och kostnadseffektiva lösningar. Därefter kan SIMLOX utnyttjas för att analysera tidsaspekter och uppskatta systemets effektmått (MoE). Kunder finns bland annat inom försvaret och försvarsindustrin samt transportsektorn och erfarenhet av SIMLOX-användning (liksom OPUS10) finns hos personal på både Systecon och FMV.

4.3.1. SIMLOX-scenario

I ett SIMLOX-scenario simuleras ett antal system som utför uppdrag i enlighet med givna driftprofiler och resurser. Fokus ligger på drift och underhåll av systemen och hur begränsade UH-resurser påverkar deras förmåga att uppfylla de givna driftprofilerna. Systemens underhållsorganisation och hanteringen av reservdelar simuleras med hänsyn till såväl transporter som reparationsaktiviteter. För varje verksam enhet finns ett antal föregivna uppdrag att utföras vid förutbestämda tidpunkter. I scenariot ingår dels beskrivning av underhållsorganisationen dels specificering av utbytes- och reparationsuppgifter och lagertransportaktiviteter. Vidare ingår resursbeskrivningar för personal, reparationsstationer, reparationsutrustning samt uppgifter om olika typer av begränsningar.

Driftprofilen utgör den centrala drivmotorn för alla aktiviteter i scenariot. I driftprofilen ingår olika specificerade uppdrag med schemalagda delaktiviteter som skall utföras inom ramen för den angivna underhållsorganisationen.

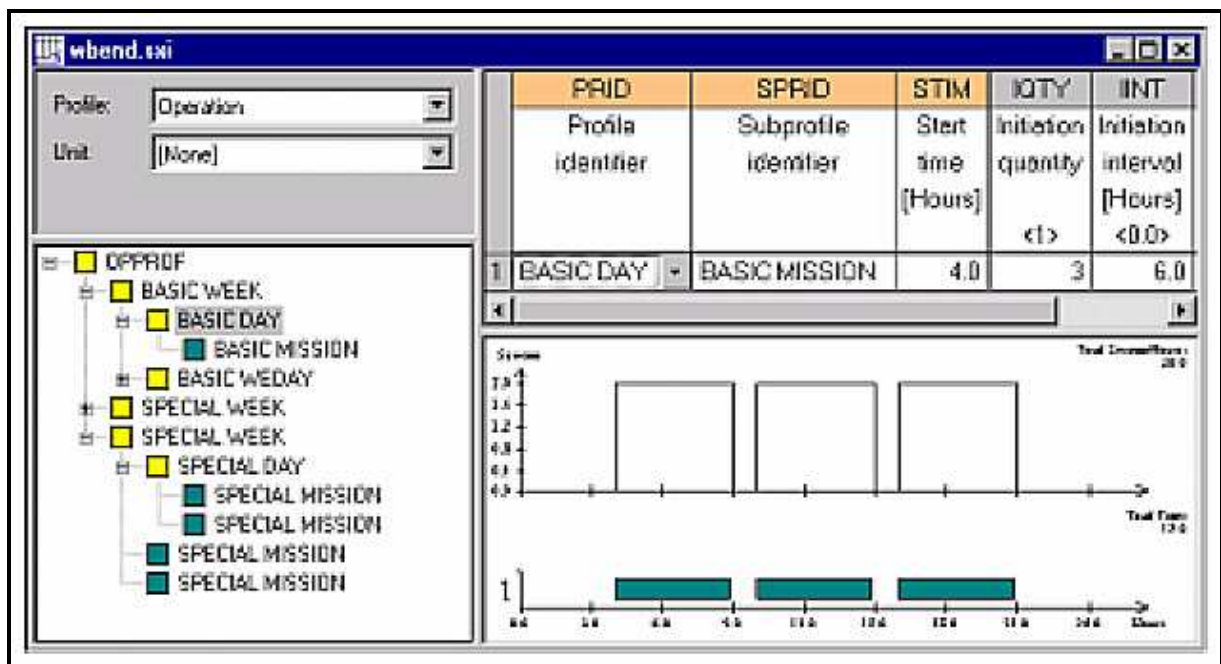


Fig 4.2. Driftprofil i SIMLOX. Driftprofilen kan användas för att exempelvis representera flygtimmar under ett uppdrag.

Systemen utsätts under uppdragen för fel, förlitningsskador och ackumulerar gångtimmar, (se Fig 4.2) men kan även utsättas för stridsskador. Felaktiga system skickas till en reparationsenhet som kan vara lokaliserad antingen vid utgångsstationeringen eller vid en annan tillgänglig reparationsenhet enligt underhållsorganisationsbeskrivningen. SIMLOX behandlar dock ej relativa geografiska positioner för uppdrag eller utgångsstationer, varför systemen måste återvända till sin hemstation efter fullbordade uppdrag.

Modellen opererar enbart i en analysmod och simuleringar upprepas ett antal gånger för beräkning av stokastiskt utfall. Under en SIMLOX-simulering beräknas olika effektmått (MoE) för systemen men inga kostnadsått. Vid dessa beräkningar tas hänsyn till tidsvariationer och effektmåtten kan presenteras som tidsberoende storheter inklusive konfidensintervall och percentiler för de viktigaste. Användaren kan välja att låta replikeringarna fortgå tills önskad konfidensnivå för visst effektmått uppnåtts. I SIMLOX finns även stöd för känslighetsanalys av olika inparametrar.

Exempel på dylika effektmått kan vara:

- Medelväntetid för reservdelar

- Medeltillgänglighetstid för system
- Antal tillgängliga system
- Risk för brist på reservdelar

4.3.2. Indata och resultat

I en SIMLOX-simulering utvärderas till skillnad mot OPUS10 ett scenario åt gången och resultatet är tidsberoende. Indata till SIMLOX anges i form av relationstabellvärden och lagras i en intern databas.

Indatauppsättningar kan anges för följande indatagrupperingar:

- System med systemstruktur och felprognoser
- Driftprofiler med uppdrag
- Underhållsorganisation med stationer och transportprofiler
- Underhållsresurser med underhållsaktiviteter
- Skador
- Reservdelslager och beställningar
- Transfereringar av tillgångar

Resultatet från en SIMLOX-körning presenteras via en inbyggd rapportgenerator i form av tabeller eller grafik och kan erhållas för valda parametrar ur samtliga indatagrupper samt för diverse härledda effektmått. För vissa av parametrarna kan såväl sammanfattade som enskilda resultat presenteras. Grafikresultat kan även omfatta konfidensintervall och organisationsstrukturer.

Exempel på resultatpresentationer:

- Förmågan att genomföra föreskriven driftprofil
- Systemtillstånd
- Systemtillgänglighet
- Otillgänglighetens orsaker
- Resursutnyttjande
- Lagermått

4.3.3. Tillämpningsområde

Tillämpningsområden för SIMLOX-modellen är exempelvis kravanalyser, offertutvärdering, resursfördelning, underhållsberedning, utbildning, beslutsstöd samt taktik- och organisationsstudier. I kombination med systemmodellen OPUS10 kan dessutom tillkomma att jämföra olika underhållsalternativ och att generera optimala och kostnadseffektiva underhållslösningar.

Exempel på möjliga kravanalyser:

- Andelen lyckade uppdrag skall överstiga 0.8
- Antal otillgängliga system per förband får ej överstiga 4 (med 90 % konfidens)
- Väntetiden på reservmaterial får ej överstiga 10 tim (med 80 % konfidens)

Exempel på möjliga systemtillämpningar, i planeringsfasen:

- För grovdimensionering
- Selektera mest kostnadseffektiva lösningar
- Trimma inledande underhållskoncept

I upphandlingsfasen:

- Evaluera alternativa resursallokeringar
- Detaljstudera långtidsaspekter
- Verifiera kravspecifikationer

I driftfasen:

- Lokalisera potentiella flaskhalsar i underhållsorganisationen
- Reallokera underhållsresurser
- Analysera förbättringsförslag

Genomgående:

- Komplettera OPUS10-analyser
- Analysera tidsberoende faktorer

Exempel på tidigare tillämpning (OPUS10):

- Saab reservmaterialhantering för JAS39-projektet

Exempel på stöd vid upphandlingar (OPUS10):

- FM upphandling av nya helikoptrar
- SJ upphandling av nya snabbtåg
- SL upphandling av nya tunnelbanevagnar

Exempel på SIMLOX-användare:

- FMV (Sverige)
- SAAB Aerospace (Sverige)
- SL (Sverige)
- RAF (UK)
- EADS (Germany)
- Lockheed Martin (UK)
- BAe (UK)
- Agusta Westland (UK)
- Fleet Air Arms (UK)
- MBDA (UK)
- DSTA (Singapore)

4.4. *FLexible Analysis and Mission Effectiveness System* - FLAMES

FLAMES är ett simuleringsramverk för simulering av komplexa militära scenarios på stridsteknisk/taktisk nivå. Ramverket tillhandahåller applikationer för scenariogenerering, exekvering, visualisering och analys. FLAMES är en kommersiell programvara, vars leverantör också tillhandahåller support, utbildning och utveckling av modeller till verktyget.

FLAMES är designat för att vara utbyggbart, i bemärkelsen att det finns en väl dokumenterad process för att bygga egna modeller som utnyttjar de av ramverket tillhandahållna tjänsterna.

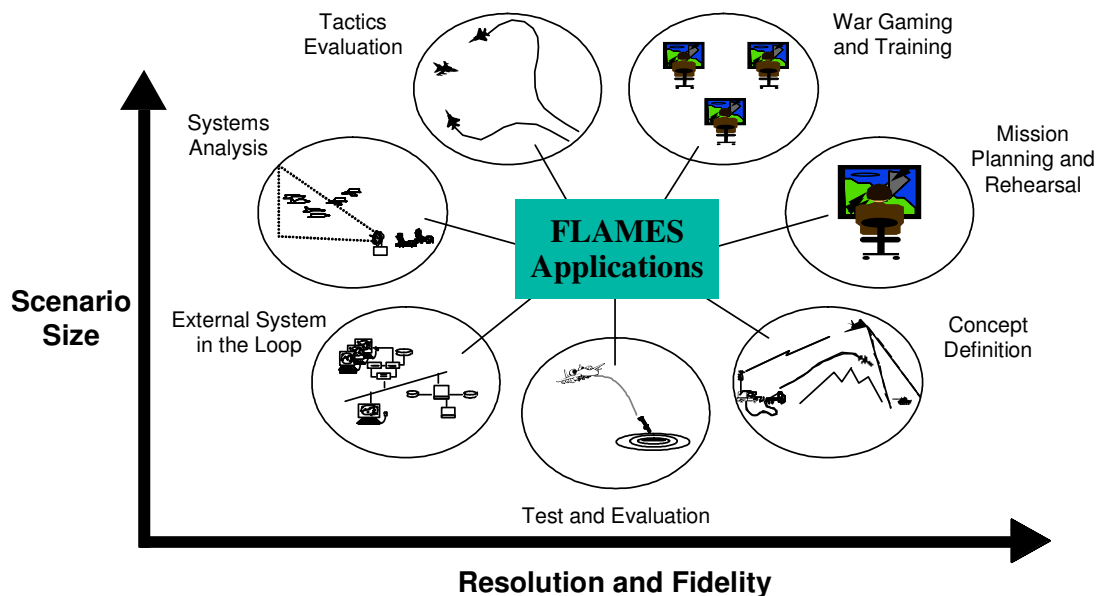


Fig. 4.3. Tillämpningsområden för FLAMES. Verktöget är tänkt att kunna användas till en rad olika typer av uppgifter, från studier till träning. Gemensamt för de olika tillämpningsområdena är att samtliga innefattar militära scenarios, med ett antal aktörer, där aktörerna består av teknisk utrustning tillsammans med ett beteende, som kan ges antingen av en modell eller man-in-the-loop.

FLAMES är ett av de kraftfullaste simuleringsramverken för simuleringar av många mot många dueller på marknaden idag. Det är utvecklat för att användas inom den militära sektorn och tillhandahåller åtskilliga användbara modeller inom området. Det klarar olika upplösningar, varierande och omfattande scenariostorlekar, se Fig 4.3.

FLAMES är även utvecklat för att kunna passa många olika syften såsom exempelvis krigsspel, systemanalys, taktisk utvärdering etc. Verktöget stödjer utöver modellering av fysiska egenskaper för olika materielsystem även beteendemodellering.

4.4.1. Tillämpningsområde

FLAMES var ursprungligen designat för modellering och simulering av luftstridskrafter, men på senare tid har verktöget utökats med funktionalitet för att möta de krav som ställs vid modellering och simulering av sammansatta markförband.

Vid FOI har FLAMES huvudsakligen använts för taktiska och operativa studier, med varierande frågeställningar. Det finns inget i ramverket som förhindrar även modellering och simulering av mer teknisk karaktär, liksom träning, dock har det inte funnits något behov av att göra det i FLAMES.

Arkitekturen för FLAMES sätter i sig ingen begränsning för användningsområdet, annat än MoS av militära operationer. Dock är de medföljande applikationerna anpassade för studier av komplexa scenarier, och i viss mån även träning. För att möta de krav som andra tillämpningsområden kan ställa är det fullt möjligt att modifiera alternativt utveckla nya applikationer.

4.4.2. FLAMES - Scenario

Ett scenario i FLAMES består huvudsakligen av ett antal aktörer (Units), och en omvärldsmodell. Varje aktör i scenariot består i sin tur av fysiska utrustningsmodeller, så som plattform, sensorer,

vapensystem, etc. samt en *uppgift*, som beskriver hur aktören skall agera under exekveringen av scenariot.

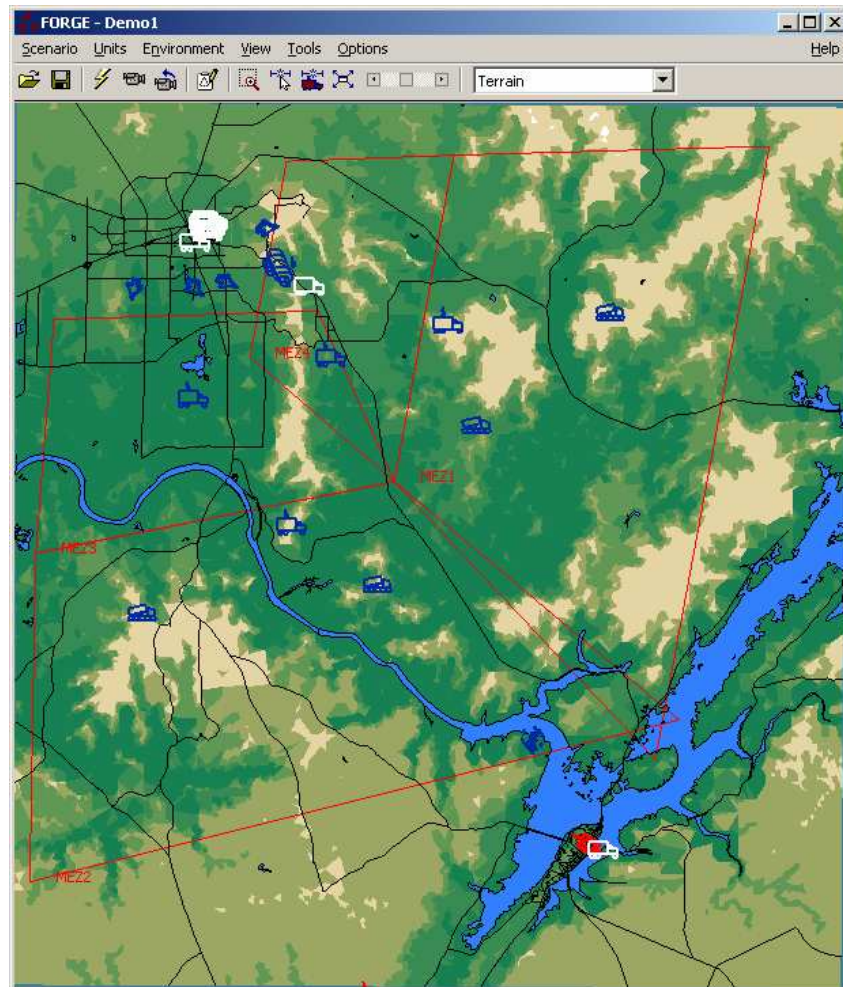


Fig 4.4. Scenarioeditorn i FLAMES. Ett FLAMES scenario med ett antal modellerade aktörer och omgivningsmodell. Terrängmodellen i FLAMES har under senare tid förfinats till att kunna innehålla vektordata som t.ex. markanvändning, vägnät och annan infrastruktur.

Under exekveringen kan olika aktörer interagera med varandra på olika sätt, till exempel kan de utbyta information med varandra, sensorer kan detektera andra aktörer, aktörer kan skadas/repareras och så vidare.

Omvärldsmodellen i FLAMES beskriver bland annat topografi, atmosfärsförhållanden, och kan även innehålla infrastrukturer så som vägnät, broar och byggnader, se Fig. 4.4.

4.4.3. FLAMES – Applikationer

Med verktyget följer med applikationer för:

- Scenarioeditering – forge
- Visualisering – flash
- Exekvering – fire
- Postprocessning – flare

De ovan nämnda applikationerna har funnits väl lämpade för bland annat taktiska/operativa studier, och är tämligen generella. För att effektivt kunna använda FLAMES till helt andra typer av

uppgifter, exempelvis som en del i en träningsimulator, eller till större logistiksimuleringar, behöver antagligen mer specialiserade applikationer utvecklas.

4.4.4. Aktörer och roller/uppgift

En FLAMES-aktörs uppgift modelleras med en uppsättning *processmetoder*, där varje sådan metod beskriver ett tillstånd för aktören, exempelvis en pilot i en duellsituation, och vad aktören gör i det tillståndet. Processmetoden (liksom alla FLAMES modeller) utvecklas i C eller C++

4.4.5. Utrustningsmodeller

Utrustningsmodeller i FLAMES används för att beskriva fysikaliska egenskaper för olika materielsystem, exempelvis sensorer, kommunikationsutrustning, såväl som fordon och flygplan.

Utrustningsmodeller kan göras generiska, dvs. med exempelvis en parametriserbar flygplansmodell kan en rad olika flygplanstyper beskrivas.

The screenshot shows a software window titled 'Platforms' with a menu bar containing 'Dataset' and 'Edit'. Below the menu bar is a toolbar with various icons. The main area is divided into several sections:

- Current Dataset:** Two text boxes containing 'FLAMES 5.1 Examples' and 'Red Platforms'.
- Name:** Text box containing 'MIG-29(FULCRUM)'. **Class:** Dropdown menu showing 'FQPFixedWing'.
- Identifier:** Text box containing 'MIG-29(FULCRUM)'.
- Loaded Platforms:** A list box containing various aircraft models: ACC, B-1, BOC, F-15, F-15C(EAGLE), FA, FC, HAWK, Helo, MIG-29(FULCRUM) (highlighted), Satellite, TEL, TU-26(BACKFIRE), Tank, Truck.
- Team:** Dropdown menu showing 'RED'. **Icon:** Text box containing 'MIG-29(FULCRUM)'. **3D Icon:** Text box containing 'MIG-29 (3D)'.
- Signatures:** Text box containing 'Air RCS'.
- Parameters:** A series of text boxes with labels and values:
 - Min Speed (Knots): 70.0
 - Max Speed (Knots): 914.0
 - Empty Weight (Lbs): 17250
 - Fuel Weight (Lbs): 19125
 - Max Thrust (Lbs): 36580
 - TSFC (Lbm/hr/Lbf): 0.000
 - Wing Area (Ft^2): 599.5
 - Drag Coefficient: 0.045
 - Max Lift Coefficient: 1.500
 - MaxG: 7.2
 - Roll Rate (deg/sec): 45.0
- Buttons:** 'Edit', 'Accept', 'Remove', and 'Close'.

Fig. 4.5. Generiska modeller som kan parametersättas för att avspegla det specifika systemet. Vilka parametrar som skall kunna ges till en modell av en viss klass bestäms av modellutvecklaren. Användaren har sedan möjlighet att välja namn och parametrar utan att behöva ändra i den bakomliggande modellen.

4.4.6. Utbyggbarhet

FLAMES består av en simuleringskärna, kernel, som tillhandahåller funktionalitet och tjänster genom ett dokumenterat Application Programming Interface (API). De modeller som utvecklas med FLAMES använder sig av detta API, och länkas sedan samman till applikationer.

Denna konstruktion gör ramverket flexibelt, i den bemärkelsen att modellutvecklaren har i det närmaste full kontroll över modellerna, men det blir också en komplex miljö för utvecklaren. För att använda de utvecklade modellerna krävs inte lika stor kännedom om ramverket, vilket tillåter att exempelvis analytiker själva kan sätta upp, exekvera och analysera komplexa scenarier utan att behöva ha kännedom om det underliggande API:et, se Fig 4.5.

Utformningen av FLAMES API styrs till fullo av leverantören, vilket emellanåt leder till begränsningar i vilken modellfunktionalitet som kan realiseras. För FLAMES har FOI haft ett gott kund/leverantörsförhållande, vilket genom åren lett till en rad smärre anpassningar och speciallösningar av FLAMES API för att kunna använda FLAMES till att genomföra föreliggande modellutvecklingsarbete.

4.5. Andra verktyg

Det finns idag ett antal kommersiella verktyg som till olika grad realiserar den funktionalitet som återfinnes i FLAMES. Några exempel på dessa är STRIVE, STAGE m.fl. Gemensamt för dessa är att de alla är kommersiella produkter, har mekanismer för integrering av egenutvecklade modeller samt applikationer för att sätta upp scenarier, visualisering, analys mm. De skiljer sig dock från varandra bl.a. med avseende på tillämpningsområde, domän och upplösning.

4.5.1. RAMLOG – Support Design Service Tool

RAMLOG är en modell för simulering av underhållskoncept för både civila och militära tekniska system och analysera problemställningar som behandlar tillförlitlighet, tillgänglighet, underhållsaspekter. RAMLOG medger även kostnadsanalys.

Modellen bygger på stokastisk händelsestyrd simulering och körs på persondatorer i MS Windows-miljö med indataparametrar i en tabellorienterad MS Access databas. Indata kan importeras direkt från externa databaser som följer standarden MIL-STD-1388-2B/DEF-STAN-0060 eller från MS Excel-data. Simuleringskärnan (SSM) i RAMLOG är baserad på den objektorienterade programutvecklingsmiljön eM-Plant som används framför allt inom civila fordons- och skeppsindustrin men som även har militära tillämpningar.

RAMLOG utvecklas och ägs av de engelska företagen BAE SYSTEMS och R&M Technologies och marknadsförs i Sverige av konsultfirman ProEra i samarbete med BAE. Dessa företag tillhandahåller även utvecklingsstöd för modellen.

Modellen kan användas för att till exempel:

- simulera och optimera understöds- och underhållskoncept
- analysera planer för anskaffning, lansering och drift
- modellera kostnadsanalys, tillförlitlighet, tillgänglighet och underhåll för system
- modellera drift- och underhållsscenarier

RAMLOG-användning kräver normalt stöd av leverantören vid uppbyggnad av ett visst simuleringsscenario. Därefter kan beroende på vald licensmodell kunden utföra indata- respektive vissa scenariovariationer med egen personal. Kunder finns framför allt i Storbritannien med tillämpningar inom försvaret, försvarsindustrin samt transportsektorn, men även svenska tillämpningar förekommer.

4.5.1.1. RAMLOG-scenario

RAMLOG-scenarier kan simuleras på två olika sätt, i en spel- respektive analysmod.

I spelmoden simuleras en enda realisering av en vald tidsperiod, varvid händelseförloppet kan följas och styras i detalj vilket exempelvis kan utnyttjas för kontroll av indatakonsistensen.

I analysmoden simuleras den valda tidsperioden ett upprepat antal gånger för erhållande av medelvärden och spridningsmått för resultatparametrarna och simuleringen kan följas tills en viss önskad statistisk signifikansnivå är uppfylld. I RAMLOG finns även stöd för känslighetsanalys av olika inparametrar.

I ett RAMLOG-scenario simuleras händelser som inträffar för ett antal system som utför uppdrag över tiden i enlighet med givna driftprofiler och resurser. Sådana händelser kan vara korrigerande underhåll av felyttringar, förberedande underhåll eller driftaktiviteter.

I scenariot ingår beskrivningar av driftprofiler, systemorganisationer och underhållsresurser och simuleringen kan ta hänsyn till underhållsplaner och logistiska fördröjningar för transporter av reservdelar och defekta komponenter mellan verkstadsenheter.

I RAMLOG kan kostnader associeras med såväl händelser som objekt såsom reservdelar, testutrustning, personal, bränsle, ammunition, etc.

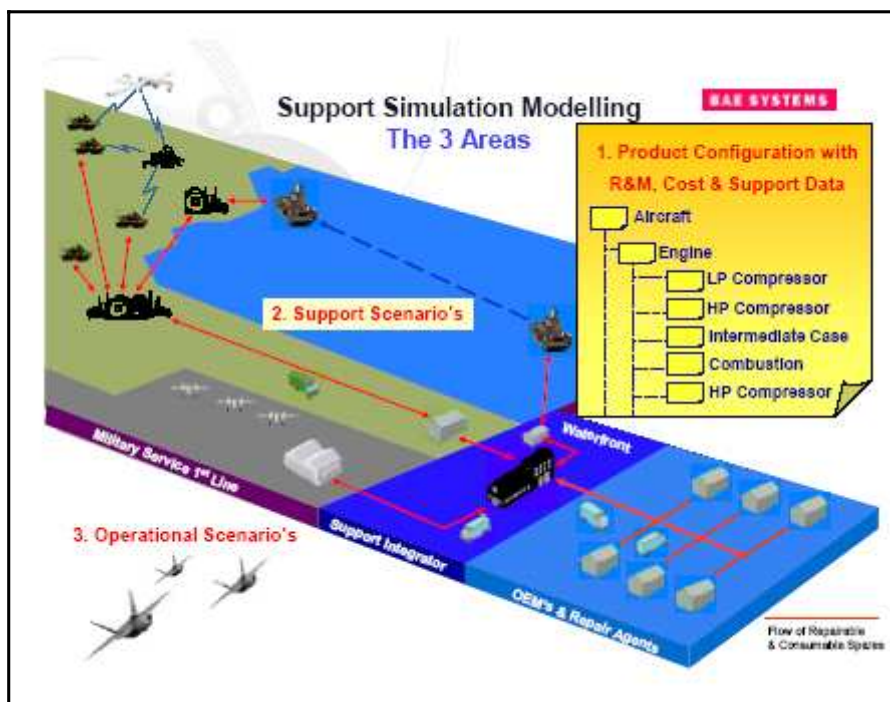


Fig. 4.6. Scenario enligt RAMLOG. Händelser kan i detta verktyg utspela sig på olika nivåer, från operativa militära händelser till vad som utspelar sig i underhållsorganisationen.

4.5.1.2. Resultatpresentation

Under simulering i spelmod kan diverse driftaktiviteter, händelser och ackumulerade kostnader visualiseras på olika sätt inklusive geografisk visualisering av lokalisering av reparationsenheter samt kontinuerlig visualisering av förflyttningar.

Som resultat från en RAMLOG-simulering i analysmod kan sammanfattad information erhållas från ett valt antal replikeringar om felyttringar med associerade underhållsaktiviteter och kostnader i tabell- och diagramformat.

Exempel på resultat:

- Tillgänglighet kontra kostnader
- Tillgänglighet över livscykel
- Erforderliga reservdelar
- Personalutnyttjande
- Utnyttjande av reparationsenheter
- Utnyttjande av reparationsutrustning

4.5.1.3. Tillämpningsområde

Med RAMLOG ges möjlighet att inledningsvis simulera ett antal alternativa underhållslösningar för ett visst system och jämföra dessa inbördes samt att identifiera deras kostnader. Därefter kan ett utvalt systems egenskaper optimeras efter något valt kriterium.

RAMLOG kan användas på olika sätt i olika faser under ett underhållssystemets livscykel. Under anskaffningsfasen kan simuleringar utföras för att bedöma systemets presumtiva tillgänglighet, under designfasen kan modellen användas för att optimera systemet och under den tidiga driftfasen kan effekterna av eventuella skillnader mellan uppmätta och prediketerade tillförlitlighetsdata analyseras.

Ett exempel på tillämpning kan för en underhållsansvarig vara att bestämma storleken på en underhållsresurs inför en planerad militär operation med minimerad risktolerans.

Exempel på brittiska RAMLOG-tillämpningar inom såväl land-, sjö- och luftvapengrenar:

- Astute Submarine
- Type 45 Destroyer
- Victoria Class Submarine
- Typhoon
- Watchkeeper UAV
- Future Carrier
- TRACER Vehicle
- Formation Battle Management System
- Pilot Direct Broadcasting System
- Combined Ariel Targeting Service (CATS)
- Maritime Afloat Resource & Sustainability
- Romanian Type 22 Frigates
- Malaysian Frigate

Exempel på svensk tillämpning (FMV):

- Stridsbat 90H: Support in Service

5. Nya behov

Den ominriktning av Försvarsmakten som påbörjats liksom förändringen av Försvarsmaktens uppgifter innebär också stora förändringar för logistikområdet. Vid medverkan i internationella insatser ställs helt nya krav på logistikfunktionen: Försörjning och underhåll ska utföras långt utanför våra landsgränser och resurserna måste samordnas med andra aktörer. För att behovssammansatta förband ska fungera ställs också nya krav på logistikfunktioner. En förändring av logistikens verksamhetsområde medför också att nya behov av modellering och simulering av området uppstått.

5.1. Fokuserad logistik

Begreppet Fokuserad Logistik används inom Försvarsmakten för att beskriva de nya krav som det framtida försvaret ställer på logistiken. Uttrycket kan härledas från konceptet "Focused Logistics", ett av de koncept som återfinns i USAs Försvarsmakts doktrinutveckling beskrivet i Joint Vision 2010 och 2020. Fokuserad Logistik kan beskrivas som NBF-tanken tillämpad på logistikområdet, där några av ledorden är flexibilitet, dynamik och behovsstyrning.

Logistiken måste inriktas på att leverera rätt resurs vid rätt plats och rätt tillfälle.

På den civila sidan har logistikutvecklingen på senare år varit kraftig. Utvecklingen har gått från att effektivisera det egna företagets försörjningskedja, över samordning av olika funktioner inom företaget till att nu gälla gränssytor mellan olika företag och aktörer. Det nya konceptet kan sammanfattas i benämningen Supply Chain Management (SCM), men delade meningar råder vad det står för. Enligt Tomas Ekström [10] kan det sammanfattas i:

- att fokusera på flöden av produkter
- att fokusera på slutkundens behov och krav
- att sträva efter att öka värdet för slutkunden
- att reducera totalkostnaderna inom försörjningskedjan
- att betrakta hela försörjningskedjan som en enhet
- att integrera de olika aktörerna i kedjan
- att ge högre prioritet till kedjans behov än till den enskilde aktörens behov

Ett sätt för försvaret att implementera Fokuserad Logistik kan vara att anpassa SCM till militära förhållanden, något som påbörjats i USA. En anpassning är att i krigssituationer effektivisera kedjan med avseende på tid, Velocity Management, i stället för till kostnad.

Liksom på den civila sidan måste lagerhållning minskas pga. ekonomiska skäl, man överger principen Just in Case till förmån för Just in Time, men också för att materielen tenderar att bli mer komplicerad och kostsam. Av effektivitetsskäl borde civila och även utländska leverantörer utnyttjas, men det kanske inte är möjligt i alla situationer pga. gällande lagstiftning och i en krigssituation olämpligt då militären ställer krav på kontroll av hela kedjan.

När försvaret inriktas på behovssammansatta förband i stället för det traditionella invasionsförsvaret får logistiken en mer framträdande roll. Möjligheten att kunna simulera olika scenarier kommer att bli viktig för att snabbt kunna dimensionera resurser i form av förnödenheter, reparationer och transporter.

5.2. Integrering av Mark, Sjö och Luft

I det nätverksbaserade försvaret agerar inte längre försvarsmaktsgrenarna separat utan integrerat med varandra. Det innebär att problemställningar som berör logistik också bör betraktas ur ett

integrerat perspektiv. Viss materiel kan nyttjas av fler, transporter kan ske samordnat och reparationsverkstäder samutnyttjas. Inom NATO har t ex fordon anpassats så att ett och samma bränsle kan användas för framdrivning av olika fordonstyper och därmed har man kunnat göra vinster i en förenklad logistik. Detta talar för att det finns behov av simuleringssystem som är gemensamma för alla försvarsgrenar.

Förutsättningarna för att beskriva logistikfunktionen i en simuleringsmodell skiljer sig något mellan de olika vapenslagen, och kanske främst i synen på hur logistikfunktionen är organiserad. Armén har två stora logistikenheter: teknisk skola i Östersund som utarbetar reglementen och genomför utbildning, samt terrängregementet i Skövde som handhar tekniska drift- och underhållsfrågor. Marinen har särskilda underhållsförband vid baserna i Karlskrona och Berga. Inom flyget är logistikfunktionen mer en del av den dagliga verksamheten. Flyget har även något mer specifika krav på underhåll än övriga system, reparationer kan inte utföras under pågående uppdrag medan ett fartyg på uppdrag i större utsträckning kan sägas sörja för sin egen drift och underhåll.

Med modellering och simulering av logistikfunktion som utgångspunkt är skillnaderna dock inte stora; i grund och botten är det för samtliga vapenslag fråga om tekniska system som samlar på sig drifttid och fel genom att användas på uppdrag, och skall repareras eller bytas, och en underhållsorganisation som skall utformas för att möta behoven.

För att kunna använda ett gemensamt simuleringssystem för de olika vapenslagen fodras dock en gemensam begreppsapparat, inte minst då man i en och samma simulering involverar modeller av flera olika vapenslag med skiftande upplösning och överensstämmelse med verkligheten.

5.3. Internationella insatser och avtalsbaserad resurshantering

Logistikstudier och analyser av underhållsbehov vid internationella uppdrag görs redan idag med bl.a. ASTOR. En aspekt som tillkommer vid internationella insatser är behovet av att kunna dela underhållsresurser mellan länder och organisationer.

I modellvärlden, kan man använda sig av en formalism för att beskriva avtal mellan länder och organisationer, tillsammans med respektive organisations interna underhållspolicy, för att beskriva hur resurser skall delas och vilka prioriteringar som skall göras, och även konsekvenser då någon part bryter mot dessa avtal. I ett forskningsprojekt på SICS har en formell metod [4] tagits fram för hur man kan hantera detta, visserligen med hantering av datorresurser som fokus, men metoden kan i teorin tänkas tillämpbar även för underhållsresurser.

Givet en formell metod för att beskriva avtal och konsekvenser mellan olika fristående underhållsorganisationer, är det fullt möjligt att även bygga en datormodell för att studera effekterna av denna; det har för datorresursfallet redan gjorts.

Men, det bör nämnas, att en verklig realisering av avtalsbaserad resurshantering vid bland annat internationella insatser också innefattar människors sätt att hantera olika situationer och förmåga att lösa problem genom att kommunicera med varandra, gör att en sådan modell endast avspeglar ett idealfall. För att beskriva hur individer reagerar i en verklig situation krävs vidare studier för att få en uppfattning om hur modellering och simulering kan användas för att besvara dessa frågor och samtidigt få en uppfattning om kvaliteten på resultaten.

Försök att implementera logistikfunktionalitet i en befintlig modell på operativ nivå har visat att det är fullt möjligt att realisera en modell av avtalsbaserad resurshantering i FLAMES. Dock har inga försök gjorts att realisera motsvarande modell i SIMLOX.

6. Värdering och jämförelser

Några av de mer framträdande fördelarna med att använda simuleringsramverk som alternativ till egenutvecklade modeller är bl.a. tid- och kostnadsbesparande; Det går förhållandevis snabbt att ta fram nya scenarios och modeller.

Ett storskaligt användande av simuleringsramverk inom en organisation ställer krav också på leverantören av verktyget såväl som den egna organisationen:

- **Kompetens och utbildning** – Stora och komplexa program och system tenderar ofta att kräva specialistkompetens. En god leverantör bör kunna erbjuda utbildning, och där så erfordras kan den användande organisationen behöva hålla sig med egen specialistkompetens.
- **Militär MoS vid ett försvar i förändring** ställer höga krav på anpassning av ett ramverk, antingen genom att tillåta att modeller utvecklas av andra än leverantören, eller att det är en väl definierad tjänst som leverantören tillhandahåller.
- **Risk för inlåsning** – Att förlita sig på en enskild leverantör av programvara och infrastruktur ställer höga krav på leverantören. Dels måste företaget vara såpass stabilt att det överlever, men samtidigt är det ofta viktigt att som kund ha inflytande över verktygets fortsatta utveckling.

Det finns ett antal olika säkerhetsaspekter som behöver beaktas. De bedöms dock inte ligga inom ramarna för denna studie. Dels datasäkerhetsaspekter – går det att på ett tillfredställande sätt använda verktygen i MoS verksamhet utan läckage av information från eller till simuleringssystemet.

Ytterligare en säkerhetsaspekt är hur resultatet av simuleringarna används – felaktiga resultat såväl som felaktiga bedömningar av resultat kan antas få förödande konsekvenser.

6.1. *Logistik och studier på taktisk och operativ nivå*

Simuleringsstudier på operativ nivå karaktäriseras ofta av att de frågor som skall besvaras är av det mer övergripande slaget; exempelvis hur länge kan vi hålla en viss försvarslinje, givet ett visst scenario, egna och angriparens styrkor. Dessa scenarier är ofta mycket komplexa i bemärkelsen att de omfattar många (100-tals) aktörer². En vanlig strategi för modellutvecklingen är att man eftersträvar att hålla de ingående modellerna så enkla som möjligt, dvs. inte innehålla mer funktionalitet än vad som behövs för att besvara den givna frågeställningen. De verktyg för analys och visualisering som används brukar också vara anpassade till frågeställningarna, som exempel kan ett analysverktyg för studier på operativ nivå på ett för användaren intuitivt sätt enkelt ge svar på frågan ”hur tidigt kan vi upptäcka en eventuell angripare”, men då på bekostnad av mer detaljerad information, exempelvis signal/brusförhållandet för en viss sensor i ett givet ögonblick. För storskaliga simuleringar på operativ nivå är det vanligt att de bakomliggande modellerna har en hög abstraktionsnivå, förenklat kan en sensor beskrivas med endast upptäcksradie och sannolikhet för detektion.

Simuleringsstudier för logistik i syfte att exempelvis estimeras reservdelsbehov, optimering av underhållsorganisation, etc. kännetecknas ofta av en hög detaljeringsnivå, och vikten av en god kvalitet på indata. Detaljeringsnivån bestäms till största delen av indata; oavsett detaljeringsnivå kan samma bakomliggande modell och analysverktyg användas. För tekniska system, exempelvis ett flygplan, kan medeltid mellan fel (MTBF) beräknas genom simulering av flygplanets ingående komponenter, och felsannolikheter för dessa.

² En aktör i sammanhanget kan sägas vara en enhet, exempelvis ett flygplan med tillhörande sensorer, vapensystem och pilot. En helt komplett ledningscentral kan också vara en aktör.

Det är i många fall önskvärt att kunna studera logistikens inverkan på den operativa förmågan, och även vilka krav som ställs på logistiken för att kunna lösa en viss uppgift. Detta är dock inte problemfritt då man är hänvisad till olika verktyg för logistikstudier och studier på operativ nivå, då man till stor del tvingas behandla problemet som två separata frågeställningar. Mycket kunde vinnas om man kunde införliva logistiksimuleringar direkt i de operativa studier som görs.

Att koppla samman modeller av olika slag på olika aggregeringsnivåer är dock inte trivialt. Dels krävs det att det finns mekanismer för kommunikation/datautbyte, t.ex. HLA. En annan förutsättning är att modellerna anpassas till att ha en gemensam aggregeringsnivå, dvs. en resurs i logistiksimuleringen, tex. flygplansindivid, måste ha samma innebörd i OA-modellen.

I en mindre skala, är det fullt möjligt att bygga ut simuleringsmodeller på operativ nivå med begränsad funktionalitet för logistik, vilket visas av det i [Appendix A] redovisade försöket. Genom att finna ett begränsat antal logistiska egenskaper för de i scenariot ingående aktörerna, kan modellen byggas ut med dessa. En svårighet i sammanhanget är dock att vilka logistikparametrar som behöver implementeras är beroende av scenario och den aktuella frågeställningen, vilket gör det svårt att identifiera en generell uppsättning logistikparametrar som kan användas i flera sammanhang. Att i större skala använda ett simuleringsramverk anpassat för studier på operativ nivå för att exempelvis estimeras reservdelsbehov vid en insats är därför svårt att motivera; den funktionalitet som då skulle behövas kräver mycket stora utvecklingsinsatser, och dessutom finns risken att verktyget blir alldeles för komplext och tungrott. Simuleringsverktyg och modeller för taktiska studier är i sig en komplex programvara, och kräver en betydande kunskap av användaren, inte minst för att bedöma resultaten från simuleringar. En utökning till att även innefatta logistisk funktionalitet, riskerar att göra modellen alltför komplex. Oliktigheterna i det sätt som modeller för logistiksimulering och modeller för operativa studier vanligen är utformade på medför att det är svårt att motivera en integrering av dessa, något som också antyds i [8].

Användandet av en verktygssvit som SIMLOX m.fl. eller RAMLOG för logistiksimuleringar till simuleringsstudier på operativ nivå kan i enstaka fall vara möjligt, då frågeställningen faller inom ramen för verktygets tillämpningsområde. Ett exempel på detta kan vara vilka krav som ställs på logistiken för att upprätthålla en given förmåga. En stor del av de frågor som behandlas vid studier på operativ nivå faller är dock inte möjliga att lösa på detta vis, då ett verktyg för logistiksimulering sällan eller aldrig är designat för att också kunna besvara frågor av typen "Hur tidigt kan vi upptäcka en angripare".

Även om dessa olika typer av verktyg inte ersätter varandra, kan mycket vinnas genom att utbyta data och resultat mellan logistiksimuleringar och simuleringar på operativ nivå. Exempel på sådana situationer är för att se vilka krav som ställs på logistiken för ett givet scenario, för att studera vilken effekt en förändring i underhållsorganisationen ger på den operativa förmågan, frågor som idag måste idag behandlas på olika håll. Genom att kunna utbyta data mellan dessa olika typer av simuleringar, finns det en möjlighet att förenkla och snabba upp studieprocessen, och inte minst öka förståelsen för logistikens inverkan på den operativa förmågan.

Behovet av att integrera logistiksimuleringar i studier på operativ nivå är hårt kopplad till hur studieverksamheten bedrivs. Även om det är fullt möjligt att genomföra en sådan integrering, är det ändå en betydande investering som inte minst påverkar vidmakthållande och anskaffning av modeller, såväl som behov av kompetenser. Därför krävs troligtvis att en gemensam modellerings- och simuleringsstrategi för såväl logistik som studieverksamheten anammar denna lösning, för att fullt ut kunna dra nytta av en sådan investering.

6.2. ASTOR

Bland fördelarna med ASTOR-modellen kan nämnas att den är användarvänlig och väl anpassad för den nuvarande svenska flygbasorganisationen, att den förvaltas av FMV som har personal som kan hantera den och att det svenska utvecklingsföretaget är tillgängligt och styrbart för såväl

simuleringsstöd som anpassning och vidareutveckling av modellen. En ytterligare fördel är att det finns färdiga databaser med erfarenhetsdata för typscenarior och att det finns rutiner i bruk vid flygförband för regelmässig insamling och rapportering av felstatistik. ASTOR har dessutom förvärvat ett gott rykte inom flygvapnet inom dess tillämpningsområde. ASTOR bedöms ha goda prestanda och därmed också god skalbarhet vad beträffar indatamängd. Med tanke på den stora omfattningen av genomförda ASTOR-studier bedöms ASTOR ligga relativt väl till ur värderings- och valideringssynpunkt. Funktionsmässiga fördelar är bland annat att modellen kan ändra indataparametrar inklusive simuleringssteget under pågående simulering. Modellen kan köras i simuleringsmod med visualisering av basernas och uppdragsmålens geografiska positioner vilket kan ge pedagogiska bidrag.

Bland nackdelarna kan framhållas att den är specialiserad för enbart flygvapenapplikationer och att den därmed inte är anpassad för att utgöra en integrerad modell för framtida applikationer med sammansatta insatsförband på vare sig nationell eller internationell nivå. Funktionsmässigt saknar ASTOR stöd för känslighetsanalys av inparametrar och är begränsad till endast en verkstadsenhet per bas samt hanterar enbart en flygplanstyp fullt ut i ett scenario. Flyguppslag beskrivs dessutom enbart ytterst schematiskt och har i modellen enbart uppgift som generator av reparationsbehov.

Eftersom ASTOR i senaste version är utvecklad i ett objektorienterat språk och utnyttjar en MS Access-databas bör möjligheterna för vidareutveckling av modellen vara goda. På grund av modellens starka specialisering mot dagens svenska flygbasorganisation bedöms den dock inte vara lämplig för att med rimlig insats generaliseras som ett enda verktyg för sammansatta operationer med samtliga vapengrenar. Eftersom den idag kan utnyttjas för att simulera underhållsaspekter vid flyginsatser med hkp och fpl39 på ett detaljerat och trovärdigt sätt, bedöms den dock vara intressant att vidmakthålla och underhålla för fortsatt utnyttjande inom sin applikationsdomän tills motsvarande tillförlitliga studier kan utföras med mera generella ersättningsverktyg.

Däremot har inte vid en översiktlig analys möjligheterna att vare sig koppla in delar av ASTOR eller att implementera logistikfunktionalitet på ASTOR:s detaljeringsnivå i en ramverksmodell förefallit särskilt utvecklingsbara. Den normala analysmoden i ASTOR, som är konstruerad att simulera hela uppdrag från början till slut och därefter presentera ett sammanställt ett stokastiskt utfall från ett stort antal upprepningar, erbjuder knappast möjligheter att avtappa delresultat från ett uppdrag till en pågående parallell ramverkssimulering. Vidare erbjuder den alternativa simuleringsmoden, som simulerar uppdraget med en enda slumpvalsdragning ur respektive indatafördelningar, ett alltför litet statistiskt underlag för att ligga till grund för beslutsfattande i olika faser i en ramverkssimulering. Vad beträffar alternativet att implementera motsvarande logistikfunktionalitet som i ASTOR i ett ramverk, så bedöms att ett införande av den mycket stora parameteromfattningen i en logistikmodell på ASTOR:s nivå skulle medföra en avsevärd ökning av komplexitetsgraden i ramverksmodellen, vilket kontrasterar mot ramverksfilosofin med en flexibel och effektiv simuleringsmiljö.

En vidareutveckling av ASTOR till att möta de nya behov som föreligger är inte aktuellt, frågan har redan behandlats av FMV. Dock finns det ett antal egenskaper hos ASTOR som bedöms ha betydelse för anskaffningsprocessen i sin helhet. Omständigheten att ASTOR-koden står till förfogande för forskningsexperiment medför att ASTOR fortfarande kan utgöra en lämplig kandidat för fortsatta studier tillsammans med ett generellt ramverktyg, men då för att i första hand närmare analysera dess eventuella roll som en nätverkskopplad leverantör av aggregerad logistikinformation till operativa ramverkssimuleringar med ingående flygenheter.

6.3. SIMLOX

Bland fördelarna med SIMLOX-modellen kan nämnas att den förefaller vara användarvänlig att hantera, åtminstone när kompletta indatunderlag finns. Att samla in kvalitativa indatuppsättningar och komponera relevanta studier kräver dock givetvis kompetens inom tillämpningsdomänen.

SIMLOX bedöms vidare ha goda prestanda och därmed också god skalbarhet vad beträffar indatamängd. Med tanke på den stora omfattningen av genomförda SIMLOXstudier bedöms SIMLOX ligga relativt väl till ur värderings- och valideringssynpunkt.

Ur generalitetssynpunkt är det en fördel att logistikmodellen SIMLOX inte är specialiserad till att simulera ett visst tillämpningsområde. Den är därmed potentiellt användbar för att analysera underhållsaspekter inom ett bredare spektrum av applikationsområden, såväl militära som civila. En ytterligare omständighet som ytterligare breddar dess användningsområde är att den ingår i en kompletterande modellsvit av program, inklusive optimeringsverktyget OPUS10 och kostnadsanalysverktyget CATLOC, med inbördes samtrimmade gränssnitt. Därtill är SIMLOX en svenskutvecklad modell utav en utvecklingsfirma som kan utföra anpassning av modellen till svenska förhållanden liksom biträda vid simuleringsuppdrag. Licenser för utnyttjande av modellen och personal som har erfarenhet av användning finns dessutom inom FMV för både SIMLOX och OPUS10. En funktionsmässig fördel som medverkar till användarvänlighet är att möjlighet finns att utföra känslighetsanalys av inparametrar.

Bland nackdelarna kan nämnas att SIMLOX-koden är företagsägd och att FMV, som en kund bland många andra såväl svenska som utländska kunder, inte har samma styrmöjligheter för anpassning till speciella militärtekniska behov jämfört med en modell som utvecklats behovsstyrt på FMV:s uppdrag. Funktionsmässiga nackdelar är bland annat att modellen inte kan ändra indataparametrar under pågående simulering och inte heller medger statistiska fördelningar för exempelvis reparationstidlängder. SIMLOX saknar vidare simuleringsmod med grafisk visualisering av simulerade enheters geografiska positioner.

Då SIMLOX är utvecklad i ett objektorienterat språk och har gränssnitt till en MS Access-databas bör möjligheterna för vidareutveckling av modellen vara goda. Eftersom modellen inte är specialiserad beträffande simulerad underhållsorganisations applikationsdomän bedöms den ha utvecklingspotential som ett tänkbart integrerat verktyg för simulering av underhållslogistik för operationer inom samtliga vapengrenar och därmed även för sammansatta insatsoperationer. Genom att SIMLOX ingår i en verktygsfamilj är redan en aspekt av utbyggbarhet uppfylld då kompatibla verktyg för optimering och kostnadsanalys redan finns att tillgå inom familjen. Modellen har använts i ett antal civila och militära studier och bygger på en för logistikdomänen väl etablerad statistisk algoritmgrund varför den givet relevanta indata bedöms ligga väl till ur värderings- och valideringssynpunkt.

Efter en översiktlig analys bedöms inte möjligheterna att vare sig koppla in delar av SIMLOX eller att implementera logistikfunktionalitet på SIMLOX detaljeringsnivå i en operativ ramverksmodell som exempelvis FLAMES vara särskilt stora. Den mycket stora parameteromfattningen i en logistikmodell på SIMLOX nivå skulle medföra en avsevärd ökning av komplexitetsgraden i ramverksmodellen vilket kontrasterar mot ramverksfilosofin med en flexibel och effektiv simuleringsmiljö. Ifall eventuella fortsatta studier för att närmare utreda om och hur en anpassning av en tillgänglig logistikmodell skulle kunna leverera logistikunderlag till en pågående ramverksstridssimulering utförs och visar sig framgångsrika, skulle erfarenheterna kunna användas för att beställa motsvarande anpassning av SIMLOX-modellen utav leverantören.

6.4. RAMLOG

RAMLOG-modellen har ej varit tillgänglig för praktisk uttestning i föreliggande studie, varför aspekter som användarvänlighet, prestanda och skalbarhet inte kunnat bedömas. Med tanke på den stora omfattningen av genomförda RAMLOG-studier bedöms den troligen ligga relativt väl till ur värderings- och valideringssynpunkt.

Ur generalitetssynpunkt är det en fördel att logistikmodellen RAMLOG inte är specialiserad till att simulera ett visst tillämpningsområde. Den är därmed potentiellt användbar för att analysera underhållsaspekter inom ett bredare spektrum av applikationsområden, såväl militära som civila. En

funktionsmässig fördel som medverkar till användarvänlighet är att möjlighet finns att smidigt utföra känslighetsanalys av inparametrar. RAMLOG erbjuder förutom en analysmod även en simuleringsmod med grafisk visualisering av simulerade enheters geografiska positioner samt kontinuerlig visualisering av förflyttningar.

Då RAMLOG är utvecklad i en objektorienterad programutvecklingsmiljö och utnyttjar en MS Access-databas bör möjligheterna för vidareutveckling av modellen vara goda. Utnyttjandet av en objektorienterad programutvecklingsmiljö (eM-Plant) i stället för direkt kodning i exempelvis programspråket C++ kan eventuellt medföra, att RAMLOG definitionsmässigt ligger närmare beteckningen logistikramverk än till exempel verktygen ASTOR och SIMLOX.

Genom att RAMLOG ingår i en modellfamilj är redan en aspekt av utbyggbarhet uppfylld, då kompatibla verktyg för optimering och kostnadsanalys redan finns att tillgå inom verktygsfamiljen. Modellen har använts i ett antal civila och militära studier framför allt utomlands och viket bör medföra att den kan bedömas ligga väl till ur värderings- och valideringssynpunkt förutsatt att den förses med relevanta indata.

Eftersom modellen inte är specialiserad beträffande simulerad underhållsorganisations applikationsdomän bedöms den ha utvecklingspotential som ett tänkbart integrerat verktyg för simulering av underhållslogistik för operationer inom samtliga vapengrenar och därmed även för sammansatta insatsoperationer. RAMLOG är dock ännu relativt oprövad för simulering av svenska militära underhållsverksamheter.

Som en väsentlig aspekt ur svenskt perspektiv kan konstateras att RAMLOG inte är en svenskutvecklad modell med en tillhörande nationell utvecklingsfirma, som kan utföra anpassning av modellen till svenska förhållanden. Däremot finns en svensk konsultfirma som kan biträda vid simuleringsuppdrag. RAMLOG-koden är företagsägd och FMV, som en kund bland många andra framför allt utländska kunder, har därmed inte samma styrmöjligheter för anpassning till speciella svenska militärtekniska behov jämfört med en modell som utvecklats behovsstyrt på FMV:s uppdrag eller en modell som utvecklas av ett svenskt företag.

6.5. FLAMES

Då verktyg för logistiksimulering skiljer sig markant från simuleringsramverk som FLAMES, är det svårt att motivera ett utvecklingsarbete för att ersätta ASTOR med FLAMES. Däremot, finns fortfarande behov av att kunna studera logistikens inverkan på den operativa förmågan (och vice versa, den operativa förmågans behov av logistik). Detta kan lösas genom att där så är möjligt, koppla samman dessa olika verktyg. En förutsättning är dock att finna en gemensam abstraktionsnivå för logistiksimuleringar och modeller som används i operativa studier.

Att återimplementera ASTOR i FLAMES är visserligen teoretiskt möjligt, men nyttan av ett sådant arbete är dock inte självklar. Som grund för en bedömning av förutsättningarna för en sådan ansträngning bör vara vilka typer av frågor som skulle kunna besvaras. En av de mer framträdande fördelarna med att använda simuleringsramverk är att reducera mängden kod som behöver vidmakthållas som berör infrastruktur och liknande. En integrering av ASTOR i FLAMES vore att bygga ut simuleringsramverket med en stor mängd funktionalitet på låg nivå, och därmed mindre önskvärt.

För den i Appendix A föreslagna realiseringen av det i [9] beskrivna scenariot kan huvudsakligen två typer av modeller härledas. Dels modellfunktionalitet som avspeglar fysiska egenskaper för plattformar och reservdelar, så som MTBF, MTTR m.fl., och dels modeller som avspeglar underhållsorganisation och ledning. En av de starka sidorna med FLAMES är att verktyget har bra stöd för att modellera ledningsfunktioner. Exempelvis möter implementering av resursledningssystem och mekanismer för avtalsbaserad resurshantering inga större hinder, dessa

faller väl inom verktygets tänkta tillämpningsområde. Även mobila reparationsförband låter sig beskrivas i FLAMES. En beskrivning av exempelvis MTTR/MTBF/... för ett antal olika komponenter är visserligen fullt möjligt, så länge det rör sig om ett mycket begränsat antal, men för den typ av logistikstudier som idag genomförs med ASTOR och SIMLOX, bedöms detta ligga utanför det tänkta tillämpningsområdet. Dels saknas stöd på låg nivå för den bakomliggande matematiken, och skulle kräva en utbyggnad av ramverket för att vara effektiv, och även gränssnitt och mekanismer för att hantera kopplingar till databaser för lagring av indata som verktyg för analys av utdata saknas.

6.6. Slutsatser

Nuvarande verktyg för logistiksimulering skiljer sig markant från simuleringsramverk avsedda för simuleringsstudier på operativ nivå. ASTOR, som under åren utvecklats för att svara på en viss typ av frågor för flygdomänen, SIMLOX som utvecklats för att besvara likartade frågeställningar utan den starka kopplingen till flygdomänen, skiljer sig från FLAMES, som i sig inte innehåller specifika modeller, utan är avsett som simuleringsmiljö och infrastruktur för militär modellering och simulering på taktisk/operativ nivå.

Förutsättningarna för att möta nya behov skiljer sig också mellan de olika verktygen. Ett egenutvecklat verktyg som ASTOR erbjuder stora möjligheter till kontroll av den fortsatta utvecklingen, men kan också bli kostsamt att underhålla. En kommersiell produkt som SIMLOX med en betydligt bredare användarbas har förutsättningar att bli betydligt billigare att vidmakthålla, men kräver någon form av arrangemang för att möta behov av specialanpassningar.

FLAMES är i första hand en kraftfull miljö för modellering och simulering på bl.a operativ nivå, men saknar idag en implementering av den funktionalitet som behövs för logistiksimulering och -analys.

Användandet av simuleringsramverk kan ge en rad fördelar jämfört med egenutvecklade modeller. Enligt den definition av simuleringsramverk som ges i avsnitt 4.1, kan SIMLOX inte anses vara ett simuleringsramverk, då möjligheten att anpassa bakomliggande modeller och indatatabeller saknas. Det bör dock sägas, att på övriga punkter finns många överensstämmelser, inte minst då leverantören erbjuder en hel verktygssvit för optimering, simulering och analys.

Behovet av att kunna förändra bakomliggande modeller, indatatabeller, etc. varierar naturligtvis från fall till fall. I det arbete som bedrivits vid FOI, har vi sett tydliga behov av att kunna förändra implementeringen av bakomliggande modeller. Möjligheten att kunna anpassa verktyget i såpass stor utsträckning är dock inte helt utan nackdelar; det krävs god kännedom om det aktuella verktyget såväl som domänkunskap för att kunna göra dessa förändringar. För att svara på frågan om hur anpassningsbart verktyget behöver vara krävs en djupare analys av det sätt verktyget är tänkt att användas i organisationen, och ligger utanför denna studie. Det är dock mycket troligt att behov av att påverka funktionalitet på denna nivå förr eller senare kommer att uppstå, inte minst då vi har ett försvar i förändring, samt då simuleringsmodellerna antas komma att användas för fler uppgifter än idag.

Att erhålla ett utbyggbart och anpassningsbart verktyg kan dock uppnås på flera sätt än genom att tillhandahålla mekanismer för modellutveckling och integration. Exempelvis kan leverantören eller annan part stå för all anpassning av verktyget. Att tillhandahålla kundanpassad vidareutveckling/anpassning bör dock vara en väl definierad tjänst hos leverantören, för att säkerställa att denna möjlighet finns.

För att kunna ersätta ett egenutvecklat verktyg, ASTOR med en kommersiell produkt som SIMLOX är det av stor vikt att klarlägga möjligheterna till specialanpassning, för att även på lång sikt kunna möta behov som inte är kända idag. Då en stor del av de logistikstudier som görs är skarpa, är det

viktigt att inte underskatta behovet av ackreditering. SIMLOX bedöms vara en kommersiell produkt som har potential att på sikt kunna ersätta ASTOR.

Modellering och simulering av avtalsbaserad resurshantering är inget som vare sig ASTOR eller SIMLOX har färdig funktionalitet att genomföra. I stället kan speciella anpassningar behöva göras. Det finns dock mycket kvar att göra på detta område innan det är moget för användning i simuleringsverksamheten.

7. Rekommendationer

Logistikfrågorna inom försvaret, och framför allt det framtida nätverksbaserade försvaret, är en mycket komplex frågeställning, där stora delar fortfarande är olösta. Modellering och simulering av logistik inom försvaret är därmed en minst lika komplex fråga, och som inte låter sig lösas enbart genom anskaffning av simuleringsverktyg. Syftet med denna studie har inte varit att ge en helhetslösning för hur det framtida försvaret bör utformas. Översiktsstudien av de behandlade verktygen och dess användning har ändå gett en viss insikt om vikten av det tas ett helhetsgrepp för logistik inom försvaret, där modellering och simulering är en naturlig och integrerad del, först när ramarna för verksamhet, uppgifter och organisation är väl kända, blir det möjligt att få en helhetsbild över behovet av simuleringsstöd, och därmed klarlägga vilka verktyg och kompetenser som behövs. Vi vill därför rekommendera:

- En ”Roadmap” över hur de visioner och idéer som finns idag kan förverkligas. I [1] redovisas ett arbete för att finna logistiska simuleringsbehov, men för att överföra dessa till behov av verktyg och kompetenser behöver de antagligen sättas in i sitt sammanhang, exempelvis som i [2] på ett mer konkretiserat sätt.
- En av grundtankarna med att använda kommersiella verktyg så som SIMLOX, FLAMES, m.fl. är att lägga ut ansvaret på att vidmakthålla verktygen på externa leverantörer. Det är ofta ekonomiskt fördelaktigt jämfört med att hålla sig med egenutvecklade verktyg, men det är inte alltid enkelt att samtidigt vidmakthålla den kompetens som behövs inom den egna organisationen. En strategi för vilken kompetens om de olika verktygen som behöver finnas inom den egna organisationen är ofta till hjälp för sådan långsiktig planering.
- Simuleringsstudier för logistik har bedrivits inom försvarssfären sedan många år tillbaka, och betydande investeringar i såväl programvara, simuleringsmodeller som kompetens har gjorts genom åren. Dessa investeringar behöver med stor sannolikhet vidmakthållas under ett antal år framöver för att stödja den dagliga verksamheten, och dra nytta av de gjorda investeringarna. De nya simuleringsmodeller som behövs för att möta kommande behov behöver förmodligen ett antal år av användning och utveckling innan de kan vara i skarp drift fullt ut.

8. Förslag på fortsatt arbete

Tidsramarna för denna översiktsstudie har inte medgett att gå på djupet i de olika problemområden som identifierats, men det finns ett antal kärnfrågor, som kräver forskningsinsatser för att klarlägga, och som antas vara kritiska för ett brett användande av modellering och simulering inom logistik för det framtida försvaret.

Logistiksimulering på operativ nivå – det arbete som gjorts visar att det finns åtminstone två sätt att angripa problemet, dels genom att finna en *minsta gemensamma nämnare*, mätbara storheter som är relevanta både för de logistiksimuleringar som görs i dag med ASTOR, och som också är applicerbara på simuleringsmodeller avsedda för studier på operativ nivå. Det andra alternativet är att koppla samman modeller för logistiksimulering med operationsanalytiska modeller med exempelvis HLA. Här behövs fortsatt arbete för att klargöra vilka frågor som en sådan federation skall ge svar på, inte minst för att motivera ett sådant arbete.

Logistiksimuleringar för att exempelvis estimeras reservdelsbehov vid en insats, har karaktären av att givet en stor mängd indata om *komponentegenskaper*, och en *driftprofil* som beskriver hur dessa komponenter utnyttjas, med hjälp av statistiska metoder ta fram det mest sannolika utfallet. En annan approach är att studera *flödet* av reservdelar och underhållsinsatser, och optimera effekten av flödet med avseende på nytta eller kostnader har stora likheter med reglerteori. Användandet av reglerteori för att besvara logistiska frågeställningar [12] är fortfarande till stora delar ett outforskat område, men kan ha stor potential för att lösa delar av logistikproblem, så som reservdelsförsörjning. En tänkbar fördel vore att hantera såväl en lavinartat växande komplexitet som osäker kvalitet på indata, men det finns med stor sannolikhet också problem att erhålla ett tillräckligt robust system. Ett lämpligt första steg vore att kartlägga tidigare arbete inom området, samt finna specifika problemområden där en sådan lösning kan vara tillämplig.

Avtalsbaserad resurshantering – Att ha en formalism för att beskriva avtal mellan olika koalitioner och policys för tillämpning av avtal är otillräckligt för att bygga en simuleringsmodell, inte minst då det ingår människor i systemet, som kommunicerar och löser problem på ett oförutsägbart sätt. En alternativ approach kan vara att studera hur befintliga FN/Nato avtal har tillämpats i verkliga situationer, för att på så vis få en uppfattning om i vilken mån man behöver ta hänsyn till människans agerande. En sådan studie är också en förutsättning för att kunna validera modellen.

Modellering och simulering av det nätverksbaserade försvaret - En stor del av visionerna kring det nätverksbaserade försvaret är ännu på konceptstadiet. Behovet av att modellera och simulera dessa koncept kan antas bli tydligare inom en nära framtid. För att logistiken skall kunna bli en central del av NBF, behöver den också få en framträdande roll inom MoS verksamheten. För att klarlägga hur modellering och simulering av det nätverksbaserade försvaret behövs fortsatt forskning.

9. Underlag, Källor & Referenser

- [1] FHS KVI FoU: *Simulering av logistikens förmåga att understödja sammansatta förband*, Försvarshögskolan, Krigsvetenskapliga Institutionen, 2003.
- [2] *Joint Vision 2010 Focused Logistics – A Joint Logistics Roadmap*
http://www.acq.osd.mil/log/logistics_materiel_readiness/organizations/lmr/assets/programs/focuslog.pdf
- [3] Håkan Andersson: *Har Försvarsmakten behov av simuleringssystem för logistik?* C-uppsats, 19100:2008, FHS. Stockholm, juli 2003.
- [4] *Bandmann m.fl: Decentralized Management of access Control, Feb. 2001*, Swedish Institute of Computer Science, Kista, Sweden.
- [5] Systecon AB: *SIMLOX User's Reference, Version 2.0*, 2004-01-13
- [6] FMV, *ASTOR – Air Force Simulation of Tactics and Operational Resources, Modell- och programbeskrivning*, 2004.
- [7] FLAMES Online Documentation, Version 5.1.1, Ternion Corporation, 2003
- [8] Hughes Wayne P (ed): *Military modeling for decision making*, 3rd ed., MORS, 1997
- [9] *Anabasis 0.3.1 Model Documentation*, 2003-09-29.
- [10] Thomas Ekström: *Supply Chain Management. En evolution inom den civila logistiken men en revolution inom den militära logistiken?* Memo 777, FOI. Stockholm, februari 2004.
- [11] BAE Systems: *Support Design Service Tool RAMLOG, Support Simulation manager and Simulation engine User Guide*, 1 March 2004
- [12] Stephen Baker, Peng Shi: *Formulation of a tactical logistics decision analysis problem using an optimal control approach, September 6, 2002, ppE82--E113*

Utöver ovanstående referenser så har mycket kunskap om de olika verktygen ASTOR, SIMLOX och RAMLOG samt dess användning inom FMV inhämtats genom Samtal med Sorin Barbici, Fredrik Boström och Göran Berg på Försvarets Materielverk, samt Göran Berggren från Trilogik.

Vi har även haft förmånen att delta i olika seminarier från bl.a. Systecon och SAAB, och diskussioner med AerotechTelub som givit oss en såväl bredare som fördjupad insikt inom området logistiksimuleringar, och även kännedom andra tillämpningar än de renodlat militära.

Vi vill även nämna Björn Backström från FOI som satt oss in i de mer övergripande frågeställningarna kring införandet av fokuserad logistik inom försvaret.

A1. Bakgrund	38
A2. Teknisk beskrivning	39
A2.1. FLAMES	39
A2.2. ASTOR	41
A3. Beskrivning av Anabasis modeller.....	42
A3.1. Flygbas	42
A3.2. Luftstridsledning	42
A4. Scenario	43
A4.1. Flyg	43
A4.2. Mark.....	44
A5. Härledning av modeller	46
A5.1. Flygbas 2	46
A5.2. Fpl Martin 21	47
A5.3. Kompani QN, (QT)	47
A5.4. Teknikvagn 1 (=Reparationsenhet QN)	47
A5.5. Bataljon VN.....	47
A5.6. Fordon DN (Övriga *N)	47
A5.7. Tankbil	47
A5.8. OPIL och SLC	48
A5.9. RLS	48
A6. Implementeringsförslag	49
A6.1. Reservdelar.....	49
A6.1.1. LOGFSparePart.....	50
A6.1.2. LOGFSupplyStore	50
A6.1.3. LOGF_PART_LIST	50
A6.1.4. LOGF_SUPPLY_STORES	50
A6.2. Resursledningssystem.....	50
A6.3. Diagnossystem.....	51
A6.4. Modifieringar i Anabasis.....	51
A6.5. Markförband.....	52
A7. Slutsatser.....	53

A1. Bakgrund

I syfte att undersöka möjligheter och svårigheter att använda ett simuleringsramverk för studier på operativ nivå (FLAMES), har ett försök att bygga ut en befintlig FLAMES -modell av flygbas med begränsad funktionalitet för logistik genomförts.

Fokus för arbetet har varit att finna möjligheter och svårigheter snarare än att åstadkomma en fullständig realisering, varför all funktionalitet och modeller som härletts inte har implementerats fullt ut, endast så mycket som behövs för *proof-of-concept*, att besvara frågan om det är lämpligt att använda simuleringsramverket FLAMES för logistiksimuleringar, genom att bygga ut en befintlig FLAMES –modell, Anabasis.

Den ursprungliga idén var att undersöka möjligheterna att integrera delar av ASTOR i FLAMES. Då vi under arbetets gång har insett att det krävs en betydligt djupare kännedom om ASTOR och dess programstruktur och uppbyggnad än vad vi haft möjlighet att tillägna oss inom tidsramarna för projektet för att kunna bryta ut valda delar, har vi valt att inte göra det då det finns en risk att felaktiga bedömningar görs på grund av bristande insikt i programstrukturen.

Den funktionalitet som behövs för en realisering av scenariot har härletts genom en analys av ett scenario som beskrivs närmare i avsnitt 4. Denna analys har sedan legat till grund för ett designförslag för hur modellerna kan realiseras i FLAMES. För en skarp realisering av erforderad funktionalitet, med hårda krav på modellerna, skulle det urval av modeller och den design som valts med stor sannolikhet varit annorlunda.

A2. Teknisk beskrivning

Såväl FLAMES som ASTOR, och inte minst den i FLAMES implementerade, befintliga flygbasmodellen har sina respektive tekniska egenskaper, och behöver beskrivas för att ge en mer detaljerad bild av förutsättningarna.

A2.1. FLAMES

Flames är ett simuleringsramverk som tillhandahåller en infrastruktur för militär modellering och simulering.

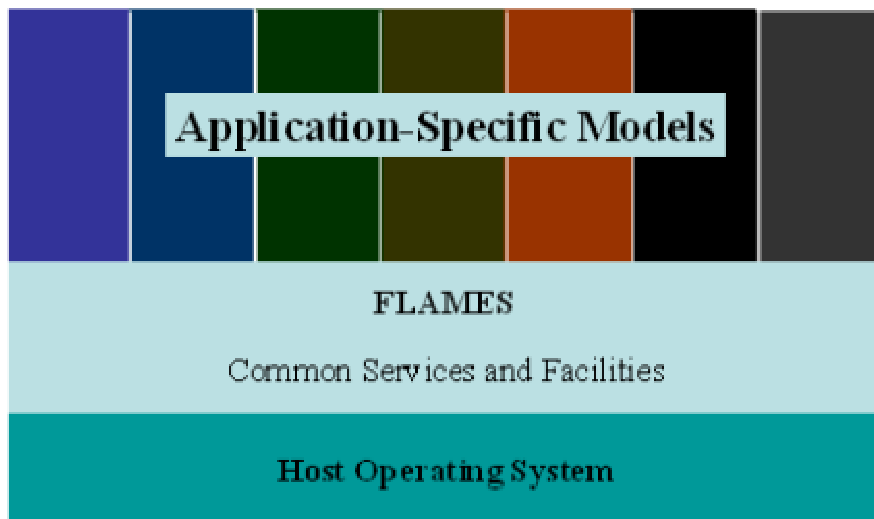


Fig 2.1. Relationen mellan modeller och kernel i FLAMES, samt underliggande operativsystem. Modeller utnyttjar endast kernelns funktionalitet och tjänster, och blir därmed inte direkt beroende av operativsystem. Modellerna är tänkta att utformas så att de utbyter data med varandra via kerneln, hellre än direkt med varandra. Flames-modeller är därför flyttbara mellan olika plattformar så som Unix-miljöer respektive Windows.

Simuleringsramverket består av en kärna, som tillhandahåller tjänster så som tidshantering, databashantering, objekthantering, mm, som vanligen behövs vid modellutveckling. Ramverket tillhandahåller också applikationer för scenariogenerering, -exekvering, -visualisering, -analys, och postprocessning.

FLAMES hanterar såväl tidsstyrda som händelsestyrda modeller. Tidberoende modeller är exempelvis dynamiska system så som plattformar som beskrivs med rörelseekvationer. En sammansatt FLAMES -modell utnyttjar vanligen både mekanismer för tids- och händelsehantering.

Egna modeller utvecklas i C eller C++, och länkas med FLAMES API ihop till applikationerna för scenarioexekvering, generering och analys. Modeller kan även utvecklas fristående, och kommunicera med FLAMES via DIS, HLA eller via ett klient/server gränssnitt.

FLAMES är objektorienterat uppbyggt, och de modeller som länkas in designas lämpligen så att de följer verktygets klasshierarki. De huvudsakliga klasserna används för att representera omgivning, utrustning, attribut, tjänst, meddelanden och beslutsprocesser.

Utrustningsmodeller följer lämpligen den hierarki som definieras av exempelmodellerna enligt bild 2.2, men kan även modifieras efter behov.

Modeller i FLAMES kan med fördel göras generiska, för exempelvis ett flygplan kan plattformsmodellen användas för att implementera rörelseekvationer och den matematiska modell som skall användas för att beskriva planet, för att sedan parametersättas till en specifik flygplanstyp. För att underlätta parametersättningen kan grafiska användargränssnitt (GUI) implementeras.

Indata till FLAMES är dels den modellfunktionalitet som implementerats, parametrar till de olika modellerna samt den kontext modellerna skall exekvera i, ett scenario. Utdata är i ett första steg rådata om vilka händelser som inträffat under exekveringen av scenariot. Dessa data kan sedan efterbearbetas för att besvara den ursprungliga frågeställningen.

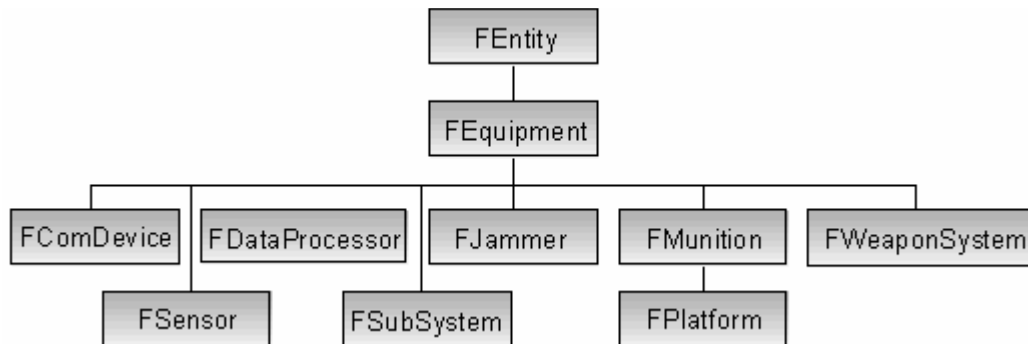


Fig 2.2. Del av FLAMES klasshierarki. Många av de i modellsammanhang vanligast förekommande modellerna av materielsystem kan härledas direkt från Fequipment, detta gäller exempelvis Sensorer, Flygplan, Markfordon, etc. Kognitiva modeller ärver inte metoder och attribut från en specifik basclass, då de i första hand är avsedda att beskriva en reaktion på en händelse, givet en viss context. Modeller som inte går att härleda direkt från Fequipment, och ändå representerar utrustning kan ärva från Fentity.

Flames representation av fysiska objekt har ett fokus på funktion och egenskaper, i termer av vilka operationer som kan utföras på objektet, och vilka är dess egenskaper.

Exempel vis skulle en FLAMES -modell av ett hus innehålla:

- Grafisk representation – ikoner för 2D och 3D visuallisering
- Placering – Punkt där huset är placerat
- Orientering

Ytterligare information skulle exempelvis kunna vara:

- Storlek, tex yttermått
- Antal fönster
- Antal våningsplan
- Skadmodell – hur huset påverkas av exempelvis olika vapen
- Tillstånd – oskadat, helt eller delvis förstört

Däremot skulle det vara mindre lämpligt att modellera huset med all den information som kan återfinnas i tex. en CAD-modell, där de olika väggarna i sin tur kan ha olika egenskaper, som mått, material och kanske även förmåga att stå emot splittr.

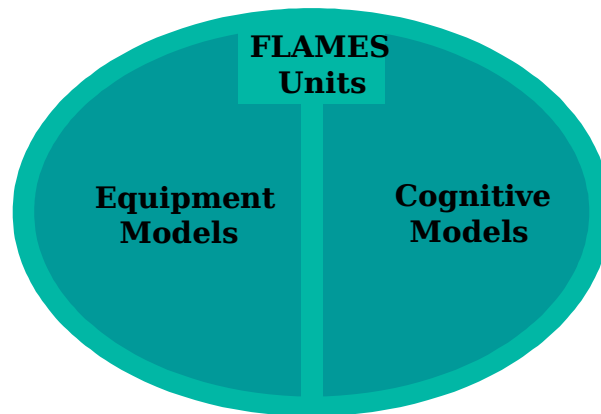


Fig 2.3. En aktör i FLAMES har en placering som representeras av en punkt utan utsträckning, dock går det att representera vissa fasta objekt så som broar, och vägar med vektordata. Till aktören knyts dels modeller som representerar fysisk utrustning, t.ex. sensorer och plattform, och modeller för hur aktören ska tolka sin omgivning och agera utifrån denna tolkning, sk. kognitiva modeller.

För logistik, så är det fullt möjligt att till en viss grad låta modeller besitta *egenskaper* som är av betydelse för logistiksimuleringar. Så länge det rör sig om en begränsad mängd egenskaper, är det också en framkomlig väg att implementera logistikfunktionalitet i FLAMES-modeller. Den modell av flygbas som beskrivs nedan skulle mycket väl kunna utökas till att innehålla bränsle- och reservdelsdepåer, seviceteam mm. Men, att låta exempelvis en modell av en flygplansplattform byggas upp av flera tusen inparametrar kopplade via olika databaser ligger långt utanför det tänkta användningsområdet, och kommer att medföra problem, bl.a. då modellen riskerar att bli alltför beräkningstung.

A2.2. ASTOR

Merparten av funktionaliteten i ASTOR beskriver det som utspelar sig på flygbaser, uppdragen är endast schematiskt beskrivna och genererar flygtimmar, vilket här är ekvivalent med underhållsbehov. Astor har också en betydande koppling till databaser, då modellen hanterar stora mängder data.

ASTOR saknar gränssnitt för att hämta in/leverera data till/från andra modeller. Det bedöms dock inte finnas några hinder för att implementera sådan funktionalitet, under förutsättning att de data som skall utbytas är kända. Att implementera ett generellt gränssnitt för att utbyta godtyckliga data är ett mycket omfattande arbete.

Astors historia av evolutionär utveckling för att möta behov av funktionalitet i modellen har medfört att det inte är trivialt att bryta ut enskilda bitar som flygbasen ur programmet, det har helt enkelt inte funnits behov av det. Även om det antagligen vore fullt genomförbart med rimliga medel, krävs djupare kännedom om ASTOR's uppbyggnad än vad vi har möjlighet att inhämta inom ramen för detta uppdrag. Astor är en fristående monolitisk simuleringsmodell, utvecklad i C++, och är uteslutande händelsestyr, även om tiden för händelserna naturligtvis tas i beaktande.

A3. Beskrivning av Anabasis modeller

Den modell som valts för implementering av logistikfunktionalitet är flygbasmodellen i Anabasis. Anabasis är en samling modeller som tagits fram vid FOA/FOI för simuleringsstudier på operativ nivå.

Modellen hanterar liksom ASTOR händelser som utspelar sig på en flygbas, som t.ex. klargöring av flygplan, men på en betydligt mer schematisk nivå än för ASTOR. Fokus ligger i stället på vad som utspelar sig när planen är ute på uppdrag, och de begränsningar i att leverera plan till dessa uppdrag som klargöring, tankning ger. Reparation och service av flygplan beaktas inte.

A3.1. Flygbas

Flygbasen är implementerad som en kognitiv modell. Tillsammans med modellen för klargöringstroppar är den ansvarig för att preparera och få upp flygplan, som sedan lämnas över till luftstridsledningen.

Några exempel på vad flygbasmodellen hanterar:

- Håller reda på flygplan och klargöringstroppar lokaliserade på basen
- Skapar flygplan och klargöringstroppar vid start av exekveringen
- Tillsär att flygplan på basen klargörs
- Håller reda på beredskapsgrad och säkerställer att planen har ledning
- Rapporterar status för basen till ledning
- Basen kan skadas, repareras och evakueras

A3.2. Luftstridsledning

Modellen för luftstridsledning beskriver en ledning ansvarig för allokering av flygplan att sätta in mot fiendliga luftburna hot. Genom att använda ledningscentralens sensornätverk, kan en aktuell hotbild användas för att allokera eget flyg. Luftstridsledningen är implementerad som en kognitiv modell, och är också ansvarig för omlokalisering av flyg och klargöringstroppar till nya baser vid eventuell evakuering.

Några exempel på vad modellen för luftstridsledning gör:

- Håller reda på flygbaser, plan, klargöringstroppar
- Håller en aktuell hotbild
- Håller olika zoner för prioritering av insatser
- Beordrar eget flyg att möta hotbild
- Omlokaliserar flygplan vid evakuering av baser

A4. Scenario

Detta scenario som beskrivs nedan är framtaget av FMV för andra ändamål än detta uppdrag, men tjänar här till att identifiera ett antal parametrar och händelser lämpliga för beskrivning i en simuleringsmodell. Den tolkning av scenariot som återges i detta kapitel är något reducerad, men torde ändå illustrera de viktigaste aspekterna av händelseförloppet.

Scenariot beskriver två situationer som uppstår vid en insats. Insatsen är definierat som en insats mot markmål som utförs av en militärstyrka bestående av: ett flygplan 39, med uppgift att spana mot markmål, en förstärkt mekskyttebataljon strf 90 med uppgiften att hålla en stridslinje med betäckningen 109, och en korvett Visby där det svenska stridsledningskommandot sitter.

Scenariot utspelar sig i en framtid där Sverige deltar i en internationell insats som en bidragande part, alternativt där Sverige uppträder enskilt i närområdet. Det råder inte krig men *role-of-engagement* (ROE) anger att förbanden har rätt att verka med våld för att försvara sig och det territorium som övervakas. Sverige deltar med mark-, luft- och sjöstyrkor och har även ledningsansvaret över sina egna trupper. Samt ligger det svenska stridskommandot under en internationell Stridsledningscentral som kan vara OPIL.

Den svenska stridsledningscentralen (SLC) befinner sig på ett Visby fartyg och får sin information via ledningssystemet som är intimt kopplat till både Multinationella ledningssystemet/OPIL. Ledningssystemet förutses vara integrerat även med det svenska logistiska ledningssystemet (RLS). Krigsarenan är geografiskt placerad nära havet.

Det finns i krigsarenan flera mekaniserade kompanier tillhörande olika nationer. Till varje nationell styrka är tilldelat ett område som skall skyddas och övervakas. I det svenska området befinner sig en förstärkt mekskyttebataljon strf 90. I krigsarenan, nära hamnen, finns placerade flera operativa logistikenheter tillhörande olika nationer. En av landningsbanorna (Flygbas 2) är i första hand avsedd för tillförsel av proviant och som bränsledepå för bränsle- och transportfordon. Där befinner sig även den svenska logistikenheten. Den består av en pansarterrängbil avsedd för transport av tekniker i krigsarenan, bilen kommer att vara utrustad med terminaler för kommunikation med RLS.

Resurserna är starkt optimerade för att minimera kostnaderna för insatsen men samtidigt bibehålla den önskade förmågan. Den operativa planeringen av insatsen kräver en verkansinsats mot ett specifikt markmål. Genom ledningssystemet identifieras de operativa resurserna och verkansmedlen. Behovet av olika resurser jämförs med andra behov i operationsområdet av det logistiska systemet och en lösningförslag finns till förfogande i OPIL och SLC. En simulering görs av insatsen i RLS för att hitta alternativa lösningar inom logistikområdet för dimensionering och realisering av det logistiska stödet. Dessa lösningar tillsammans med de taktiska förutsättningarna bildar grundunderlaget för beslut avseende verkansinsatser. All taktisk och logistisk information som behövs för analyser och simuleringar levereras genom ett virtuellt Web-baserat data-warehouse.

Analysen av scenariot syftar till att finna den minsta uppsättningen av entiteter och händelser som behöver implementeras. Scenariot är dock till stor del beskrivet i termer av förmågor och funktioner för enskilda enheter såväl som förband. Begreppen förmåga/funktion är inte implementerade i Anabasis.

A4.1. Flyg

Martin 21 lämnar startbanan för att genomföra sitt uppdrag. Martin 21 rapporterar ett fel i ett av planets sensorsystem. Flygplanetets inbyggda diagnosystem har redan detekterat ett utfall bland en av sensorerna. Systemet konfigurerar sig till en ny mod med lägre effekt men viss kvarvarande funktion. De taktiska planerarna får information om tillgängliga resurser som kan ersätta JAS-planet. Information ges också om när planet kan vara starkt igen. Rapporten har automatiskt genererats i RLS.

Stridsledaren flyg (SLF) ser förändringen i status. Han ställer frågan till Logistikchef – Tekniska Chefen - (TC) vad detta innebär för förändringar i Martin 21: s möjligheter att fullgöra sin uppgift. TC startar genast en analys av konsekvenser och vad som kan göras. Igen både simuleringar och realtidsinformation från Total Asset Visibility (TAV), leder till att den bästa logistiska lösningen väljs ut.

Därefter identifieras att uppgiften kan lösas tillfredställande för denna uppgift om flyghöjden sänks med 50%. Riskerna för det nya uppträdandet värderas mot att få en informationsbild. TC kontakter SLF och föreslår en ändrad flyghöjd för att kunna lösa uppgiften. SLF ger den ordern efter samråd med chefen för insatsen i sektor Öst (CI).

Genom det nya uppträdandet ökar bränsleförbrukningen. Genom diagnossystemet har också en felorsak med stor sannolikhet pekats ut. Det innebär att ett processorkort nr 4 behöver bytas ut. Detta finns inte vid den ursprungliga basen. En sökning efter komponenten görs och det visar sig att den finns i närheten av Flygbas 2 i det södra området av sektor Adam. Komponenterna befinner sig i ett transportfordon tillhörande en annan nation som deltar i insatsen och är på väg till Flygbas 2. Transportfordonet beräknas nå Flygbas 2 inom 20 minuter. En begäran skickas automatiskt via den inbyggda Avtalbaserade Resurshanteringsystemet till den allierade nationens motsvarande system. Begäran bekräftas och tillgång till komponenten godkänns.

Ett förslag på att landa vid Flygbas 2 samt att nyttja Teknikvagn 1 för reparationen med tekniskt systemstöd på distans diskuteras. Teknikvagn 1 och Tankbil befinner sig redan på Flygbas 2.

En beräkning avseende bränsleförbrukningen för JAS och möjligheten att fylla på bränsle genomförs, och behovet beräknas. Beslutstödssystemet har grundat sin rekommendation på de senaste existerande beräkningarna om tillgängliga bränsleresurser, teknisk personal, nödvändig underhållsutrustning, tillgång på reservmateriel.

TC J4 kontakter SLF och redovisar förslaget. Information skickas även till Transportledaren och Försörjningsledaren. Här kommer en kort dialog mellan SLF och TC. CI deltar i redovisningen och beslutar sig för att genomföra detta. SLF ger order till Martin 21 att landa på Flygbas 2.

TC ger order till Teknikvagn1 att invänta och omhänderta komponenten från transportfordonet samt att kontakta och begära stöd från den internationella klargöringstropp som finns på Flygbas 2 som en gemensam resurs. SLF föreslår för CI att Martin 21 får ett nytt uppdrag om det kan repareras inom den tidrymd som har angetts av TC J4. CI bifaller det och ger uppgiften till J5 Flyg. Dessa tar fram förslag på ny flygväg och nya mål att undersöka i sektor Adam.

Transportfunktionen och försörjningssystemet har mottagit ordern. Beställning av Tankbil och bränsle genomförs i systemet. Transportledare och försörjningsledare tar kontakt via nätet och klarar ut ansvaret.

JAS-planet får information om sin nya landningsplats. Teknikvagn 1 tar emot komponenten och kör sedan mot landningsbanan för att invänta JAS-planet. Strax därefter går flygplanet in för landning. På plats finns då redan tankbil och klargöringstropp. Reparation påbörjas. Under reparationen får teknikern information om de åtgärder som han måste utföra samt testa varje steg i reparationsarbetet. Han begär hjälp via nätet som även kan logga hans åtgärder. Under tiden tankas flygplanet upp.

All information på de utförda arbetena sparas i diagnossystemet för senare analys hos FM och leverantören. I SLC omarbetas den tekniska planeringen, med utgångspunkt i reparationstiden. SLF ger ordern som föredragits för CI. Ny flygväg och uppgift överförs till JAS-planet. Martin 21 vänder om på landningsbanan och startar sitt nya uppdrag.

A4.2. Mark

Inne i vagn David Niklas arbetar vagnschefen med att få fram målbildsoleatet. Vagnchefen rapporterar till QN1 att han har problem med målbildsoleatet. Samtidigt sker automatiskt

rapportering i fordonets diagnossystem till ”nätverket” att problem finns i ledningssystemet för fordonet.

Informationen om att felfunktion upptäcks rapporteras upp för stridsledare och för Teknisk Chef. Informationsspridningen visas och till vilka system informationen når. Rapporten har automatiskt genererats i logistikledningssystemet. En bedömning av läget startas i Logistik systemet. Baserat på tillgänglig information föreslås olika lösningar.

Baserat på förslagen simuleras olika lösningar med förslag på optimal reallokering av resurser. Simulerings- och diagnossystemen får information från logistikledningssystemet (beslutsstöds- och resurssystemen).

TC meddelar CI att QN har ett ledningssystem i ett av fordonen som inte fungerar, och att dei i sämsta fall får konsekvensen en nedgång med 45%.

Order ges till reparationsenhet QN att ta sig till punkt 22 vid vilken fordonet David Niklas kommer att möta upp. Reparationsenheten delges informationen om diagnosen och kan börja läsa in sig på hur reparationen bör genomföras och vilken felsökning som bör göras efter reparation. David Niklas delges informationen var reparationsresurs kommer att befinna sig och från vilka tider.

Teknikvagn 1 och David Niklas har anlänt till punkt 22, och teknikern kryper in i vagnen. Väl inne i vagnen kollar han att han har kontakt med teknikbilen. På sin datorskärm kan han se system föraren.

Teknikern får problem med felsökningen och kopplar därför upp sig mot TC för råd. (Han befinner sig i J4-cellen i SLC, Kv Visby) TC J4 svarar att en specialist kan finnas tillgänglig vid behov. Teknikern kopplas upp till specialist och mot tilläggsinformation angående det felande oleatet.

Specialisten konstaterar att det behöver göras en felsökning i elektroniklåda 3. Med stöd av datasystemet som pekar ut demonteringsmetodikerna öppnar teknikern lådan, och med fortsatt stöd sker felsökningen i lådan.

Teknikern har kommit fram till att det är kretskort 2 som är orsaken till oleatfelet hos David Niklas. Med hjälp av IR-scanning har den felaktiga komponenten identifierats. Kretskortet ingick inte bland de reservdelar som identifierades som möjliga i initialskedet.

Teknikern kontrollerar var närmaste kretskort finns att tillgå. Begäran om tillgång på kretskort 2 skickas i nätverket. Resursledningssystemet identifierar närmaste plats som kortet finns på och det visar sig att transporten till punkt 22 skulle ta ytterligare 2 timmar. En annan lösning på problemet måste hittas.

Med stöd av systemet kan funktionalitets begränsningar i kortet avgöras och ett annat, liknande kort, som ger mindre funktionsbegränsande fel kan användas. Specialist övervakar arbetet via nätet och är redo att ingripa i fall det skulle behövas.

Teknikern får digitalt förslag från specialisten som konstaterar att felsignalen för det ”mindre” felet kan kopplas bort med en bygling. Hos teknikern i QN har den systemansvarige kopplats upp, informerats och han har beslutat att godkänna den tekniska anpassningen. Som reparation skiftas korten. Teknikern utför byglingen och återmonterar lådan. Systemet återstartas och provas.

A5. Härledning av modeller

I det beskrivna scenariot utspelar sig bland annat följande händelser som bedöms ha stor betydelse för modelleringsarbetet:

- StriC: Få upp Fpl Martin 21 från Flygbas 2 för markspaning i sektor Adam
- Transportfordon Med Kretskort 2 på väg mot Flygbas 2.
- Martin 21 Rapporterar Fel på markradarn till RLS, TC och SLF. I felmeddelandet ingår även vilken komponent som behöver bytas ut.
- RLS Meddelar TC ut att tillgänglig komponent finns vid Flygbas 2, och ev andra platser. *Ett antal alternativ*
- TC Väljer ett av dessa och vidarebefordrar till SLF
- SLF Tar ner Martin 21 till Flygbas 2 och ger order om reparation till Martin 21 och Teknikvagn1.
- Teknikvagn1 Reparerar Martin 21

Dessa händelser kan generaliseras och kompletteras:

- Spaning med markförband
- Diagnos av komponenthaveri
- Reparation
- Rapportering av läge till OPIL
- Verkansinsats mot specifikt markmål
- Spaning med flyg
- Transport till reparationsplats

Följande entiteter behöver beskrivas:

- Ett flygplan 39, som kan spana mot markmål
- Område som skall skyddas och övervakas tilldelas nation (109)
- En förstärkt mekskyttebataljon strf90
- Operativa logistikenheter, tillhörande olika nationer
- Svensk logistikenhet bestående av terrängbil, tekniker och terminaler
- Flera landningsbanor i området
- Tankbil
- Klargöringstropp
- En Svensk StriLC belägen på en korvett visby
- Diagnossystem
- Markradar (39)
- Resursledningssystem
- Processorkort
- Kretskort

För att byta/reparera en komponent krävs även en viss kompetens för att kunna utföra reparationen, vilket vi bortser från i denna ansats.

A5.1. Flygbas 2

Befintlig modell av flygbas i Anabasis borde kunna användas utan modifiering. Den funktionalitet för att skicka upp flygplan på patrulluppdrag som finns tillgänglig kommer väl till pass här.

A5.2. Fpl Martin 21

Befintlig flygplansmodell i Anabasis kan användas, dock med viss modifiering. De flygföretag som genereras av basen allokeras dynamiskt, och 'städas bort' vid landning alternativt nerskjutning. Logistiken ställer krav på att identiteten för flygplansindividerna bibehålls, då det inte är *ett* flygplan som skall servas, det är *det* flygplanet som skall servas/repareras.

Flygplansmodellen måste också utökas till att innefatta delar som kan gå sönder. Dessa delar kan antingen knytas som attribut till Aktören, eller dess plattform. *Vi talar här om ett mycket begränsat antal delar.* Fel och reparationsbehov för dessa delar kan här triggas via script, även om det i förlängningen vore naturligt att detta styrs av exempelvis drifttiden. En modell (processmetod) för att propagera vetskapen om att fel uppstått till RLS med flera behövs också.

- Det mest logiska, vore att definiera en utrustningsklass, FRepairablePart, som sedan skulle kunna adderas via script.
- Som ett attribut, där en attributklass AttributeList definieras.
- Som en tabell i unitdatabasen.

A5.3. Kompani QN, (QT)

Markförband saknas i Anabasis, eventuellt skulle det gå att finna lämplig implementering på annat håll inom FOI, men för det aktuella syftet bedöms det inte behövas. Problematiken för implementering av logistikfunktionalitet belyses väl av flygfallet.

A5.4. Teknikvagn 1 (=Reparationsenhet QN)

Reparationsförbandet kan inte bortses från, det måste finnas. Denna enhet behöver dock inte implementeras som en autonom enhet, det bedöms vara fullt tillräckligt om den kan ta emot order att gå till viss plats och utföra viss reparation på given plattform.

Ett reservdelslager måste definieras, som dessutom kan lokaliseras till ett fordon. Operationer för att fråga reservdelslagret om dess innehåll, position och beräknad tid för transport till koordinat måste implementeras.

A5.5. Bataljon VN

Denna enhet är visserligen viktig för scenariot i sin helhet, men för att belysa implementering av logistik, spelar den en mindre roll, och lämnas därhän tills vidare. Den kan dock finnas med i scenariot som en grupp av fordon, men då styras hårt via script. Modellering av markförband och bataljoner är i sig en uppgift som behandlas på andra håll.

A5.6. Fordon DN (Övriga *N)

Som ovan.

A5.7. Tankbil

Tankning av flygplan görs i Anabasis uteslutande på basen, dock är inte den processen modellerad på den nivå att det ingår en tankbil. Här behövs en särskild modell som kan klara av operationen att fylla på bränsleförrådet hos en annan plattform.

Hantering av bränsleförsörjning är ju per definition en del av logistiken i ett krigsscenario, men det bedöms ligga utanför fokus för detta arbete; att hantera underhållsorganisation och reservdelsförsörjning.

A5.8. OPIL och SLC

På samma sätt som för bataljonen VN, har OPIL en central roll i scenariot, men för modellering av underhållsorganisation och reservdelslager en underordnad betydelse. Vi vet redan att OPIL går att modellera i FLAMES, därför väljer vi att inte göra det här.

Stridsledningcentralen är i scenariot direkt involverad i bedömningen av reparationsalternativ, då störningen förändrar den operativa förmågan och därmed måste prioriteringar göras. Att modellera SLC och RLS för att uppfylla den funktionalitet som nämns i scenariot är dock en förhållandevis stor utvecklingsinsats, därför borde den funktionalitet som berör prioritering av reparationsalternativ samlas på ett ställe.

Den modell för stridsledning som finns i Anabasis bedöms fungera bra för att hantera situationen i scenariot i övrigt, och kan med fördel användas utan modifieringar till just detta. Dock kan viss modifiering av funktionen för att avbryta flyguppdrag behövas.

A5.9. RLS

Resursledningssystemet, RLS, finns av naturliga skäl inte implementerat i Anabasis, då det inte ens i verkligheten existerar ett sådant system. Det går dock att realisera på samma sätt som en modell av en ledningscentral, med ett antal processmetoder, tabeller och meddelanden. Resursledningssystemet implementeras med fördel som en kognitiv modell, och behöver åtminstone funktionalitet för att:

- Ta emot felmeddelanden från aktörer vars plattform behöver reparationsåtgärd
- RLS behöver känna till alla reservdelslager i scenariot
- När behov av en reparationsåtgärd uppstår, behöver RLS göra en kombinatorisk sökning som tar fram möjliga reparationsscenarioer, och välja ut en lämplig plats för reparation. Val av reparationsscenario behöver kunna optimeras med avseende på antingen tid eller kostnad.

Denna funktionalitet är dock inte trivial ens i det enklaste fallet. Då vi har såväl mark som flygfall, behövs ett antal olika restriktioner för reparationsscenarioer, exempelvis kan flygplan bara landa på baser, även om det vore både billigare och snabbare att ta ner planet i närheten av reparationsförbandet. Sådana restriktioner tenderar ofta att implementeras i kod, om det inte är motiverat att ta fram en mer generell modell för att beskriva just restriktioner.

För att kunna optimera med avseende på kostnader, behövs en kostnadsmodell tas fram. Den kan visserligen göras mycket enkel, men som ett minimum behöver kostnad för transport, materiel och mantimmar antagligen ingå. Denna kostnadsmodell appliceras lämpligen på alla i scenariot ingående aktörer, så att resursledningssystemet kan fråga varje aktör om kostnaden och tid för förflyttning.

Ett antal olika meddelandemodeller behöver tas fram, dels för att vetskapen om att ett fel har uppstått hos en aktör skall kunna propageras till resursledningssystemet, men även för att RLS ska kunna dirigera aktörer till platser för reparation, ge order om reparation och service, fråga om tid och kostnad för förflyttning till given plats.

A6. Implementeringsförslag

Den funktionalitet och de modeller som erfordras enligt föregående avsnitt kan realiserars på ett flertal sätt. Avsikten med detta kapitel är att ge översiktliga förslag på möjliga implementeringar, snarare än att utgöra en fullständig dokumentation.

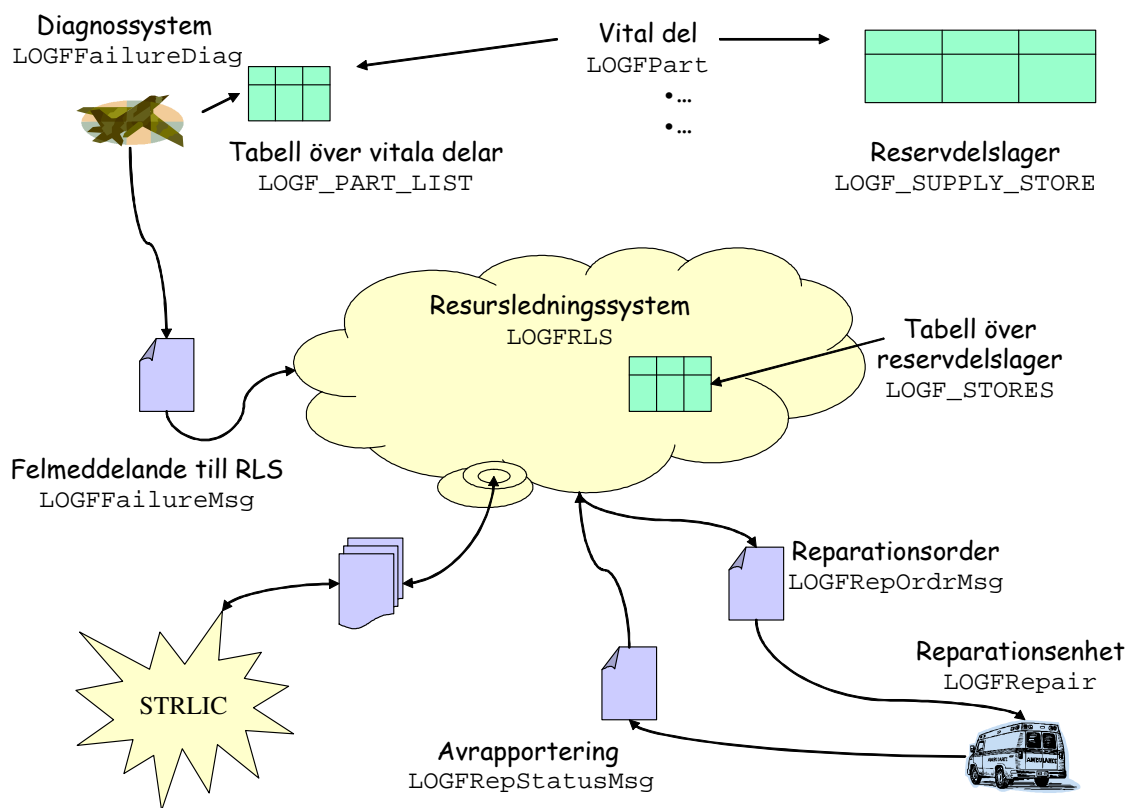


Fig 6.1. Den mest centrala komponenten är resursledningssystemet, som behöver interagera med så gott som samtliga modellkomponenter, även det i Anabasis existerande ledningssystemet. Egenskaper för reservdelar, delsystem och även reservdelslager kan som en första approach beskrivas som databastabeller. Reparationsenheten behöver viss funktionalitet för att kunna ta emot order och återrapportering. En realisering av diagnossystemet i bilden är förmodligen inte nödvändig för detta arbete, speciellt med hänsyn till att varken flygplan eller markfordon är modellerade ner till tekniska delsystem.

A6.1. Reservdelar

Ett sätt att möta problemen för den uppgift som är specifik för detta arbete, är att realisera en modell av klassen Fattribute, för att representera delar som kan gå sönder, bytas ut alternativt repareras. De aktörer som i scenariot utgör flyg respektive markfordon, kan då hålla en databastabell, LOGF_PART_LIST där dessa delar ingår. Denna tabell kan då manipuleras dels direkt från script, men även av andra modeller, exempelvis reparationsenheten. Tabellen kan även användas för reservdelslaget. En test med att skapa och använda dessa tabeller har gjorts och utfallit väl, dock endast med mindre mängder data. Om datamängden närmar sig den som ingår i tex. en mindre ASTOR-simulering blir detta snabbt en ohanterlig metod, då blir det antagligen fördelaktigt att istället använda yttre datakällor.

A6.1.1. LOGFSparePart

Attributmodell för att representera delar som kan gå sönder/bytas/repaseras. Bör som attribut ha egenskaperna:

- Tid för byte
- Byteskostnad
- Värde

Objektet behöver dessutom ha tillstånden:

- I lager/I drift/Montering
- Hel/Trasig

A6.1.2. LOGFSupplyStore

Kognitiv modell för reservdelslager. Container för en uppsättning reservdelar, som dessutom ska kunna lokaliseras på en rörlig plattform. Metoder för att:

- Ta ut del ur lager,
- Fråga om viss del finns i lager
- Sätta in del i lager

Lagret representeras av databastabell, LOGF_PART_LIST

Identifier [key]	Quantity	State
[String]	[int]	0=ok, 1=broken

Om lagret är rörligt, t.ex lokaliserat på ett fordon, ska lagret stödja även leverans av del till en given koordinat, förfrågan om när en given del kan levereras till viss koordinat.

Den ovan beskrivna funktionaliteten räcker dock inte, för att resursledningssystemet ska kunna göra omprioriteringar behövs även funktionalitet för att kunna ställa in pågående leveranser, då en reservdel endast kan vara på väg mot en plats i taget. Vidare behöver leveranser kunna placeras i kö.

A6.1.3. LOGF_PART_LIST

Databastabellen kan även användas för att representera delar som kan gå sönder. Dock med restriktionen att den Unit som utgör reservdelslagret inte bör förses med delar som kan gå sönder.

A6.1.4. LOGF_SUPPLY_STORES

Databastabell att användas av resursledningssystemet för att hålla reda på reservdelslager, och kan även användas för att representera delar som kan gå sönder.

A6.2. Resursledningssystem

Resursledningssystemet, LOGFResourceMgmtSyst, kan med fördel implementeras på samma sätt som övriga ledningsmodeller i Anabasis, dvs med en kognitiv modell. Denna modell behöver ha ett antal metoder för att beskriva tillstånd, och utföra operationer som:

- Ta emot felmeddelande från diagnosystemen i plattformarna

- Hålla reda på var de olika reservdelslagren befinner sig, och kunna finna hur en viss reservdel effektivast kan transporteras till en viss koordinat
- Finna en optimal plats för reparation
- Utfärda order till reparationsenheter
- Kommunicera med stridsledningscentralen
- Optimera med avseende på såväl kostnad som tid.
- ...

Vidare behöver resursledningssystemet metoder för att lägga till och ta bort reservdelslager. Beroende på ambitionsnivå, kan man även tänka sig att resursledningssystemet ges mekanismer för att ta emot meddelanden från reservdelslager vid förhinder av leveranser, exempelvis att enheten som transporterar delen får förhinder, eller blir eliminerad. Detta är fullt möjligt, men bedöms inte tillföra mer kunskap, endast funktionalitet.

Optimeringsfunktionen för ett verkligt resursledningssystem blir förmodligen mycket komplex. En enkel metod att exempelvis finna den optimala platsen för reparation av markfordon kan utformas som:

- Finn de platser där tillgängliga reservdelar finns på
- För varje plats, om reservdelen är transportabel, beräkna en punkt utifrån
 - Hastigheten för reservdelstransporten, v_a
 - Hastigheten för reparationsobjektet, v_b
 - Avståndet d mellan de två enheterna
- Beräkna tid t till de kan sammanstråla, som $t = \frac{d}{v_a + v_b}$
- Och välj ut det lager som har minst t .
- Beräkna sedan lämplig punkt för reparation, genom att ta vektorn till motparten, och subtrahera dennes hastighet* t .
- Ge order om att påbörja färd till denna punkt.

För reparation av flyg blir funktionen mer komplex, då ett flygplan måste tas ner på baser. Vidare behöver stridsledningscentralen kommunicera med resursledningssystemet för att hantera det nya taktiska läget, och känna till när den trasiga enheten åter är funktionsduglig. En optimering med avseende på den operativa förmågan borde visserligen också vara möjlig, men kräver betydligt fler variabler, inte minst för att överhuvudtaget mäta operativ förmåga. Vi har nöjt oss med att endast realisera funktionalitet för att kunna ta emot felmeddelande från markfordon, bl.a. för att inte behöva modifiera ledningssystemet i Anabasis, som är ensam ansvarigt för att initiera och avbryta flygspaningsföretag. En optimering med avseende på kostnader kräver att alla förflyttningar, reparationer och reservdelar är förknippade med ett pris, något som visserligen är fullt möjligt att realisera, medan tidsaspekten redan finns inbyggd i simuleringen, om än i vissa fall indirekt i form av maximal hastighet.

A6.3. Diagnossystem

För att diagnosticera uppkomna fel, t.ex. nedsatt funktion för markradarn, beskrivs i scenariot ett internt diagnossystem. Intressant för detta arbete är hur vi kan ta hand om den information som kommer från diagnossystemet, medan den automatiska diagnosen enklast initieras genom att en processmetod exekveras.

A6.4. Modifieringar i Anabasis

Ledningsmodellen behöver uppdateras för att kunna interagera med resursledningssystemet. I den befintliga Anabasis -modellen är det ledningscentralen som initierar och avslutar patrulluppdrag,

baserat på det aktuella läget i scenariot. Det är inte önskvärt att låta resursledningssystemet direkt ta ner ett flygplan för reparation, då detta kan få oförutsägbara konsekvenser beroende på hur ledningsmodellen är implementerad.

A6.5. Markförband

Anabasis saknar idag en implementering av markförband. En implementering för att beskriva markförband och bataljoner är ett förhållandevis stort arbete, om det ska göras på samma detaljeringsnivå som för flyget. Ett sådant arbete skulle visserligen krävas för en realisering av det beskrivna scenariot, men inte tillföra speciellt mycket ny kunskap om möjligheterna att använda FLAMES för logistiksimulering.

Scenarier som utspelar sig på mark för ofta med sig ett antal nya frågeställningar jämfört med motsvarande luft- och sjöscenarier. Exempelvis behöver terrängen beskrivas på ett för uppgiften relevant sätt, ofta med olika kategorier av terräng så som skog, åkermark, mm. Dessutom behöver viss infrastruktur finnas med i omvärldsmodellen så som väg- och järnvägsnät. Mycket av detta finns redan tillgängligt i FLAMES.

Vi har här bortsett från vägnät och att fordon inte kan ta sig fram överallt i terrängen, då detta redan finns exempel³ där detta visats fungera väl.

³ Inom FOI-projektet Informationsfusion har en demonstrator baserad på FLAMES tagits fram som använder den funktionalitet som finns för att hantera vägnät och en högupplöst, vektorbaserad terrängmodell.

A7. Slutsatser

En av de mer intressanta lösningarna hade varit att bryta ut de delar av ASTOR som beskriver vad som händer på flygbasen, och införliva dessa i den flygbasmodell som finns i Anabasis. Tyvärr kräver ett sådant ingrepp betydligt djupare kunskaper i ASTORs uppbyggnad än vad vi haft möjlighet att tillgodogöra oss inom ramen för detta uppdrag.

Anabasis är en samling modeller designade för operationsanalytiska studier. Modellerna har en genomgående hög abstraktionsnivå. Systemegenskaper av mer teknisk karaktär som ej förväntas ha effekt på sådana studier har i sedvanlig ordning utelämnats. Det är därför förhållandevis enkelt att utöka dessa modeller med ett fåtal parametrar som beskriver logistiken, men det bör påpekas att en sådan utökning kan få konsekvenser för fortsatt utvecklingsarbete, och med fördel kan föregås av ett fördjupat analys- och designarbete. Att ta fram en modell som både är tillräckligt högupplöst för mer tekniska studier och samtidigt befinner sig på en så pass hög abstraktionsnivå att den tillåter scenarier med 100-tals aktörer är ett motsägelsefullt arbete.

FLAMES är sedan tidigare känt för att erbjuda bra stöd för implementering av modeller för ledning och samverkan av olika slag, och lämpar sig väl för att modellera ett resursledningssystem. Ett sådant arbete bör dock föregås av en fördjupad studie av hur resursledningssystemet skall fungera och vilka aktörer det ska interagera med. Utöver resursledningssystemet behöver övriga modeller anpassas för att kunna fungera tillsammans med resursledningssystemet.

Den ansats att modellera egenskaper för reservdelar vi gjort har visserligen fungerat för att få en överblick av möjligheterna att införliva logistik i FLAMES/Anabasis, men kan förbättras. Det är antagligen betydligt effektivare att använda sig av en fristående databas innehållande egenskaper för delsystem och komponenter, än att bygga upp databasen i FLAMES.