

2023-03-01

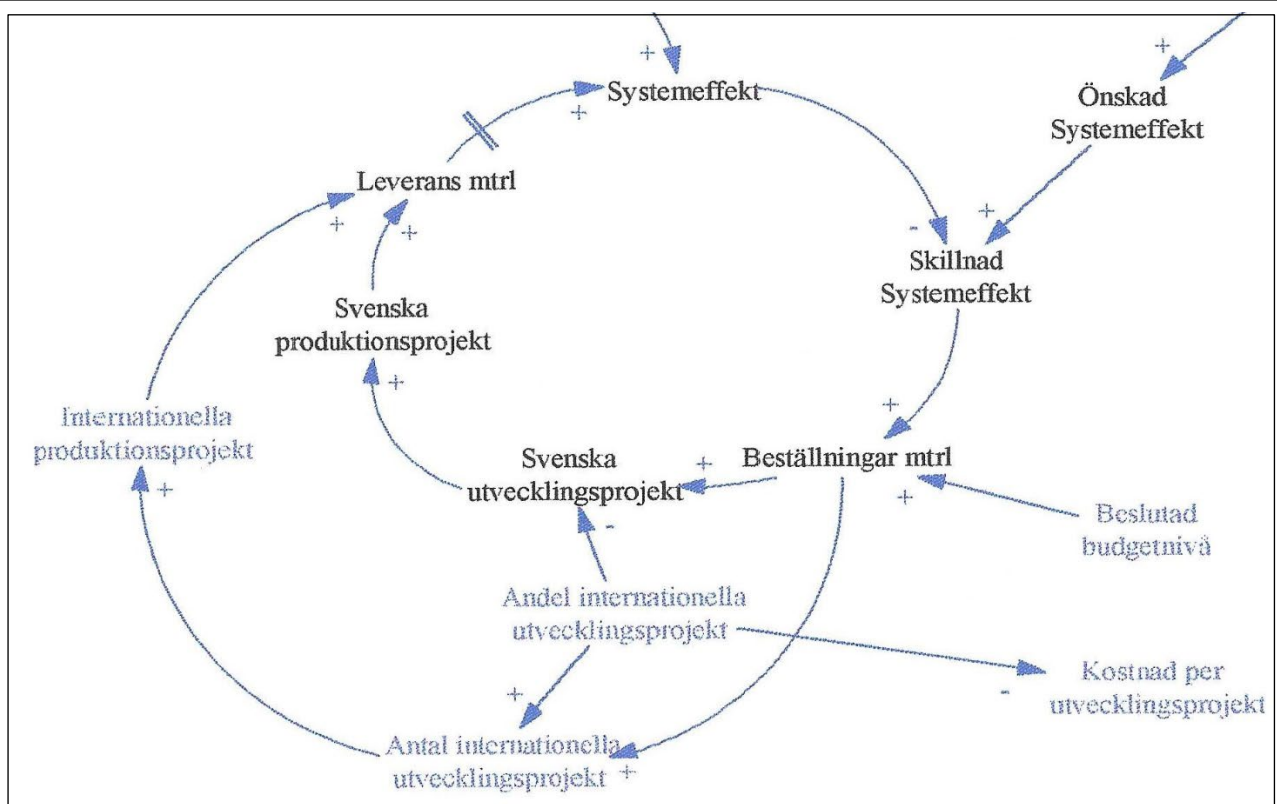
SYSTEMEFFEKTANALYS

System Dynamics

En metod och ett arbetssätt att analysera FV 2000 med avseende på systemeffekt

Bengt Olofsson Anders Sixtensson

F02/23



Omslagets framsida: Exempel på orsakssamband

FÖRORD

Under slutet av 1990-talet arbetade vi – jag som anställd vid FMV och Anders som konsult – med att utveckla en metod att analysera komplexa system med avseende på systemeffekt, Systemeffektanalys. Metoden gick ut på att visa var i ett system (i vilket delsystem) eventuella förbättringar ska göras för att få bästa tillskott i totala systemeffekten. Arbetet resulterade i ett antal rapporter och simuleringsmodeller. Tyvärr kom dock vår metod aldrig till användning inom FMV. Arbetet avslutades under 2000 i och med att jag pensionerades.

Under de följande åren fram till nu (2022) dök tankarna om arbetet med systemeffektanalysen upp lite då och då. Det kändes inte så bra att allt tankearbete inte resulterade i något som kom till användning. Arbetet var för bra för att bara falla helt i glömska. Efter nästan 20 års funderande tog jag kontakt med Anders och vi bestämde oss ganska omgående för att sammanfatta vårt arbete i ett FHT-dokument med förhoppningen att vårt arbete kan komma till nytta i framtida systemuppbyggnad eller vidareutveckling av befintliga system.

Vi startade arbetet med att leta fram gamla anteckningar, protokoll modeller mm och resonerade lite om vad vi tyckte skulle finnas med i vårt dokument. Vi kom fram till att innehållet skulle rymmas inom 50 – 100 sidor och övrigt relevant underlag (tex modeller, redovisningar mm som inte finns med i dokumentet) skulle sorteras, förtecknas och arkiveras. Vi funderade då också på möjligheten att utöver papperskopior även lägga in Ithink-programmet och modellerna (.itm-filerna) på ett usb-minne för att möjliggöra för eventuella intresserade att köra och studera och eventuellt arbeta med modellerna – i alla fall så länge pc-världen finns.

Grunden i System Dynamics är ett ”tänkesätt”, ett sätt att se på komplexa systems inre struktur, fördröjningar, förstärkande eller motverkande återkopplingar, som ger systemet dess dynamiska egenskaper. System Dynamics är en lära som har sina rötter i reglerteorin. Uppfanns av Jay Forrester i slutet på 1950-talet. Som modulerings- och simuleringsverktyg valde vi *Ithink*, som används inom flera civila tillämpningar.

System Dynamics tillsammans med Ithink har använts och används runt om i världen inom olika områden för att förstå hur man ska agera i komplexa och dynamiska system och skeenden. Det finns ett antal områden där System Dynamics är speciellt lämpat som till exempel klimatmodeller, smittspridning, populationstillväxt, skatteomläggningsscenarios. Även inom biologin för att få klarhet i bisamhällellens svärningslust.

Vår erfarenhet av System Dynamics och arbetsmetoden vid modellbyggandet är det stora lärandet och de nya insikterna som uppstår när man tillsammans diskuterar och bygger en modell och gör ansatser för att beskriva systemet eller verksamheten. En modell som man sen kan granskas och kritiserar och som kan utvecklas när nya frågor dyker upp under resans gång.

Vi hoppas att vi med denna rapport tillsammans med relaterade exempel kan väcka intresse att använda ”systemtänkande” i nya projekt. En sökning på nätet ger många svar.

Torhamn och Kivik våren 2023

Bengt Olofsson Anders Sixtensson

Innehållsförteckning

FÖRORD.....	3
1 Sammanfattning.....	7
2. Om dokumentet.....	8
2.1 Syftet med dokumentet	8
2.2 Innehållet.....	8
2.3 Underlaget till dokumentet.....	8
2.4 Simuleringsverktyg Ithink.....	8
3. FMV behov av analysmetoder och verktyg för systemplanering.....	9
3.1 Bakgrund.....	9
3.2 Inriktning på arbetet.....	9
3.3 Sammanfattning	10
4. Vilka hjälpmedel fanns tillgängliga?.....	11
5. Förstudien.....	12
5.1 Introduktion.....	12
5.2 Summering och övergripande rekommendationer.	12
5.3 Förfinad problembeskrivning.....	12
5.4 Krav på en modellbeskrivning	15
5.5 Enkelt exempel - Incidentberedskap	16
5.6 Uppfyller Ithink de krav vi har definierat?	25
6. Beskrivning av arbetsmetoden	26
6.1 Inledning	26
6.2 Undersökning och förståelse för andra modelleringsinitiativ inom FMV	26
6.3 Modelleringsmetod	26
6.4. Aktiviteter	26
7. Grunderna i arbetsmetoden	28
7.1 Grundtänket.....	28
7.2 Förmågor kravhierarki	28
7.3 Verktyg och hjälpmedel.....	30
8. Definition av systemeffekt	32
8.1 Allmänt om systemeffekt.....	32
8.2 Systemeffekt för flygstridskrafterna	33
8.3 Förutsättningar för systemeffekt	33
8.4 Systemeffekt vid jaktinsats luftförsvaret (luftförsvarsförmåga)	34
8.5 Systemeffekt vid attack (Markmåls- eller sjömålsbekämpningsförmåga).....	34
8.6 Systemeffekt vid Internationell Attack	34
8.7 Systemeffekt vid eskort.....	34
8.8 Systemeffekt vid flygspaning.....	35
8.9 Systemeffekt vid CAP.....	35

8.10 Systemeffekt vid flygtransport (flygtransportförmåga)	35
8.11 Q-värden för taktiska förmågor.....	35
9. Beskrivning av modell för analys av flygstridskrafter	37
9.1 Inledning	37
9.2 Orsaksdiagram	37
9.3 Introduktion till modellen	38
9.4 Beskrivning av modellen	38
9.5 Spårbarhet till styrande dokument	44
9.6 Möjlighet att länka in skarpa indata från andra simuleringar.....	45
9.7 Att köra modellen.....	45
9.8 Exempel 1	47
9.9 Exempel 2	49
9.10 Exempel 3	50
9.11 Sammanfattning och slutsatser kring modellarbetet	52
10. Arbetsgång vid systemeffektanalys via körning av modellen	53
10.1 Arbetsgång	53
10.2 Grundinställning och uppgiftsdata	53
10.3 Körning och analys av effektmåtten	54
11. Förslag till fortsatt arbete	56
12. Andra tillämpningsområden inom FMV/Försvaret	57
12.1 Inledning	57
12.2 Generellt flygstridskraftsystem (SAAB).....	57
12.3 Omskolning piloter	57
12.4 Återtagning av baskapacitet	57
12.5 Egensatsning	58
12.6 Analys av långsiktsplaner	58
13. System Dynamics i civila tillämpningar.....	59
14. Erfarenheter av arbetet med systemeffektanalys.....	60
15. Examensarbete.....	61
16. System Dynamics Konferensen 1997.....	62
17. Referenser.....	63
Bilaga 1	64
Bilaga 2	75

1 Sammanfattning

Detta dokument innehåller ett förslag till metod för analys av systemeffekt genererad av flygstridskrafter. Metoden är tänkt att även kunna användas för system på motsvarande nivå som tex sjö- och markstridskrafter. Dokumentet innehåller även förslag till definition av systemeffekt för aktuella verkanssystem.

Dokumentet innehåller 17 kapitel och deras inbördes ordning avspeglar i stort tidsmässigt hur arbetet med att ta fram förslaget genomfördes.

Metoden har utarbetats mot bakgrund av behovet av att dels få fram beslutsunderlag för val av handlingsalternativ vid utformning av överordnade systemlösningar, dels kunna följa upp planerade verksamheter och då att satsade medel i främst materielförsörjningsplanen (FMP) ger önskad tillväxt i funktion och förmåga. Detta ger även ett behov av spårbarhet i fråga om krav från högsta nivån, operativa förmågor ner till krav på funktions- och materielsystemnivå. Dessa krav finns i angivna de styrande dokumenten Perspektivplanen rapport 6, (PerP), Systemmålsättning för luftstridskrafterna (SYMM-L), Funktionsutvecklingsplan Flygsystem 39 (FuUP 39).

Den framtagna analysmetoden var i första hand tänkt att användas av handläggare med ansvar för framtagning av underlag för långsiktig teknisk systemutveckling och långsiktig ekonomisk planering (materielförsörjningsplanering) men även av ansvariga för system- och förbandsutveckling och planering.

Metoden utgår från en kravhierarki och från en förmåge-, funktions- och systemstruktur. För att Försvarsmakten (FM) ska kunna lösa tilldelade uppgifter (Territoriell integritet, Internationella insatser, Väpnat anfall, Stöd till samhället) ska FM besitta vissa operativa förmågor, som kan delas ner i taktiska delförmågor. Dessa skapas av en eller flera taktiska funktioner som i sin tur realiseras av ett eller flera materielsystem. Den systemeffekt som erhålles bestäms i huvudsak av de egenskaper som respektive funktion och materielsystem har och samspelet mellan dessa egenskaper. Kraven på de taktiska delförmågorna och funktionerna finns redovisade i SYMM-L och FuUP för flygstridskrafterna.

En modell av flygstridskrafterna har konstruerats med hjälp av System Dynamics och datorverktyget "Ithink" med ovanstående struktur som grund och med vissa egenskaper avbildade. Syftet med modellen är att visa på kopplingen mellan förmågor, funktioner, system och dess egenskaper och ge en tydligare spårbarhet till de styrande dokumenten. Denna koppling är nödvändig att förstå för att få en bättre stringens i en systemeffektanalys. Modellen har inte någon ambition att vara komplett eller korrekt till sitt innehåll utan är gjord dels för att verifiera den föreslagna metoden, dels för att troliggöra att en fullständig modell är möjlig att konstruera i ett kommande projekt. Modellen visar ändå på möjligheterna att med tillräcklig noggrannhet kunna avbilda ett flygstridskraftsystem för att kunna genomföra systemeffektanalys och analysera systemeffekten vid olika aktuella typscenarier. Modellen är byggd med tanke på att resultat från externa simuleringar ska kunna läggas in som värde på vissa egenskaper.

Att arbeta med System Dynamics är en lärande process. Vi håller oss alla med olika bilder av verkligheten, olika mentala modeller. Arbetet med att bygga en System-Dynamics-modell tvingar fram diskussioner som leder till att dessa olika bilder fogas ihop till en gemensam syn. Den grupp som deltar i arbetet får en gemensam bild av sammanhangen som studeras. Terminologin blir enhetlig och väldefinierad. Ett modellarbete ger också förankring. Den gemensamma bilden leder till att man konstruktivt kan diskutera om vilka förändringar i befintliga system som behöver genomföras för att uppnå ett bestämt mål.

Vårt förslag till fortsatt arbete är framtagning av en skarp modell av flygstridskrafterna som grund för en systemeffektanalys enligt föreslagen metod.

2. Om dokumentet

2.1 Syftet med dokumentet

Syftet med dokumentet är att dokumentera vårt arbete med att utveckla en metod för analys av flygstridssystemet FV 2000, se bilaga 2. Syftet med dokumentet är också att göra metoden intressant och förståelig för personer med erfarenheter från andra områden med förhoppningen att den kan komma att användas i andra och nya tillämpningar.

Vår metod kom tyvärr inte till användning, trots ett antal redovisningar för olika studie- och projektgrupper under resans gång. Att metoden inte kom till användning berodde i huvudsak på att vi inte lyckades övertyga projektledare, systemutvecklarna och den högre ledningen inom FMV och HKV om metodens förträfflighet. Detta trots att ett flertal orienteringar genomfördes. Även FOA informerades men visade föga intresse. Man kan säga att "marknadsföringen" var för dålig. Modellerna provades aldrig med skarpa värden. Nu har alla rapporter försvunnit in i arkiven och metoden har helt fallit i glömska. Vi tycker dock att arbetet som gjordes är alltför bra för att bara "försvinna in i det eviga mörkret".

2.2 Innehållet

Dokumentet innehåller en sammanfattning av arbetet med att utveckla metod och verktyg för systemeffektanalys av flygstridskrafterna som genomfördes vid FMV i slutet av 1990-talet. Det är i huvudsak en sammanställning av de rapporter och modeller som togs fram under resans gång.

Dokumentet innehåller 17 kapitel och två bilagor och deras inbördes ordning avspeglar i stort tidsmässigt hur arbetet genomfördes. Avslutningsvis visas översiktligt i kapitel 12 och 13 på några andra tillämpningsområden där System Dynamics används. Den kompletta dokumentationen för dessa finns i FHT arkiv i Krigsarkivet (Arkiv 1062, F29, Volym 1).

Ett examensarbete gjordes under 1997, en sammanfattning av arbetet finns i kapitel 15. Vår metod redovisades vid den årliga System Dynamics-konferensen 1997, en sammanfattning av presentationen finns i kapitel 16. Den kompletta dokumentationen för dessa finns också i FHT arkiv i Krigsarkivet.

En sammanfattande beskrivning av System Dynamics och simuleringsverktyget Ithink finns i bilaga 1 sist i dokumentet. En principbild av FV 2000 finns i bilaga 2.

Vi redovisar även en sammanfattning av våra erfarenheter av arbetet med systemeffektanalysmetoden.

2.3 Underlaget till dokumentet

Underlaget till dokumentet utgörs i huvudsak av sparade anteckningar och kopior av rapporter, föredragningsunderlag (OH-bilder) och framtagna simuleringsmodeller.

Vi har inte velat ändra i ursprungsunderlagen vilket gör att vi inte har samma tempus i alla kapitel.

2.4 Simuleringsverktyg Ithink

Med det grafiska simuleringsverktyg Ithink skapas en modell av systemet som ska analyseras. Då definieras egenskaper och beteenden och sambandet dem emellan anges. Denna "matematik" syns dock inte i modellbilderna. För att se de matematiska sambanden måste man köra Ithink-programmet. Programmet finns tillsammans med övrigt underlag på usb-minne i FHT-arkivet.

3. FMV behov av analysmetoder och verktyg för systemplanering

Frågeställning: Var i systemet (vilket delsystem) ska förbättringar göras för att få bästa tillskott i totala systemeffekten?

3.1 Bakgrund

I Proposition 2001/02:10 anges bl. a att utgångspunkten för det militära försvarets materielförsörjning ska vara försvarets behov av operativ förmåga, beredskap och anpassningsförmåga och att i syfte att förbättra Försvarmaktens anpassningsförmåga bör en ökad handlingsfrihet i samtliga faser av materielförsörjningen eftersträvas samt att en större vikt bör läggas vid materielförsörjningens tidiga faser för att öka möjligheterna att identifiera och värdera alternativa handlingsvägar. De nationella insatsstyrkorna ska kunna agera i nationell stridsmiljö vilket ställer särskilda krav på anpassningsförmåga och graden av anpassning är avgörande för storleken på det effekttillskott som styrkorna kan tillföra.

Mot bakgrund av ovanstående finns ett uttalat behov av att utifrån de långsiktiga kraven på operativa förmågor, taktiska delförmågor och funktioner utveckla en metod för att inom materielförsörjningens tidiga skeden kunna analysera alternativa systemlösningar och få underlag för värdering och val av de lösningar som ger bästa bidrag till den totala effekten, systemeffekten, hos Försvarmakten. Det finns även ett behov av en förbättrad spårbarhet i kraven för att ytterligare kunna förbättra styrning och uppföljning av materialproduktionen ur ett helhetsperspektiv.

3.2 Inriktning på arbetet

Alla system inom Försvarmakten (FM) har skapats eller anskaffats med syftet att dessa på något sätt ska bidra till den totala effekten hos Försvarmakten, dvs lämna någon form av effekttillbidrag. I det löpande långsiktiga utvecklingsarbetet gäller det därför att finna de systemlösningar som ger det önskade effekttillskottet och då ofta inom en given ekonomisk ram. Systemeffektanalys är en av de aktiviteter som skulle kunna användas i materielförsörjningsverksamheten och vid planering av förbandsproduktion.

Utifrån den kravstruktur med uppgifter, operativa förmågor och taktiska funktioner som fastlagts av FM och utifrån de tankegångar och erfarenheter från tidigare arbeten avseende systemeffektanalys har följande förslag till metod för systemeffektanalys och förslag till definition av systemeffekt utarbetats.

Inriktningen för arbetet har varit att få fram en metod som är grundad på ett helhetstänkande med **balans mellan personal-, teknik- och verksamhetskomponenterna** i systemen och dels med balans mellan de ingående systemen. Metoden för systemeffektanalys har utarbetats mot bakgrund av behovet av att dels få fram beslutsunderlag för val av handlingsalternativ vid utformning av överordnade systemlösningar, dels kunna följa upp planerade verksamheter och då att satsade medel i främst materielförsörjningsplanen (FMP) ger önskad tillväxt i funktion och förmåga. Detta ger även ett behov av spårbarhet i fråga om krav från högsta nivån, operativa förmågor ner till krav på funktions- och materielsystemnivå. Dessa krav finns i angivna de styrande dokumenten Perspektivplan rapport 6 (PerP), Systemmålsättning för luftstridskrafterna (SYMM-L), Funktionsutvecklingsplan Flygsystem 39 (FuUP 39).

I metoden ingår framtagning av en modell av det försvarssystem som ska analyseras (luft-, sjö- eller markstridskraftssystem) Till denna metodbeskrivning finns därför som exempel en modell av ett flygstridskraftssystem som kan utgöra stommen för ett skarpt system. Syftet med modellen är att visa på kopplingen mellan förmågor, funktioner, system och dess egenskaper och ge en tydligare spårbarhet till de styrande dokumenten. Modellen är inte gjord med ambition att vara komplett eller korrekt till sitt innehåll utan är gjord dels för att verifiera och tydliggöra den föreslagna metoden, dels för att troliggöra att en fullständig modell är möjlig att konstruera.

I rapporten har vi valt att exemplifiera metoden med tillämpningar från Luftstridskrafterna men inriktningen har varit att få fram en generell metod som kan tillämpas vid analys av såväl luft-, sjö- och markstridskrafter.

Systemeffekt kan sägas erhållas när önskad verkan i målet uppnås på något sätt. Verkan i målet uppnås vanligen i form vapenbekämpning vid strid men det finns även andra sätt att uppnå önskad verkan på. Genom att relatera uppnådd verkan, (systemeffekten) till resursförbrukningen dvs vad det "kostar i resursförbrukning" att nå viss verkan, fås ett mått på systemeffektiviteten. Systemeffekten är alltid knuten till den typ av uppdrag, tex jakt eller attackuppdrag, som ska åstadkomma verkan i målet. Hur uppdragen genomförs och vilka förutsättningar i form av stridsmiljö mm som gäller fastläggs i s.k. typscenarier. Med system avses här främst försvarssystem (nivå 1) och materielsystem (nivå 2). Det är dessa system som ska skapa de taktiska funktioner som i sin tur ger önskade förmågor.

3.3 Sammanfattning

Behovet kan kort sammanfattas i följande satser:

- Få underlag för styrning av materielförsörjningen
- Få underlag för en avvägning av utvecklingsbehov inom ingående materielsystem
- Kunna stötta enskilda materielsystem i analys av alternativa systemlösningar

4. Vilka hjälpmedel fanns tillgängliga?

Som nämnts tidigare så saknade FMV bra verktyg för att analys på hög systemnivå. Det som var känt och direkt fanns att tillgå var verktygen Systemoptimering (framtaget av Telub) och KSE (framtaget av Communicator). Med dessa verktyg, som i grunden var ganska lika, kunde man analysera ett system vid just en given tidpunkt (med de prestanda som delsystemen hade just då) men inte kontinuerligt över tid. De var mest avsedda för analys av komplexa utrustningar som tex en radarstation. Behovet var dock en metod och ett verktyg som kunde visa vad som hände över tid och hur fördröjningar och återkopplingar påverkade systemeffekten.

Några andra tillgängliga hjälpmedel/simuleringsystem var TOFS, FLAMES och ASTOR, dessa hjälpmedel var framtagna specifikt för FMV behov. Utöver detta fanns ett antal generella simuleringsverktyg som till exempel Ithink, Powersim och Extend.

Fanns andra konsultbolag med kompetens inom systemanalys av komplexa system?

Det fanns det naturligtvis, men FMV valde ut och bjöd in konsultföretaget Kipling Information Technology (Kipling fortsättningsvis) att presentera sin kompetens inom området systemanalys.

Grundat på presentationen och referenser beslöt FMV att beställa en förstudie, se följande kapitel, som skulle redovisa vad som fanns att tillgå direkt på marknaden. Beställningen resulterade i en rapport som redovisas i sin helhet i följande kapitel.

5. Förstudien

5.1 Introduktion

Bakgrunden till uppdraget är att FMV och Flygvapnet har ett gemensamt behov av ett lättförståeligt men relativt komplext verktyg för framtagande av beslutsunderlag vid utvärdering av tänkbara materielinvesteringar för flygvapnet.

Flygvapnet är under ständig förändring styrd av budgetnedskärningar, den tekniska utvecklingen, förändringar i flygvapnets roll och förändringar i hotbilden. Att under sådana omständigheter säkerställa att flygvapnet bibehåller och stärker sin förmåga att lösa de uppgifter det tilldelas kräver god insikt i de parametrar som styr flygvapnets systemeffekt. Med dynamisk modellering och effektivt verktygsstöd kan kanske de dynamiska samband som råder mellan flygvapensystemets beståndsdelar (hårda såväl som mjuka) kartläggas och förstås. Framtida beslutsunderlag vid anskaffning av materiel skulle därigenom kunna bli än mer initierade och riskerna för suboptimering och felinvestering skulle minska.

För att bli trovärdig och användbar måste en sådan dynamisk modell kunna förstås av användarna. Detta kräver en enkel och intuitiv syntax. Vidare måste modellens komplexitet vara överblickbar så att man kan övertyga sig om dess rimlighet genom att verifiera beteendet i delar som var för sig är enklare att verifiera. Ett enkelt användargränssnitt som erbjuder möjlighet att använda modellen för olika typer av fallstudier och andra simuleringar på en nivå som är frikopplad från modellens detaljer är också nödvändigt.

Denna rapport innehåller resultatet av en förstudie för att undersöka möjligheterna för sådan modellering och simulering. Rapporten innehåller en diskussion kring kraven på meningsfull dynamisk modellering, en marknadsöversikt över tillgängliga verktyg, ett enkelt exempel gjort med ett lämpligt verktyg samt en plan för eventuell fortsättning komplett med tidplan kostnader och aktiviteter.

5.2 Summering och övergripande rekommendationer.

FMV önskar få ett beslutshjälpmedel för att kunna värdera olika system och dess beståndsdelar. Att väga ihop hur processer, metoder, organisation, människor och teknik samverkar till en systemeffekt är möjligt med en teknik som heter dynamisk modellering. Det finns idag stor erfarenhet av dessa modelleringsprinciper, främst i USA, och tillhörande verktygsstöd bedömer vi som slagkraftiga och prisvärda.

Vi har under förstudien studerat ett verktyg som heter *Ithink* som verkar mycket lovande, (se 5.7 Marknadsundersökningar i bilaga 2). Exemplet Incidentberedskap i kap 5 är gjort i detta verktyg och vår bedömning är att modellen ger en unik möjlighet att studera de dynamiska förlopp som inträffar. Vår bedömning är att modelleringstekniken med tillhörande verktygsstöd är en kraftfull och praktiskt möjlig väg att uppnå FMV:s långsiktiga målsättningar. I handlingsplanen som ligger sist i detta dokument finns vårt förslag till hur man stegvis utvecklar metodik och utbildningsmaterial för att kunna använda dessa saker på bred front inom FMV.

Den stora utmaningen ligger nu i att skapa en metodik som på ett enkelt men kraftfullt sätt fångar en verksamhet i en modell som olika användare förstår och kan använda sig av för olika syften. När väl modellen är på plats finns det mycket kraftfulla mekanismer i verktyget att simulera, variera olika parametrar, bygga olika användarinterface mm för att underlätta brukandet av själva modellen.

5.3 Förfinad problembeskrivning

Följande långsiktiga krav/önskemål är vad FMV önskar uppnå med en väl fungerande modell för systemeffektberäkning med tillhörande verktygsstöd:

- att få en statisk modell som visar hur de uppdrag som åligger flygvapnet realiserar med tekniska, organisatoriska och mänskliga system. Modellen skall visa alla beroenden på ett pedagogiskt och lättförståeligt sätt

- att bättre förstå vilka olika dimensioner och värderingar som bör vägas ihop till ett totalt systemeffektbegrepp
- att bättre förstå vilka parametrar som påverkar systemets totala effekt på ett markant sätt och vilka parametrar som påverkar marginellt
- att utifrån en given modellering kunna uppskatta det totala systemets effekt
- att få en dynamisk modell som visar hur systemets effekt påverkas om olika parametrar ändras i någon viss riktning. Detta kan användas för att simulera olika scenarier och för att utgöra beslutsunderlag för var i det totala systemet man skall investera i förändringar. Detta borde leda till lättare budgetprocesser och minska interna diskussioner om vem som behöver medel bäst
- att få en övergripande modell som kan leda till en ökad förståelse mellan de olika organisationer som ingår i flygvapnet och på sikt kan leda till ett gemensamt språkbruk

Specifikt för förstudien bör man fokusera på att få så mycket insikt att man kan se en eller flera konkreta vägar för att uppnå de långsiktiga målen. Förstudien kommer därför att fokusera på följande mera generella frågeställningar:

- Hur modellerar man effektberoenden mellan olika ”nivåer” och olika dimensioner i ett system?
- Vilken granularitet skall modellen och parametrarna ha?
- Vilket stöd måste finnas i modellen för att fixera olika delar och värden och att kunna betrakta system på olika nivåer?
- Vilket är viktigast; att kunna påvisa relativa ändringar (ändrar vi där så minskar/ökar det) eller att kunna beräkna absoluta värden?
- Vilka krav bör ställas på ett verktygsstöd för att kunna visa olika vyer av systemet och tona ner andra, dvs vara anpassat till en speciell användare av modellen?
- Hur skall man sätta värden på de olika komponenter som skall vägas ihop till en helhet?
- Hur bryter man ned flygvapensystemet i beståndsdelar, (exempelvis nivåer och dimensioner) som är relevanta både ur simuleringssynpunkt och användar- eller beslutssynpunkt
- Hur skapas naturliga och effektiva användargränssnitt?
- Hur skall olika scenarion skapas och dokumenteras?
- Hur ackumulerar eller sparar man kunskap och erfarenhet successivt?

Dessa frågeställningar kommer vi belysa i det exempel som ingår i rapporten. Exemplet syftar dels till få en känsla för hur en modell kan se ut och vad den kan förmedla men frågeställningarna ovan kommer att ges ett speciellt fokus då vi anser att de är centrala och oberoende av det system vi skall modellera.

Om vi tittar mer på vad dessa frågeställningar innehåller får vi följande:

Hur modellerar man effektberoenden mellan olika ”nivåer” och olika dimensioner i ett system?

Att kunna modellera samband mellan komponenter på olika nivåer är själva grundidén i dynamisk modellering. I detta ingår också att få med tidsfaktorn. Dvs att modellera svarstider, uthållighet, återhämtning etc. Detta låter väldigt ambitiöst och avancerat men det är själva grundtanken med ett dynamiskt system.

Vilken granularitet skall modellen och parametrarna ha?

Det finns alltid en avvägning mellan ambitionen att modellera ”allt” så verkligt som möjligt och då få en stor detaljrikedom eller att försöka abstrahera och generalisera för att göra modellen enklare att hantera. I begreppet modellera ligger just en ambition att skapa en modell eller bild som är ”enklare” än verkligheten för ett visst syfte.

Vill man veta svenska folkets partisympatier skapar man en modell av Sverige som helhet och ringer till 1000 utvalda personer för att höra vad de röstar på. Utifrån detta drar man slutsatser om vad hela Sverige tycker.

I varje modelleringsarbete är det olika aspekter som man väljer att fokusera och andra som man ignorerar just beroende på vilket syfte man har. Detta är en mycket viktig del i metodiken som vi måste jobba med framåt. Det gäller att förstå syftet och konsekvensen av de förenklingar man gör och hur mycket modellen tappar i relevans relativt verkligheten. Vilka parametrar är viktiga att kunna variera? Finns det parametrar som vi kan låsa fast och ange som givna? Som exempel har vi nämnt att de uppdrag som flygvapnet har fått skall anses som givna.

Vilket stöd måste finnas i modellen för att fixera olika delar och värden och att kunna betrakta system på olika nivåer?

Idealet är att kunna betrakta vilken nivå/delsystem som helst i vår modell och se den som en komponent men också att kunna "öppna" upp den och betrakta innehållet i den för att se hur delarna samverkar. Önskvärt är också att kunna fixera ett effektvärde på vilken nivå som helst och resonera "om nu värdet var x, hur bidrar det till den totala effekten". Blir resultat bra är nästa övning då att se till att delarna "under" kan konfigureras och ges effektvärden så att de tillsammans blir x. Detta kräver en trädstruktur på modellen så att en modifiering bara berör just detta delträd och inte ändrar effekten i andra, parallellt liggande delträd.

I ett fall vill man kanske modellera med givna skyddsegenskaper hos en radarstation. Det skall då vara möjligt att beskriva detta med en graf eller liknande. I ett annat fall är kanske syftet med modelleringen att upptäcka vilka egenskaper eller kombinationer av egenskaper hos radarstationen som påverkar radarstationen skyddsegenskaper mest. Det skall då enkelt gå att "gå in i" eller expandera radarstationen och modellera hur dess extra skyddsegenskaper är en funktion av ett samspel mellan olika interna egenskaper hos radarn.

Egentligen mynnar frågan ut i om man kan modellera helhetsberoenden och synergieffekter med en trädstruktur. Om det är möjligt ger det en hel trevliga möjligheter men vi måste först vilka beroenden vi "förenklar" bort och om vi kan hantera dessa på annat sätt.

Vilket är viktigast; att kunna påvisa relativa ändringar eller att kunna beräkna absoluta värden?

Att få fram en modell som visar alla beroenden och vilken riktning de påverkar varandra är ett, förmodligen hanterbart problem., dvs att kunna konstatera ökning eller minskningar. Genom att ta fram modeller som fångar nuläget kan man sedan utvärdera de relativa konsekvenser som olika förändringar får i förhållande till nuläget. Ett annat, mycket svårare problem är att ge kvantifierbara värden på de olika delsystemens effekter. Det blir lätt äpplen-pärondiskussioner. Vad är egentligen viktigast, detektera ändringar och i vilken riktning eller att få absoluta värden för att kunna göra kvantifierbara bedömningar och jämförelser?

Vilka krav bör ställas på ett verktygsstöd för att kunna visa olika vyer av systemet och tona ner andra?

Det är väldigt olika målgrupper som på sikt skall kunna använda sig av denna modell. Det är då förmodligen lämpligt att kunna presentera modellen med fokus och nedtoning på olika saker. Man kanske kan ha ett antal presentationsfilter men det känns inte som något att fokusera på under förstudien.

Idealt vore att när själva modellen är fastlagd att man då kunde frysa denna för att sedan arbeta med modellen från ett användargränssnitt av mer karaktären kontrollpanel. På så sätt kan användaren koncentrera sin uppmärksamhet på de parametrar han vill studera.

Hur skall man sätta värden på de olika komponenter som skall vägas ihop till en helhet?

Är kunskapsnivån eller stridsdugligheten 0.3 eller 0.4? Två människor kan ha exakt samma tankemodell av något men tycker att det är olika värt beroende på egna värderingar, erfarenhet etc.

Eftersom ambitionen är att alla deffekterna på något sätt skall aggregeras ihop till en totaleffekt kan felbedömningar på 10% på ett antal delsystem ge stora utslag på totaleffekten. Här finns lite metoder och angreppssätt på marknaden som kanske kan användas. Bland annat finns det något som heter Lichtenbergmetoden som går ut på att man gruppvis sätter värden. Genom att ha med ”pessimisten”, ”realisten” och ”optimisten” och någon till får man värden med rätt god statistisk säkerhet. Vi får fundera på hur vi hanterar detta.

Hur bryter man ned flygvapensystemet i beståndsdelar?

Att finna en metodik för nedbrytning är viktigt ur flera synvinklar. Vid verifiering av modellens riktighet är det en styrka om man kan verifiera delar av modellen oberoende av varandra. På så sätt kan man bygga upp en hierarkisk verifieringsmetodik. Där man först verifierar alla komponenter var för sig. Nästa steg blir att verifiera meningsfulla subgrupperingar av komponenter varefter man kan ge sig på att verifiera större delsystem. En annan aspekt är att det måste vara enkelt att anpassa modellen så att den återspeglar nya oväntade situationer. Exempelvis att Sverige väljer att förlägga sina flygbaser till hangarfartyg eller att all radarspaning flyttas till luftburna radarsystem. Eller varför inte det gamla klassiska att flygvapnet ersätts med ett rent robotförsvar.

Att hantera moduluppbyggnad och olika abstraktionsnivåer är en utmaning och ett måste för en effektiv modelleringsverksamhet.

Hur ackumulerar eller sparar man kunskap och erfarenhet successivt?

En av de stora fördelarna med en pedagogisk modell är att den ökar förståelse för hur saker och ting hänger ihop och att man plötsligt får nya insikter om dynamiken och beroenden mellan olika saker. Metodiken och verktyget måste understödja ett lärande och nya insikter och att dessa sparas i modellen så att den hela tiden blir bättre.

Experimenterandet med en modell sker initialt på ett ”ad hoc”-mässigt sätt. Detta beteende är till att börja med effektivt då användaren på ett naturligt sätt leds mot olika insikter. Efterhand visar det sig att ett mer systematiskt tillvägagångssätt är effektivare. Användaren måste då tillägna sig en simuleringsmetodik med tillhörande dokumentationsstandard. Verktyn ger ofta visst stöd för detta men det är viktigt att man på ett tidigt stadium beslutar sig för att formalisera hur ingångsdata och resultat skall dokumenteras en metodik för hur signifikanta simuleringsresultat skall säkras.

Hur skapas naturliga och effektiva användargränssnitt?

Det är önskvärt med ett verktygsstöd som gör det möjligt att enkelt skapa kontrollpaneler och displayer där värden kan sättas och förlopp studeras. Konstruktionen av användargränssnittet skall vara så enkelt att varje studie kan skraddarsy sitt användargränssnitt. Det är önskvärt om själva modellen kan skyddas mot avsiktlig förändring. Dvs framtagandet av gränssnittet skall inte innebära att några förändringar behöver göras i modellen.

Hur skall olika scenarion skapas och dokumenteras?

Data som genereras vid simuleringarna bör kunna sparas i standardverktyg. Exempelvis Excel eller liknande. Det är också önskvärt om scenariodata och andra startvärden kan hämtas från Excel.

Verktyget bör också stödja identifiering av enskilda experiment. Om verktyget stödjer en kompakt och automatisk experiment- eller simuleringsinformation är detta mycket bra.

5.4 Krav på en modellbeskrivning

Den förfinade problembeskrivningen i kapitel 3 och de resonemangen som utvecklats under respektive frågeställning har gett oss en insikt till att kunna definiera följande krav på en modelleringsverksamhet som sammanfattas i följande tre kravområden:

5.4.1 Krav på modelleringspråket och modelleringsverktyget

- Modelleringspråket skall följa en etablerad syntax och semantik för dynamisk modellering
- Modelleringspråket skall stödja både kontinuerlig (kvantitativ) och diskret simulering
- Modelleringspråket skall ha en enkel och intuitiv syntax
- Modelleringspråket skall stödja en hierarkisk uppbyggnad av modellen
- Modelleringsverktyget skall följa någon etablerad standard, ex Windows eller Mac OS
- Modelleringsverktyget skall kunna köras på en normalt bestyckad PC eller Mac
- Modelleringsverktyget skall ha gränssnitt mot standardverktyg, exempelvis DDE-länkar
- Modelleringsverktyget skall stödja inkrementell verifiering, dvs att delkomponenter kan verifieras var för sig innan de integreras. Detta innebär i princip att modellen måste kunna byggas såväl top down som bottom up

5.4.2 Krav på simulerings-användargränssnitt och användargränssnittsverktyg

- Simulering via ett fördefinierat gränssnitt skall vara möjlig utan detaljerad förståelse av den faktiska underliggande modellen
- Modelleringsverktyget bör erbjuda möjligheten att generera simuleringsgränssnitt i form av kontroll- och presentationspaneler där man kan styra simuleringen med reglage och där resultatet kontinuerligt presenteras på grafer och instrument
- Till en modell bör man kunna ha flera sådana kontrollpaneler för olika typer av simulering. Detta kan också användas för att ge ett enkelt gränssnitt både vid skapandet av simuleringssituationen och vid själva körningen av simuleringen. Ett exempel på detta kan vara att man först fördelar resurser, exempelvis budget, mellan olika enheter. Därefter kör man en simulering av ett händelsescenario
- Resultatet av simuleringarna måste kunna sparas (Förmodligen är skärm dumpar ett tillräckligt bra media för detta.)

5.4.3 Krav på modellering, simulerings- och utvärderingsmetodik

- Modellering bör ske enligt en skräddarsydd systemutvecklingsprocess där tonvikten läggs på verifiering och delverifiering av modellen
- Identifiering av modelleringskomponenter skall ske genom tillämpning av objektorienteringens grundprinciper
- Varje delkomponent måste verifieras och "godkännas". Beteendet vid ramp, steg, puls, bottning, och "overflow" skall vara definierat och förstått. Allt enligt reglerteknikens grundläggande matematik
- Varje delkomponent måste dokumenteras genom att komponentens, syfte, begränsningar och användningsområde dokumenteras. Genom modellens hierarkiska uppbyggnad blir på detta sätt hela modellen dokumenterad
- Simuleringar bör göras enligt en process där tonvikten läggs på täta avstämningar mot att simuleringarna adresserar det avsedda problemet

5.5 Enkelt exempel - Incidentberedskap

5.5.1. Introduktion

Exemplet som är valt för att belysa möjligheter och begränsningar är uppdraget Incidentberedskap. Incidentberedskap är att av cirka 10 uppdrag som flygvapnet skall kunna utföra med sitt tekniska och organisatoriska system. Detta uppdrag gäller i såväl fred som krigsläge och anses vara greppbart för ett exempel men ändå innehålla en sådan komplexitet att man kan dra generella slutsatser som är relevanta om man skulle skala upp modellen till att alla system och alla uppdrag.

Incidentberedskap går i princip ut på att Sveriges luftrum och dess närområde kontinuerligt bevakas. Om ett främmande objekt ser ut att vara på väg in i Sveriges luftrum skall flyg skickas upp för att identifiera objektet och avvisa det.

5.5.2. Krav på Incidentberedskap

- De krav som kan ställas på de tekniska och organisatoriska systemen är bland annat (*bör eventuellt kompletteras/revideras*):
- att tidigt upptäcka objekt på väg mot svenskt luftrum
- att lyfta iväg med svenska plan tidigt för att kunna möta objektet
- att få fysisk kontakt med objektet
- att ha förmåga att kunna avvisa på ett effektivt sätt
- att ha reservberedskap på marken för att kunna hantera parallella kränkningar
- att ha samband hela tiden

5.5.3. Inledning

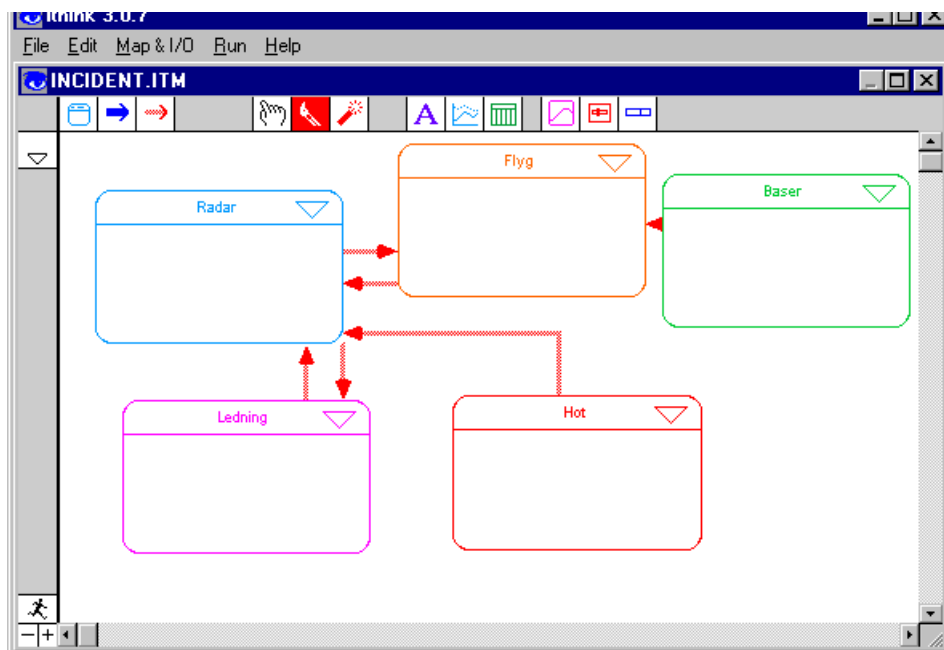
Följande exempel belyser incidentberedskapen. Exemplet består av 5 subsystem som interagerar dynamiskt. Modellen är en typisk prototyp. Dvs den visar principerna för en modellering och tänkbara ansatser till en lösning. I all sin enkelhet ger den dock ett antal intressanta insikter. Modellen simulerar incidentberedskapen genom diskret simulering. Dvs att den simulerar det faktiska förloppet vid olika incidentsituationer. Det går att simulera också kvantitativt utan att ändra på grundprinciperna för modellens uppbyggnad. För att förstå denna modell är det lämpligt att ha studerat Bilaga 1 (Beskrivning av Dynamisk Modellering med Ithink).

5.5.4. Översikt

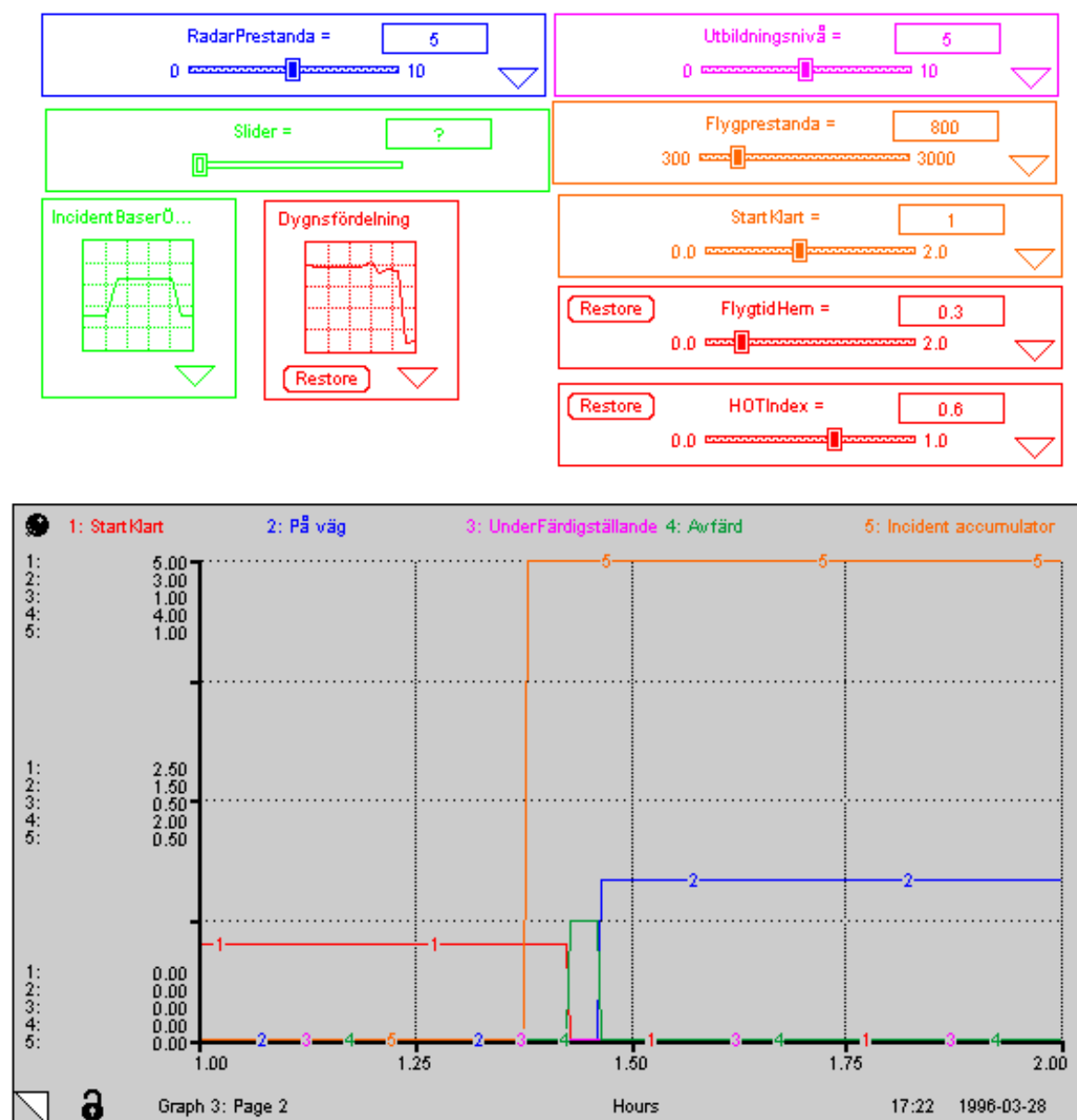
Modellen simulerar incidentberedskapen under 24 timmar. Kränkningar genereras med en poissonfördelning vars intensitet kan varieras över dygnet. På så sätt kan både en typisk och atypisk dag genereras. Antalet incident flyg kan väljas. Incidentflygen simulerar faktisk flygning med starttid, inflygning, hemflygning och service. Dvs det blir tomt på basen när flygen är ute. Omdirigeringar och hantering av flera kränkningar under en flygning är inte med i modellen.

I tidsfördröjningen innan planet lyfter ingår tid för upptäckt, identifiering och beslut. Dessa tider är beroende av radar-kvalitéer och egenskaper hos såväl radarar som ledningspersonal. Sambanden visar principerna för modellering.

Modellen strukturerar incidentverksamheten i fem submodeller med inbördes beroenden. I Ithink får strukturen följande utseende:



Till modellen finns även en kontrollpanel som kan användas vid simulering. I prototypen har vi givit denna följande utseende.



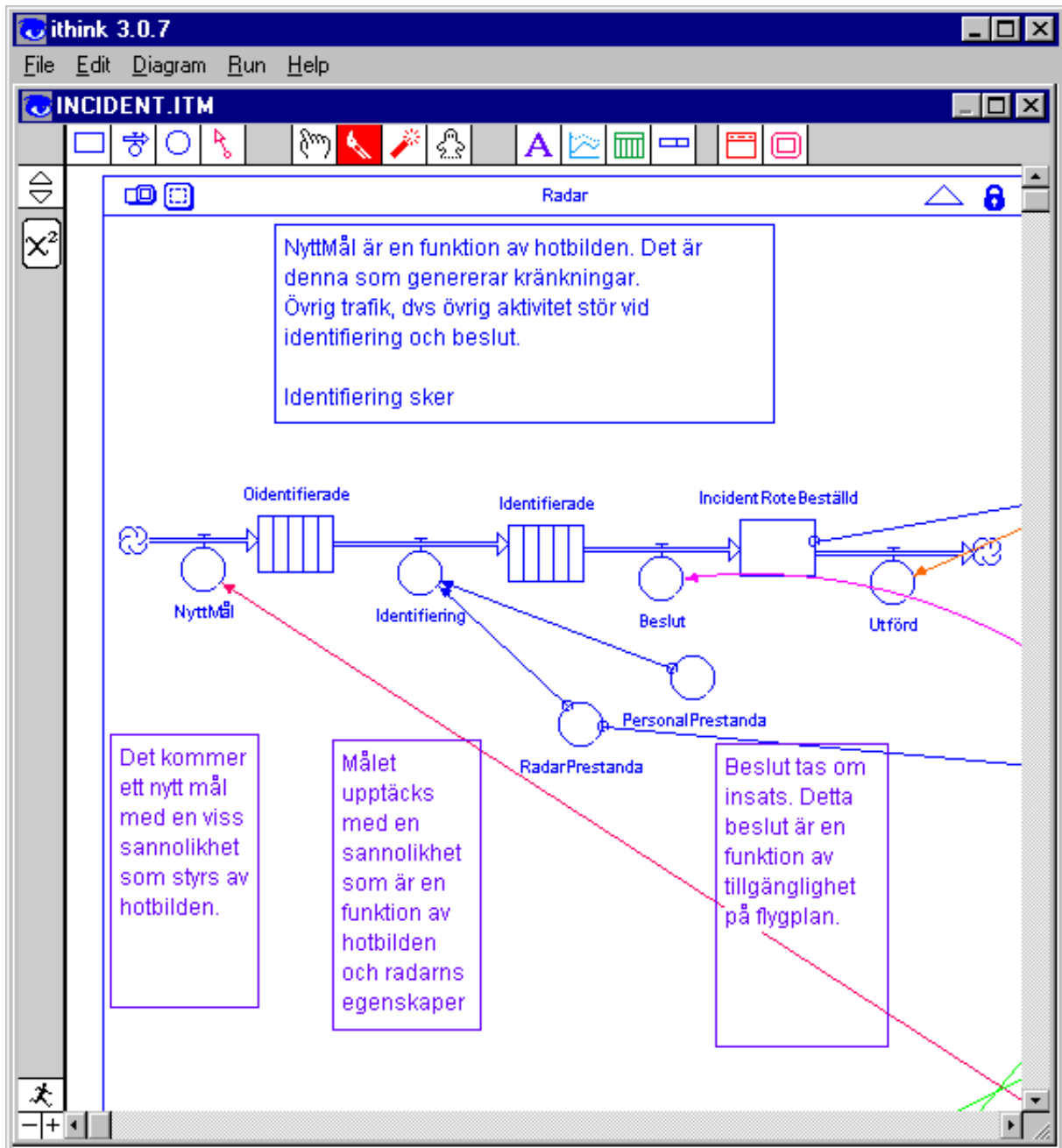
Grafpresentatören består av flera sidor lagrade på varandra. Användaren kan enkelt bläddra och göra snabba jämförelser.

5.5.5. Radarsubsystemet

Radarsubsystemet sysslar med målidifikation. Det interagerar med Hot subsystemet som skickar kränkande företag in i radarsystemet. Efter idifikation går Beslut subsystemet in och ger order till Flyg subsystemet att starta incidentflyg.

Modellen visar hur ett "lager/population" kan användas i en special tillämpning som kallas "Conveyor" i Ithink. En "conveyor" fungerar som en fördröjning. I modellen har vi satt variabel fördröjningstid. Dvs att den kan variera med faktorer den är beroende av. I subsystemet Radar är alla dessa konstanta. I subsystemet Flyg finns för beräkning av flygtid en conveyor vars värde är beroende av ett normalfördelat flygavstånd.

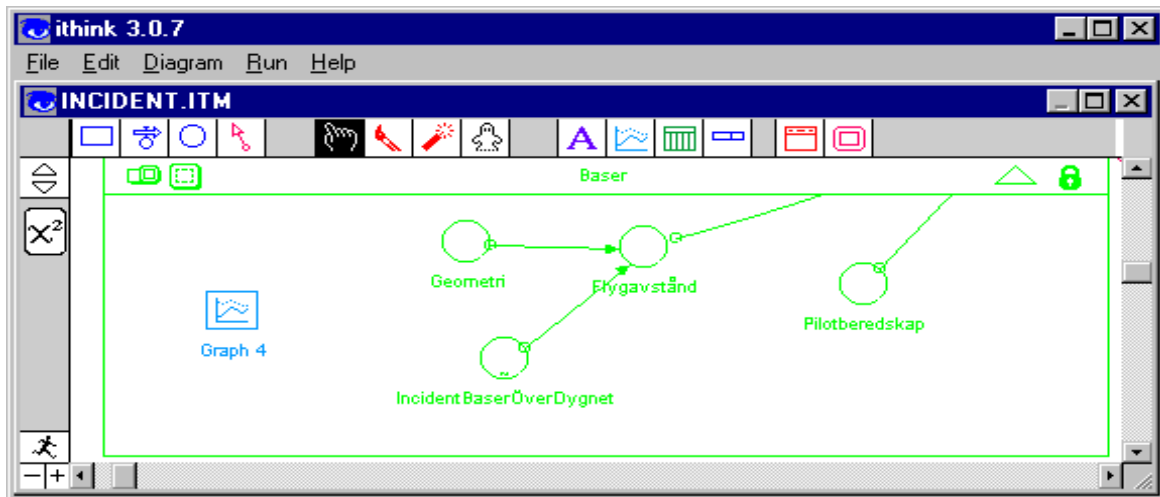
I modellen nedan kan man se hur kopplingar till och från andra subsystem går in och ut ur subsystemet. Om detta var en färgutskrift skulle man kunna se att vi har givit varje subsystem en egen färg. På så sätt blir det enkelt att lokalisera från vilket subsystem ett flöde härrör. I Ithink kan man vidta ytterligare en åtgärd för att minska antalet kopplingar över bilden. Man kan göra avbildningar av konverterare i andra subsystem och dra kopplingar från dessa. Återigen kan man genom färgkodning bevara överblicken över systemet.



Vid en förfining av modellen skulle man kunna tänka sig att konverterarna RadarPrestanda och PersonalPrestanda görs om till en subnivå. Ithink stödjer möjligheten till att dölja subnivåer i modellen i figurer som ser ut som lager/populationer. Dessa expanderas genom att man dubbelklickar på dem. På detta sätt kan man enkelt välja en modells abstraktionsnivå.

5.5.6. Bassubsystemet

Baserna modelleras på en mycket hög abstraktionsnivå. Från kontrollpanelen kan man sätta alla värden. Antalet baser med incidentberedskap sätter man grafiskt över dygnets 24 timmar. Se nedanstående figur.



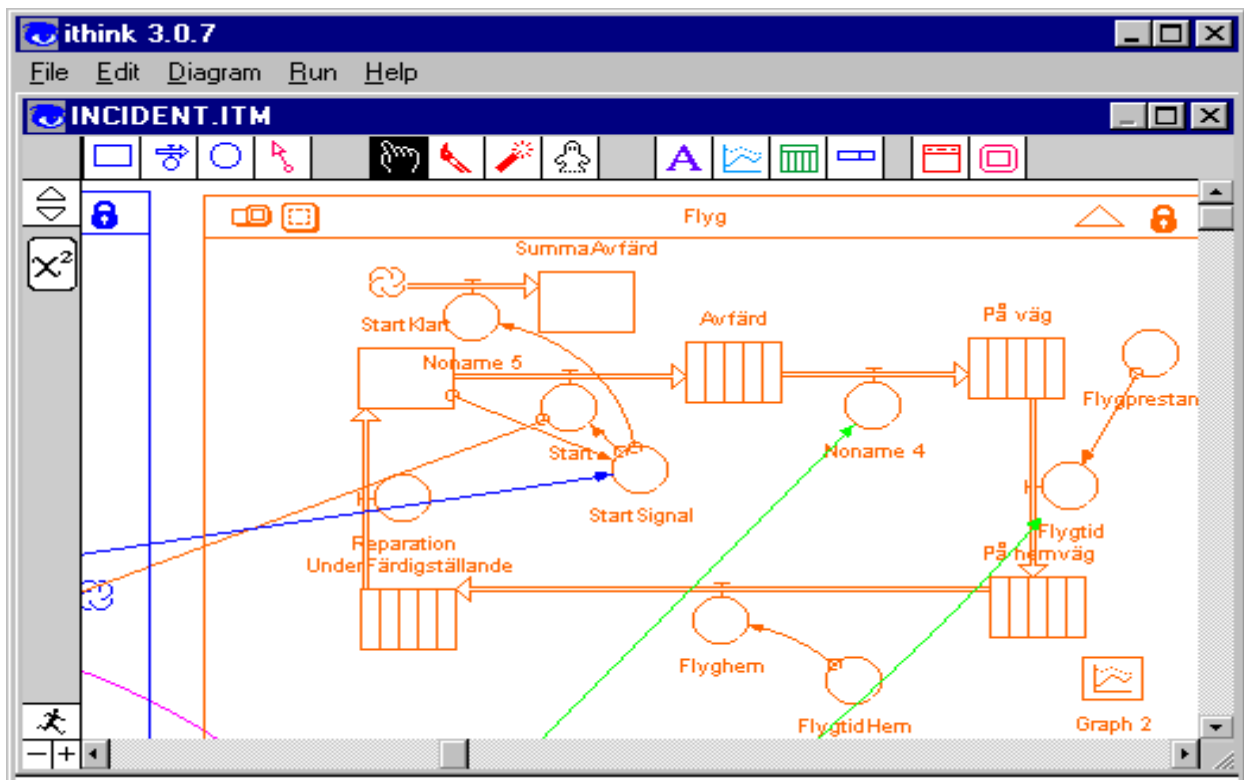
5.5.7. Flygsubsystemet

Vid simulering av flygning har vi valt att simulera en flygnings livscykel. Den tidigare beskrivna "conveyor" tekniken har använts flitigt. Tanken är att man enkelt skall kunna lägga på mer detaljer kring vad som påverkar flygningens olika faser. I modellen är exempelvis hemflygning satt till en konstant som regleras från kontrollpanelen.

Mer intressant är simuleringen av flygtiden. Först beräknas flygsträckan i Bas subsystemet genom att normalfördela kring ett rimligt medelvärde. Den tänkta flygsträckan divideras med antalet baser då den är beroende av antalet baser som har incidentberedskap. Flygtiden beräknas sen genom att dividera flygsträckan med planets prestanda.

Om det inte finns något flyg i startläge när larm kommer från Radar och Ledning sker ingen ny flygning förrän ett flyg blir ledigt.

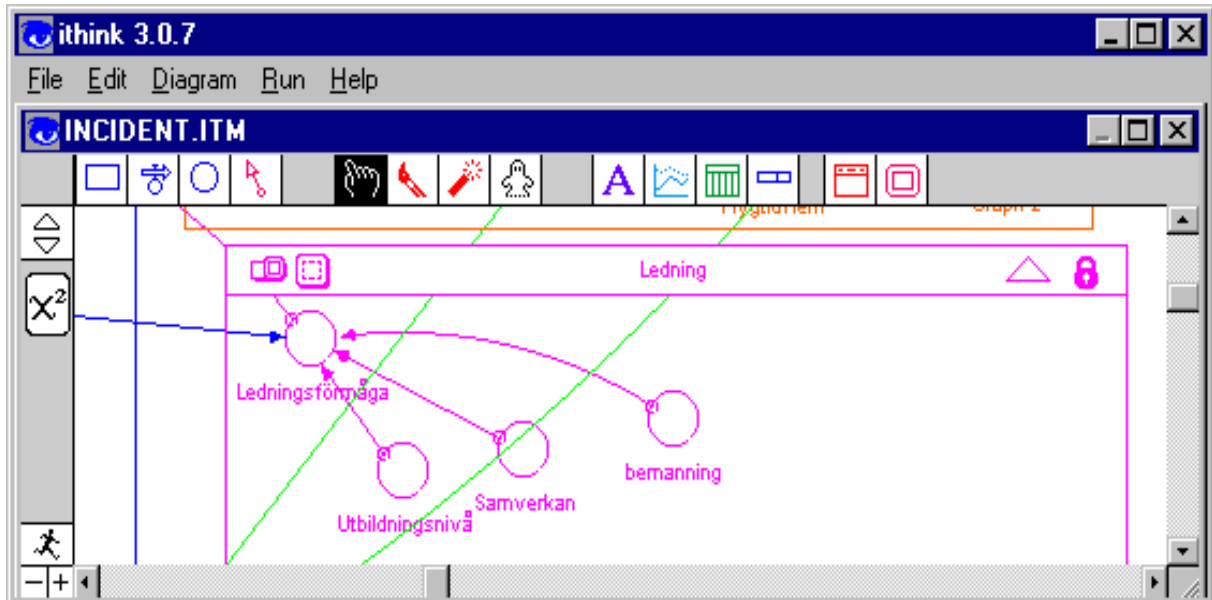
Modellen ser ut enligt följande:



5.5.8. Ledningssystemet

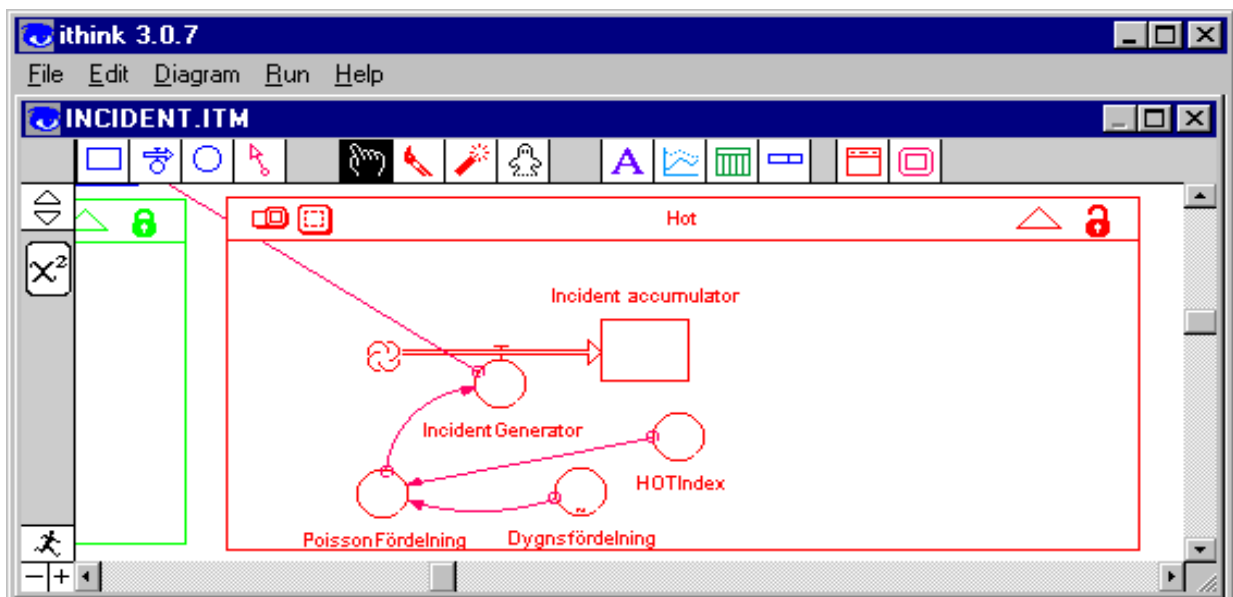
Ledningsfunktionerna har modellerats på en hög abstraktionsnivå. Ledningskvalitén påverkar endast tiden det tar att fatta beslut om insats. På samma sätt påverkar radarpersonalens kompetens endast tiden det tar för upptäckt och identifiering genom en enkel kvalitetsgradering på en skala mellan 1 och 10. Dessa värden kan sättas från kontrollpanelen.

Ledningssystemet ser ut enligt följande:



5.5.9. Hotssystemet

Hotbilden skapas genom en poissonfördelad generering av kränkningar. Ithink är inget programmeringsspråk och man får därför överge vissa invanda beteenden som känns naturliga vid simulering. Exempelvis är det brukligt att låta ett kränkningsobjekt ha de egenskaper man förknippar med kränkningen. Exempelvis position, hastighet, höjd etc. I ithink går det inte att göra detta. Ithink är i huvudsak avsett för mer kvantitativa simuleringar. Men vi tycker att exemplet visar att det även går att simulera "single shot" händelser med Ithink.

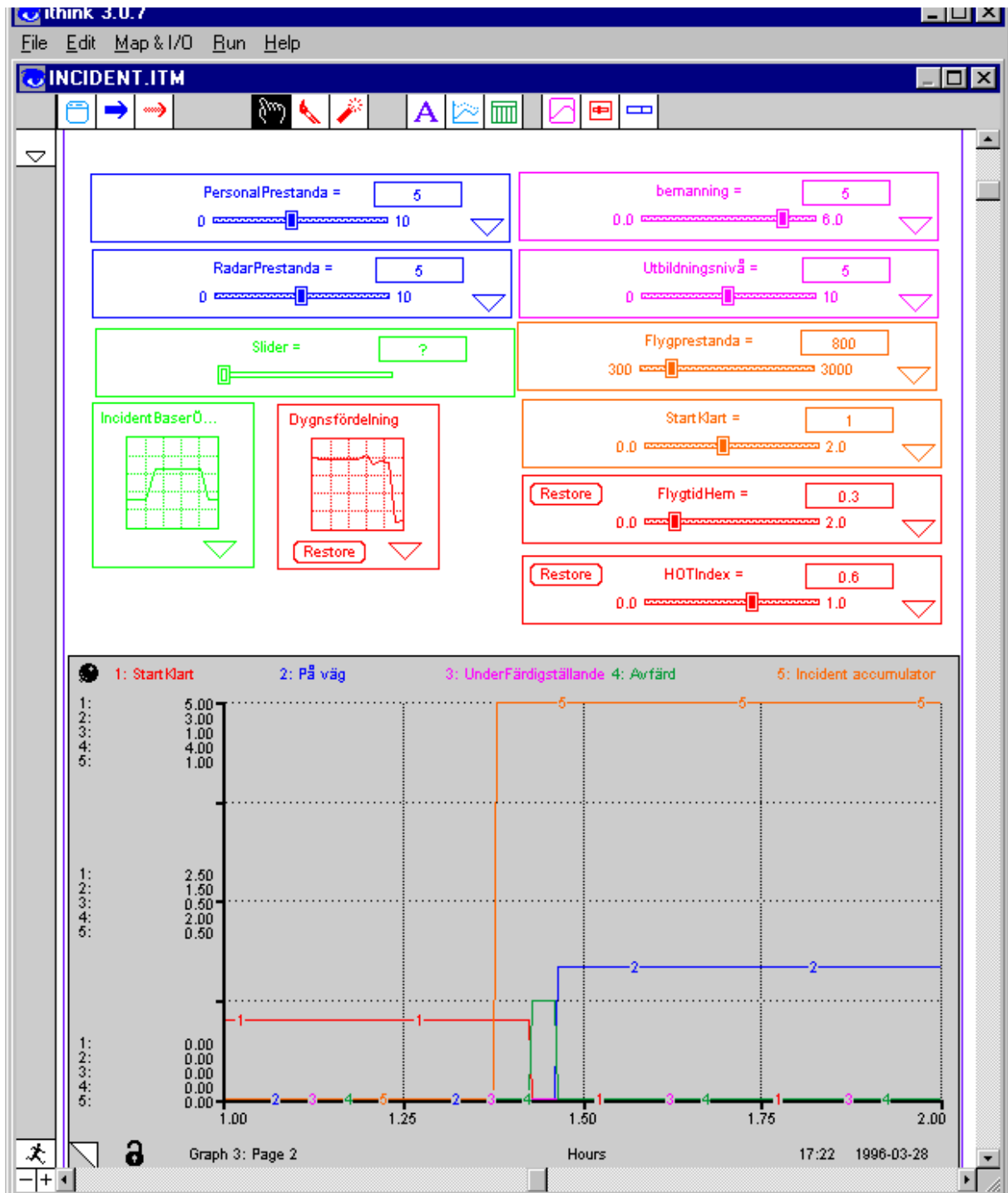


Från kontrollpanelen kan man manipulera både hot intensitet (poissonfördelningens medelvärde) och hotets fördelning över dygnet.

I modellen finns även en ackumulator för de kränkningar som genererats. I Flygsubsystemet finns motsvarande ackumulator för incidentinsatser.

5.5.10. Simulerings exempel 1: Detaljstudier av flygförlopp

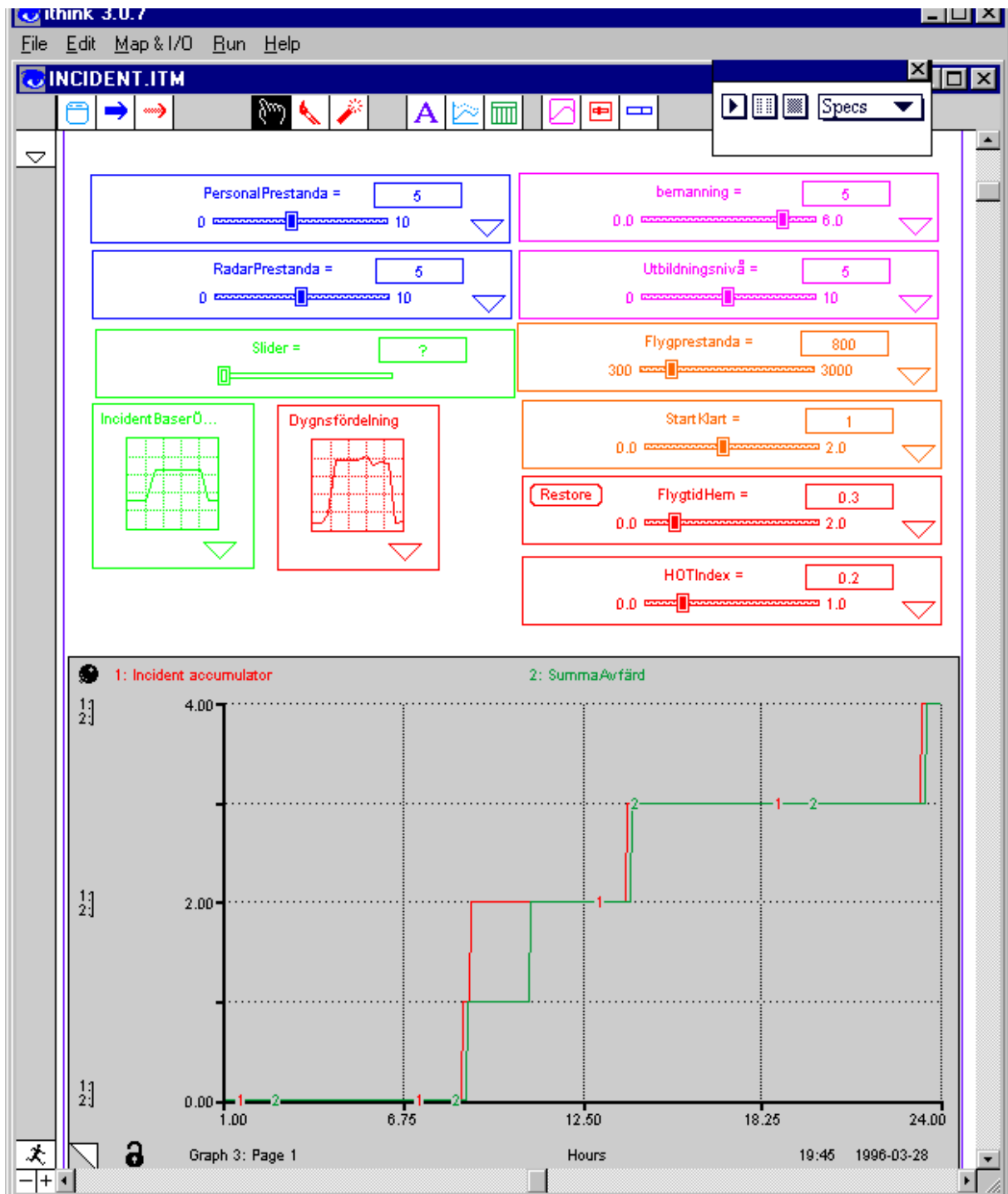
För att få en uppfattning om vad som händer från det att en kränkning inleds till dess att kränkningen är avvisad ställer vi in tidsskalan så att vi tittar på en timme. Efter ett antal körningar har vi fångat ett kränkingsförlopp. I nedanstående bild ser man förloppet.



Graf ett visar att det står ett incident fly berett på en bas. Efter 35 minuter sker en kränkning. Ackumulatorn för kränkningar åker upp till 1. Efter en fördröjning går grafen för avfärd upp. Detta är tiden från order till piloten till dess flyget har kurs mot målet. Den tidsförlost som ligger innan är tidsförlusten under målupptäckt, identifiering och beslut. Denna kan studeras för sig i ett annat diagram. Därefter börjar flygning mot målet. Hastigheten är inställd till 800km/h så det tar mer än de 30 minuter som visas i diagrammet.

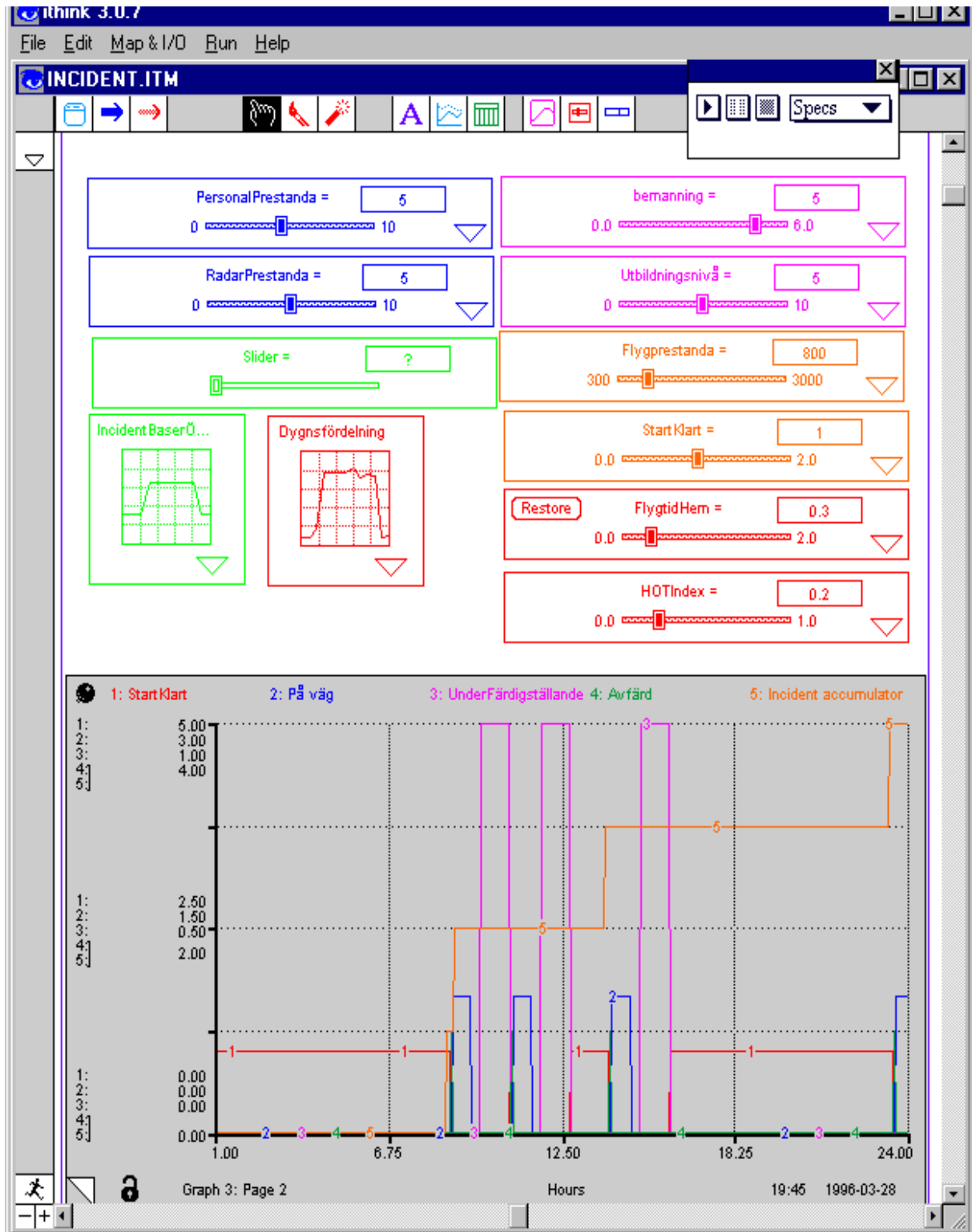
5.5.11. Simuleringsexempel 2: Flera kränkningar under ett dygn

Simuleringen är inställd enligt värdena på bilden.



I grafen syns ackumuleringen av kränkningar respektive starter av incident flyg. Under dygnet skedde 4 kränkningar varav 2 nästan samtidigt vid 8 tiden på morgonen. I diagrammet kan man se att incidentflyget lyfte strax efter första kränkningen men att det sedan dröjde att bra tag innan insats kunde göras mot den andra kränkningen. Detta berodde på att det endast fanns ett incidentflyg att tillgå och att man följaktligen fick vänta på att första uppdraget fullföljts innan nästa kunde starta.

I nästa bild ser vi hur incidentflyget går igenom flyginsatsens olika faser. Lägg märke till att detta är ett annat diagram men att det härrör från samma experiment som det tidigare.



5.6 Uppfyller Ithink de krav vi har definierat?

5.6.1. *Krav på modelleringsspråket och modelleringsverktyget*

- Modelleringsspråket skall följa en etablerad syntax och semantik för dynamisk modellering - *Ja*
- Modelleringsspråket skall stödja både kontinuerlig (kvantitativ) och diskret simulering - *Ja*
- Modelleingsspråket skall ha en enkel och intuitiv syntax - *Ja*
- Modelleringsspråket skall stödja en hierarkisk uppbyggnad av modellen - *Ja. Vi har inte kunnat konstatera om man kan skapa flera instanser av en submodell. Exemplet är om vi gör en modell för en bas och vill kunna se hur 10 olika baser samverkar som fungerar enligt samma modellbeskrivning.*
- Modelleringsverktyget skall följa någon etablerad standard, ex Windows eller Mac OS - *Ja*
- Modelleringsverktyget skall kunna köras på en normalt bestyckad PC eller Mac - *Ja*
- Modelleringsverktyget skall ha gränssnitt mot standardverktyg, exempelvis DDE-länkar - *Ja. Det står så i manualen men vi har inte prövat det själva ännu.*
- Modelleringsverktyget skall stödja inkrementell verifiering, dvs att delkomponenter kan verifieras var för sig innan de integreras. Detta innebär i princip att modellen måste kunna byggas såväl top down som bottom up. - *Ja.*

Sammanfattningsvis bedömer vi verktyget som mycket kraftfullt och användbart för våra tilltänkta områden.

5.6.2. *Krav på simulerings-användargränssnitt och användargränssnittsverktyg*

- Simulering via ett fördefinierat gränssnitt skall vara möjlig utan detaljerad förståelse av den faktiska underliggande modellen. - *Ja*
- Modelleringsverktyget bör erbjuda möjligheten att generera simuleringsgränssnitt i form av kontroll- och presentationspaneler där man kan styra simuleringen med reglage och där resultatet kontinuerligt presenteras på grafer och instrument. - *Ja*
- Till en modell bör man kunna ha flera sådana kontrollpaneler för olika typer av simulering. Detta kan också användas för att ge ett enkelt gränssnitt både vid skapandet av simuleringssituationen och vid själva körningen av simuleringen. Ett exempel på detta kan vara att man först fördelar resurser, exempelvis budget, mellan olika enheter. Därefter kör man en simulering av ett händelsescenario. - *Ja*

Simulering med eller utan flygsimulator är mycket pedagogiskt och lättanvänt.

5.6.3. *Krav på modellering, simulerings- och utvärderingsmetodik*

De kraven som har ställts på metodiken är ingångskrav på det kommande arbetet. Vårt arbete under förstudien och vår tidigare erfarenhet från process- och metodikarbete gör oss övertygade om att en kraftfull metodik kan skapas. Detta måste ske i steg med succesiv utprovning och återkoppling av erfarenheter, se nedanstående förslag till handlingsplan för en fortsättning.

6. Beskrivning av arbetsmetoden

6.1 Inledning

Resultatet från förstudien presenterades för FMV 96-04-10 och diskussioner om det vidare arbetet inleddes. Förstudien har haft om huvudsyfte att förstå *vad* som kan göras inom systemeffektsberäkningsområdet och svara på en del principiella frågor. Allt för att utgöra ett bra beslutsunderlag för hur en fortsättning skall se ut. Följande aktiviteter bedömdes som viktiga för att kunna uppnå FMV:s långsiktiga mål.

6.2 Undersökning och förståelse för andra modelleringsinitiativ inom FMV

Det finns ett antal andra initiativ inom FMV för att modellera olika aspekter. Dessa bör kartläggas för att se om det finns kunnande som kan lyftas in i detta arbete och eventuella samarbeten skall definieras.

6.3 Modelleringsmetod

En metodbeskrivning måste tas fram för att FMV själva skall kunna modellera sin verksamhet med rekommenderade språk och verktyg. Metodbeskrivningen bör åtminstone innehålla följande:

1. Vad man kan (och inte kan) modellera och vad som är möjligt att göra med en färdig modell med tillhörande verktygsstöd.

2. Beskrivning av underliggande matematik (reglerteori, differentialekvationer), syntax, semantik och en kort introduktion till verktyget som komplement till den manual som levereras med verktyget. Genomgång av "Beer game" för att visa en modell, olika beställningsstrategier och vad som händer vid olika inställningar.

3. De olika steg som bör göras för att få fram en modell som kan simuleras. Redan nu kan vi identifiera följande steg:

- Informationsinsamling och en första grov modell på hög abstraktionsnivå som fångar in de koncepten som anses vara viktiga. Resonemang om konkreta och abstrakta koncept (exempelvis "Upplevd kvalitet"), granularitet och djup i modellen.
- Verifiering av grov modell med olika experter för att se att grunddynamiken är korrekt modellerad. ("Ökar vi där så minskar den..."). Gör grafiska beroenden mellan in- och utflöden för att fånga det huvudsakliga beroendet.
- Öka granulariteten i ett delträd i taget. Verifiera att grunddynamiken fortfarande stämmer efter modellering i varje delträd. Inled med att göra grafiska beroenden mellan in- och utflöden.
- Titta på varje delkomponent och försök att finna matematiska beroenden och sätt kvantifierbara värden. Identifiera var vi skall ha absoluta värden och var vi skall modellera med statistiska processer.
- Verifiera hela modellen genom att låsa visa parametrar och lägga på kända inflöden. Se hur modellen reagerar för stegsvar, mätningar och botteningar. Gör detta med potentiella användare och få uppfattning om vilken uppsättning användare-interface (olika knappuppsättningar och grafer i flygsimulatore) som är intressanta.
- Skapa användar-interface.
- Visa ett antal standardbyggstenar som är ofta återkommande och som kan lyftas in i modellen.

6.4. Aktiviteter

6.4.1. Undersökning och förståelse för andra modelleringsinitiativ inom FMV

Det finns ett antal andra initiativ inom FMV för att modellera olika aspekter. Dessa bör kartläggas för att se om det finns kunnande som kan lyftas in i detta arbete och eventuella samarbeten skall definieras.

6.4.2. Provmodellering med hjälp av preliminär version av metoden

Metoden bör tas fram i en preliminär version och utprovas av ett FMV-team med Kipling som coacher. Erfarenheterna från denna provmodellering leder till en revidering av metoden. Den verksamhet som

skall modelleras bör vara rimligt stor och innehålla både teknik, människor, processer/metoder och organisation för att kunna ge bra svar på hur metodiken fungerar. Hela provmodellen dokumenteras.

6.4.3. Framtagning av standardbyggstenar

Provmodellen bör ge en insikt i om man kan definiera ett antal standardbyggstenar som kan lyftas rätt in i en större modell. Metoden bör också innehålla riktlinjer för att kunna identifiera byggstenar och hur dessa kan parametreras.

6.4.4. Utbildningspaket

Efter provmodellen och en färdig metodbeskrivning bör ett utbildningspaket tas fram. Utbildningspaketet kan vara en 3 - 5 dagars kurs som ger en ingående förståelse i modellering och för de olika stegen i metodiken.

6.4.5. Utredda olika användningsområden för modellering

Utifrån en modell finns det många olika aspekter som kan studeras. En inventering hos olika instanser på FMV kan ge nya användningsområden som exempelvis kontroll av resursförbrukning, underhålls- och reparationsstrategier, rekrytering av personal.

6.4.6. Plan för hur modellering kan spridas inom FMV

I samråd med berörda avdelningar planera in genomgångar och orientera om planerad verksamhet.

6.4.7. Utbildning och marknadsföring internt inom FMV

Genomföra ett antal seminarier och presentationer för olika instanser inom FMV både för att sälja in idéerna och för att informera om vad som görs.

6.4.8. Samarbete med Universitet i Linköping

Ambitionen är att definiera ett antal områden med mera forskningskaraktär som kan studeras av förslagsvis universitet i Linköping.

7. Grunderna i arbetsmetoden

7.1 Grundtänket

Metoden utgår från en kravhierarki och från en funktions- och systemstruktur given i de styrande dokumenten.

För att Försvarsmakten (FM) ska kunna lösa tilldelade uppgifter ska FM besitta vissa operativa förmågor, som kan delas ner i taktiska delförmågor. Dessa skapas av en eller flera taktiska funktioner som i sin tur realiserar av ett eller flera materielsystem. Den systemeffekt som erhålls bestäms i huvudsak av de egenskaper som respektive funktion och materielsystem har och samspelet mellan dessa egenskaper. Kraven på de taktiska delförmågorna och funktionerna finns redovisade i dokumenten SYMM-L och FuUP för flygstridskrafterna.

Föreslagen metod för systemeffektanalys bygger på att aktuellt försvarssystem med sin struktur, sina funktioner och system och respektive egenskaper avbildas i en modell med den principiella struktur och uppbyggnad som framgår av kapitel 5. Med modellens hjälp kan sedan systemeffekten - verkan i målet - för aktuella typuppdrag beräknas. Typuppdragen simuleras att pågå vis tid, tex 100 timmar, och med inställningar som svarar mot aktuell materiel- och förbandsstatus eller mot framtida mål erhålls ett mått på hur pass väl respektive typuppdrag kan genomföras nu eller i framtiden. Hur systemeffekten definieras och beräknas framgår av kap 8.

Modellen visar på kopplingen mellan förmågor, funktioner, system och dess egenskaper och ger en tydlig spårbarhet till de styrande dokumenten. Denna koppling är nödvändig att förstå för att få en bättre stringens i en systemeffektanalys.

Modellen är byggd med tanke på att resultat från externa simuleringar ska kunna läggas in som värde på vissa egenskaper.

Vid körning av modellen kommer systemeffekten, effektiviteten och uthålligheten att presenteras i form av kurvor eller som tabelldata. Genom att analysera hur systemeffekten och övriga värden varierar och genom att variera de olika egenskapsparametrarna (indata) erhålls kunskap om vad som mest påverkar systemeffekten och vad som är begränsande. Utifrån denna information får man sen bedöma vilka åtgärder i form av förbättrade tekniska prestanda, förbättring av personalens färdigheter etc. som kan göras i det system som åstadkom begränsningen (flaskhalsen). När detta system åtgärdats är det ett annat system som kommer att vara begränsande och om även detta ska åtgärdas bestäms av den nivå på den totala systemeffekten som eftersträvas. Kostnaderna för att förbättra ett system får bedömas utifrån tillgänglig kunskap om teknik, marknad, personaltillgång etc. Modellen innehåller dock f.n. inga kostnadsberäkningar.

Den skarpa Modellen (för det försvarssystem som ska analyseras) bör konstrueras utifrån föreslagen struktur och av den grupp som ska använda resultaten. Detta arbete kommer att ge användarna den nödvändiga insikten om samspelet mellan egenskaperna hos systemen och om utvecklingsstegens tidsmässiga kopplingar. Arbetsgången härvid beskrivs i kap 7. För att resultat och förslag till åtgärder ska vara trovärdiga behövs att den grupp som konstruerat modellen och givit de olika egenskaperna dess värden och inbördes relationer är helt eniga om dessa och att modellens beteende är det förväntade.

7.2 Förmågor kravhierarki

Utgående från den struktur och kravhierarki som anges i aktuella styrande dokument kan kopplingen mellan förmågor funktioner system och egenskaper fastläggas. Detta kan redovisas i matriser enligt exempel i tabellerna 1 och 2 nedan. Tabell 1 visar sambandet mellan Förmågor och Funktioner dvs vilka funktioner som tillsammans skapar en förmåga och tabell 2 visar sambandet mellan Funktioner och System och vilka egenskaper som respektive system har.

Tabell 1 Förmåge-Funktionsmatris, Exempel

FÖRMÅGA / FUNKTION Anger vilka funktioner som skapar förmågor	Ledningsförmåga	Lufförsvarsförmåga	Markmålsbekämpningsförmåga	Sjömålsbekämpningsförmåga	Underrättelseinhämtning s förmåga	Flygtransportförmåga	Skyddsförmåga	Logistikförmåga	Anpassning(sförmåga)
Ledningsfunktion	x								
Luftmålsbekämpningsfunktion		x							
Markmålsbekämpningsfunktion			x						
Sjömålsbekämpningsfunktion				x					
Flygspaningsfunktion					x				
Flygtransportfunktion						x			
Skyddfunktion		x	x	x		x	x		
Luftbevakningsfunktion		x			x	x			
Flygtrafikfunktion		x	x	x		x			
Stridsledningsfunktion		x	x	x					
Sambandsfunktion	x	x	x	x	x	x			
Flygbasfunktion		x	x	x		x		x	
Flygräddningsfunktion		x	x	x					

Tabell 2 Funktions-Systemmatris (exempel)

SYSTEM / FUNKTION Anger vilka system som ingår i funktion Funktionsutvecklingsplaner	Egenskaper	Taktiska	Lednings	Luftbevaknings	Strids	Bas	Trafik	Flyg	Flyg	Egenskydds	Underrättelse	Spanings	Sambands	Bas och uh-	Flygräddnings
		system	system	system	system	system	system	system	system	system (VMS)	inlämnings	system	system	system	system
Ledningsfunktion FuUP LED	och störtålighet, Lärande	X													
Luftmålsbekämpningsfunktion FuUP JAS 39 FuUPXXX	Bekämpningssannolikhet Uthållighet i stridsområdet Tillgänglighet Störtålighet Beredskap Egenskydd) Omgrupperingstid Samverkansanpassning		x	x			X	X	X			x	x	x	
Markmålsbekämpningsfunktion	Bekämpningssannolikhet Uthållighet i stridsområdet Tillgänglighet Störtålighet Beredskap Egenskydd) Omgrupperingstid Samverkansanpassning			x			X	X	X			x	x	x	
Sjömålsbekämpningsfunktion	Bekämpningssannolikhet Uthållighet i stridsområdet Tillgänglighet Störtålighet Beredskap Egenskydd) Omgrupperingstid Samverkansanpassning			x			X	X	X			x	x	x	
Flygspaningsfunktion	Spaningskapacitet Räckvidd Tillgänglighet Störtålighet Beredskap Egenskydd Omgrupperingstid Samverkansanpassning			x			X		X			x	x	x	
Flygtransportfunktion	Transporttider Egenskydd Tillgänglighet Samverkan (kommunikation) Omgrupperingstider						x	X	X			x	x		
Skyddfunktion Luftbevakningsfunktion			X								x	X	X		
Flygtrafikfunktion Stridsledningfunktion							X						x		
Sambandsfunktion Flygbasfunktion												X		x	x
Flygräddningsfunktion	Bekänningskapacitet, T-tid Räddningskapacitet, Räckvidd, Beredskap						X						x		X

7.3 Verktyg och hjälpmedel

System Dynamics (se bilaga 1 för en mera generell och detaljerad beskrivning) eller dynamisk modellering är verktyget i metoden för att:

- Förstå och genomsåda dynamiken i systemet som helhet och hur olika aspekter i systemet samverkar eller motverkar varandra över tiden. Vi har exempelvis en lärande loop och en ökad

stridserfarenhet som med tiden ökar vår systemförmåga. Detta motverkas av en konsumtion av resurser och materiel tillsammans med att fienden bekämpar och slår ut vissa av våra resurser

- Identifiera var den begränsande faktorn finns i systemet. Med en modell av systemet och att med simulering ”belasta” systemet med olika hotbilder ger oss en insikt om var en insats skall göras som bidrar till helheten. I modellen kan detta relativt enkelt detekteras exempelvis genom att vi har en tillväxt i en kö framför en planeringsprocess, dvs processen har för låg kapacitet och förmår inte planera verksamhet i den takt som ställda uppgifter kräver
- Förstå konsekvenser av olika alternativa insatser för att öka systemförmågan. Ska vi höja kapaciteten i ett visst tekniskt system eller ska vi utbilda personal? I modellen är det enkelt att simulera olika insatser och se om de bidrar till helheten, dvs avgöra om det är just där vi skall göra en insats för att höja systemförmågan för hela systemet
- Modellerna skapas i ett dataverktyg som heter Ithink och som använts i ett flertal tidigare modelleringsprojekt inom FMV

8. Definition av systemeffekt

Vår uppfattning är att just diskussionen och definitionen av Systemeffekt var viktig och blev ett genombrott för att kunna simulera och kvantifiera förmågor och hur dessa tillsammans gav en mätbar Systemeffekt. Vår formel som ses i 8.1 är konkret och begriplig och kan därför diskuteras och vidareutvecklas.

8.1 Allmänt om systemeffekt

För att tydliggöra definitionen används Flygstridskrafterna (FV 2000) som exempel. Definitionen är dock generell och kan gälla för de andra försvarssystemen men då med andra benämningar på förmågor, funktioner mm. Definitionerna följer den struktur som anges i SYMM-L. I vår modellansats finns både begreppen funktioner och förmågor som används i texten nedan. Funktionerna är de som de åstadkommer något resultat och påverkar utfallet i modellen medan förmågorna är en gruppering av ett antal funktionsegenskaper som tillsammans kan utgöra ett avläsbart mått på förmågan. Jämför detta resonemang med att en bil har funktionen krockkuddar för att öka skyddsförmågan. Det är krockkuddarna som påverkar utfallet vid en krock, men ska vi få en uppfattning om skyddsförmågan får vi på något sätt väga samman vad funktionerna krockkuddar, deformationszoner och säkerhetsbälte ger. Vi anser det nödvändigt att inleda med denna förklaring för att läsaren ska känna skillnad på vad som kallas förmågor och funktioner nedan, eftersom dessa begrepp inte använts helt stringent i de styrande dokument som vi försöker förhålla oss till.

Systemeffekt är ett mått på den verkan i målet, i vid bemärkelse, som kan uppnås med vapenverkanfunktionerna Luftmålsbekämpnings-, Markmålsbekämpnings-, Sjomålsbekämpnings-, och Flygtransportfunktionerna. Systemeffektvärdet talar om vilken förmåga som flygstridskrafterna har vad avser Luftförsvarsförmåga, Markmålsbekämpningsförmåga, Sjomålsbekämpningsförmåga, Flygtransportförmåga.

Övriga funktioner, Skyddsfunktionen, Luftbevakningsfunktionen, Flygtrafikfunktionen, Stridsledningsfunktionen, Sambandsfunktionen, Flygbasfunktionen och Flygräddningsfunktionen, ger ingen verkan i målet men de är nödvändiga för verkanfunktionerna. För dessa funktioner anges ett kvalitetsmått, ett Q-tal, som talar om vilken förmåga som flygstridskrafterna har vad avser Underrättelseinhämtnings-, Skydds-, Logistik- och Anpassningsförmåga.

Verkan i målet (luft sjö eller mark) uppnås vanligen i form vapenbekämpning i strid vilket kan medföra egna förluster. Vid genomförande av ett uppdrag uppnås ej heller alltid den önskade eller planerade verkan utan det blir en något lägre verkan av olika skäl. Genom att relatera uppnådd verkan i förhållande till önskad verkan erhålls ett mått på den systemeffekt som respektive funktion tillför.

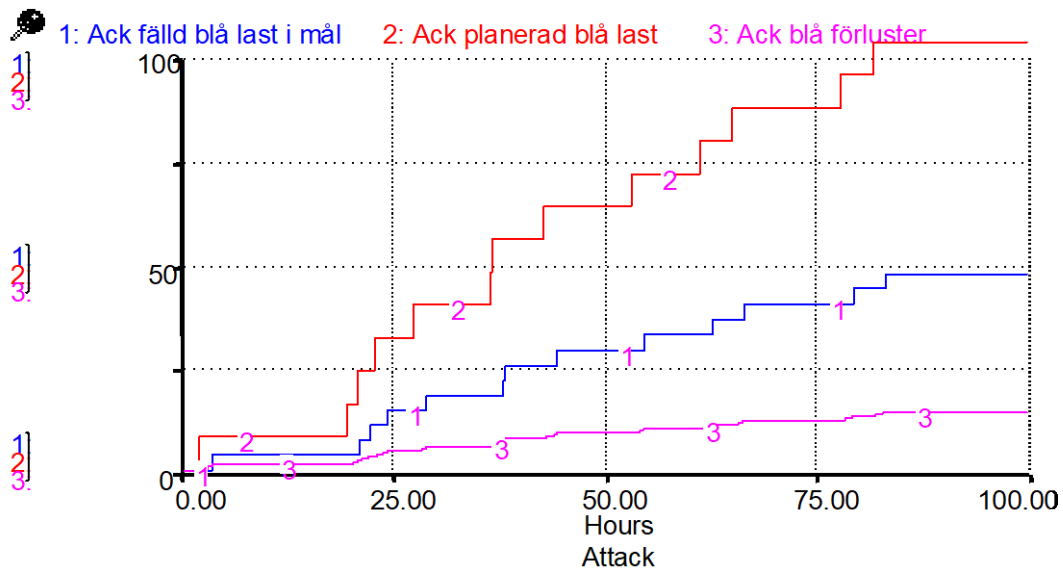
**Systemeffekt = uppnådd verkan i målet / önskad verkan i målet
dvs ett tal mellan 0 och 1**

Systemeffekt beräknas i modellen med hänsyn till utfallet av striden mellan "Röd styrka" (motståndaren) och "Blå styrka" (våra förband) och "Röd" och "Blå" används fortsättningsvis i texten och i modellen för att ange motståndarens styrkor respektive våra styrkor. Vilken verkan i målet som uppnås hämtas från tex en duellsimulator och tillförs modellen i form av indata. För att visa hur vi räknar ut detta i modellen kan vi ta systemeffektmaßtet för markmålsbekämpningsförmåga (attack) som i modellen definieras som:

Effekt = blå fälld last i mål/blå planerad last att fälla

Modellen ställs då in för en attackuppgift och körs 100 timmar. Modellen kommer löpande att mäta av hur mycket blå last som planerats att fälla och vad som faktiskt fälls och en graf visar hur utfallet sker över tiden, se nedan figur. Själva effektmaßtet vi använder oss av är den slutliga kvoten av det

ackumulerade antalet fällda bomber mot det ackumulerade antalet planerade bomber att fälla, dvs ett tal mellan 0 och 1.



Genom att relatera uppnådd verkan i förhållande till resursförbrukningen (vad det "kostar" att nå viss verkan) erhålls ett mått på systemeffektiviteten dvs ett tal som anger någon slags verkningsgrad. I begreppet kostnad ligger både förluster av förband och enheter, konsumtion av vapen/ammunition, drivmedel mm. Systemeffektiviteten ska ses som ett komplement till systemeffekten, som kommer till användning vid värdering av ett handlingsalternativ eller systemlösning.

Systemeffektivitet = uppnådd verkan i målet / egen kostnad för uppnådd verkan

Med attackexemplet ovan så blir systemeffektiviteten blå fälld last i mål/blå förluster. Genom att beräkna uthålligheten, dvs hur länge som stridskrafterna har resurser (tex fpl) kvar och kan genomföra bekämpningar, fås ytterligare ett komplement till systemeffekten som kommer till användning vid värdering av ett handlingsalternativ eller systemlösning.

Uthållighet = andel av totala tiden då vi kan utföra planerade uppgifter

Q-tal (förmåga) = sammanvägt värde av två eller flera funktioner som ger ett mått på kvaliteten hos förmågan dvs ett tal mellan 0 och 1

I följande avsnitt definieras systemeffekt och Q-tal för aktuella förmågor.

8.2 Systemeffekt för flygstridskrafterna

En sammantagen systemeffekt för flygstridskrafterna med samtidigt genomförande av samtliga typer av uppdrag har (kan) inte definieras utan systemeffekt har definierats separat för varje typ av uppdrag. Vid värdering av ett handlingsalternativ eller systemlösning körs samtliga uppdragstyper med det aktuella alternativet och effekt-, effektivitets- och uthållighetsvärdena ställs samman och värderas sammantaget.

8.3 Förutsättningar för systemeffekt

Målen som ska bekämpas och miljön där målet uppträder ser ju olika ut för olika typer av uppdrag. För varje typ av uppdrag (jaktuppdrag, attackuppdrag internationell attackinsats etc. fastläggs därför ett urval av information från respektive typuppdrag som ska ge nödvändiga förutsättningar och övriga

omständigheter i form av indata till analysen. Indata kan vara styrkeförhållanden, anflygningssträckor, tider, systemparametrar etc. Varje handlingsalternativ analyseras mot ett och samma typuppdragsdata. Modellen hanterar följande typuppdrag:

- Jaktuppdrag luftförsvaret - Röd kommer med röd last och blå går upp för att avvärja att röd last fälls
- Attackuppdrag - Blå flyger till mål för att fälla blå last med viss träffsäkerhet eller verkanssannolikhet
- Internationell Attackuppdrag - Som Attack men ska nu samspela med externa system och resurser
- Eskortuppdrag - Blå flyger till mål för att fälla blå last och skyddas av blå jakt
- Spaningsuppdrag - Blå flyger till mål för att spana ut ett antal objekt

Luftnärvaro - Blå ska hålla kontinuerlig närvaro i definierat område.

8.4 Systemeffekt vid jaktinsats luftförsvaret (luftförsvarsförmåga)

Med luftförsvarsinsats menas jaktuppdrag med syfte att förhindra angriparen att uppnå verkan, dvs fälla vapenlast som t.ex. bomber eller avfyra robotar eller missiler. Effekten blir här ett mått på hur pass bra våra system kan hindra angriparen att fälla eller avfyra sina vapen. Detta kan uttryckas som förhållandet mellan vår förmåga att förhindra angriparens vapenverkan och angriparens önskade vapenverkan.

Modellmässigt kan detta anges som: Röd kommer med röd last och blå går upp för att avvärja att röd last fälls varvid

**Systemeffekten = stoppad röd last/lastad röd last
att fälla = (röd lastad last – röd fälld last) / röd lastad last**

**Effektiviteten = stoppad last/förluster = (röd lastad last – röd
fälld last) / blå förluster**

8.5 Systemeffekt vid attack (Markmåls- eller sjömålsbekämpningsförmåga)

Med attackinsats menas ett uppdrag med syfte att uppnå vapenverkan hos angriparen, dvs fälla vapenlast (bomber, robotar missiler, torpeder, granater) över hans system, förband etc.

Modellmässigt kan detta anges som: Blå flyger till mål för att fälla blå last med viss träffsäkerhet eller verkanssannolikhet

Systemeffekten = blå fälld last i mål/blå planerad last att fälla

Effektivitet = blå fälld last i mål/blå förluster

Observera två saker här, dels att vi räknar bara blå last som träffar mål, med precisionsvapen ökar exempelvis träffsannolikheten, dels att vi dividerar med planerad last. Det kanske planeras tio attacker men bara sex kommer iväg på grund av andra brister i förmågor, då utgår effektbegreppet från det vi önskade uppnå dvs tio planerade attacker. Måttet Uthållighet kommer då att visa c:a 0.6 eftersom vi bara klarade sex av tio planerade attacker.

8.6 Systemeffekt vid Internationell Attack

Se pkt 5.5. Skillnaden här är att anpassningsförmågan, dvs hur pass bra teknik, personal och organisation ihop med samverkande förband kommer att påverka systemeffekten och effektiviteten.

8.7 Systemeffekt vid eskort

Behandlas ej i denna utgåva.

8.8 Systemeffekt vid flygspaning

Med spaningsinsats avses uppdrag med syfte att utspana (tex fotografera) anvisade mål. Modellmässigt kan detta anges som: Blå flyger till mål för att spana ut ett antal objekt.

Systemeffekt = antal tillräckligt väl utspanade mål /totala antalet mål som skulle utspanas

Effektivitet = antal tillräckligt väl utspanade mål/blå förluster

8.9 Systemeffekt vid CAP

Med CAPinsats avses uppdrag med syfte att markera närvaro i ett definierat område. Modellmässigt kan detta anges som: Blå ska hålla kontinuerlig närvaro i definierat område med given styrka.

Systemeffekt = andel av angiven tid som blå lyckas hålla kontinuerlig närvaro

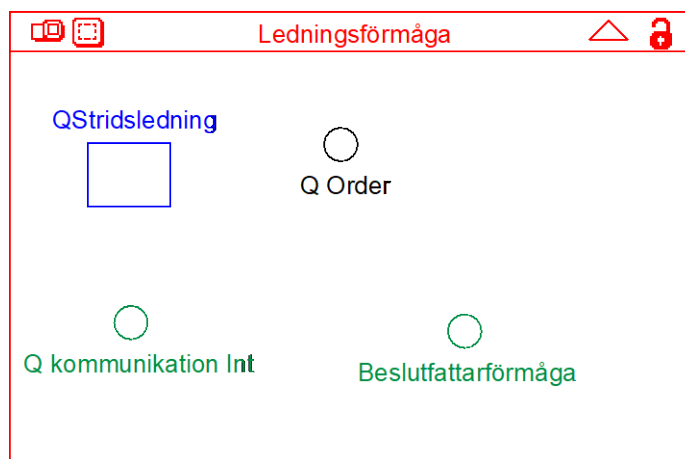
Effektivitet = antal timmar som blå lyckas hålla kontinuerlig närvaro/blå förluster

8.10 Systemeffekt vid flygtransport (flygtransportförmåga)

Behandlas ej i denna utgåva.

8.11 Q-värden för taktiska förmågor

Som tidigare nämnts så är det funktionerna som styr själva utfallet i simuleringarna och sedan har ett antal funktionsegenskaper grupperats ihop till förmågor för att möjliggöra en sammanvägning och avläsning av nivån på en viss förmåga. Exemplet som beskrivs senare i kapitel 9 är ledningsförmågan som i denna modellversion beskrivs som ett rent medelvärde av nedan funktionsegenskaper.



Det kan diskuteras om Q Stridsledning är en del av ledningsförmågan eller om den hör hemma i någon annan förmåga. Med System Dynamics kommer denna typ av frågor upp och ett resonemang och en diskussion blir nödvändig vilket är precis vad vi vill åstadkomma.

Vi har i modellen gjort några grova ansatser för de övriga förmågorna och lyft in ett antal funktionsegenskaper för varje förmåga som vi medelvärdesbildar för att exemplifiera hur det kan se ut och modellen producerar resultat enligt nedan för de olika typuppgifterna.

De förmågor som är satta till 1 är i denna version inte behandlade utan kräver en diskussion med systemkunniga processdeltagare i ett kommande projekt.

EFFEKTVÄRDEN	Jakt	Attack	Int Attack	Spaning	CAP
Effekt	0,22	0,38	0,32	1	0,34
Effektivitet	8,12	2,59	1,84	4,63	3,4
Uthållighet	1	1	1	1	0,34
Q Ledning	0,85	0,87	0,67	0,87	0,88
Q Logistik	1	1	1	1	1
Q Skydd	1	1	1	1	1
Q Underrättelseinh	0,87	0,9	0,72	0,9	0,9
Q Flygtransport	1	1	1	1	1
Q Anpassning	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

9. Beskrivning av modell för analys av flygstridskrafter

9.1 Inledning

Det finns nu en prototypversion av en simulerbar modell i verktyget Ithink där vi kan generera de effektmått vi definierat i rapporten. Vi har också provat oss fram för att hitta en lämplig abstraktionsnivå för modellen som gör den så generell att den kan hantera olika uppgifter, men ändå så detaljerad att den ger användbara resultat. Sammanfattningsvis har modellen hjälpt oss att prova olika tankar, men modellen i sig är inte i nuläget användbar för skarp effektanalys. Syftet med modellen i denna version har varit att:

- prova ut olika effektdefinitioner och bedöma relevansen av dessa
- hitta en struktur i modellen som kan avspegla strukturen i styrande dokument och ge en begriplig spårbarhet
- ge bild av hur egenskaper hos system och funktioner tillsammans skapar olika förmågor och hur dessa förändras dynamiskt över tiden
- med olika inställningar kunna generera definierade effektmått för valda typuppgifter
- vara begriplig och kunna utgöra underlag för konstruktiva diskussioner

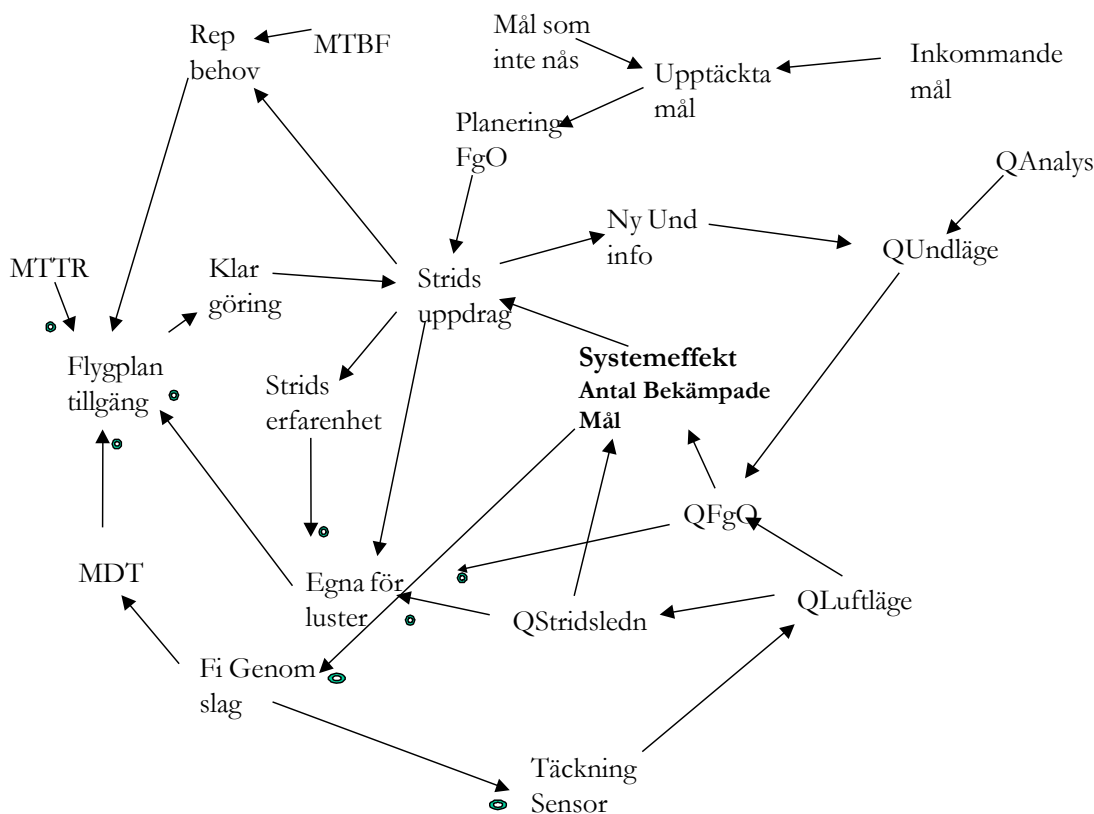
9.2 Orsaksdiagram

I Orsaksdiagrammet, se bild nedan, visas sambandet mellan de dimensionerande egenskaperna och andra väsentliga parametrar.

I flygstridskraftssystemet finns dels förstärkande loopar som vill öka systemeffekten, dels begränsande loopar som vill minska systemeffekten. För den som vill förstå mera hur man läser och tolkar orsaksdiagram och vad förstärkande och begränsade loopar är, se Bilaga 1.

Exempel på förstärkande loopar är: Högre systemeffekt -> flera stridsuppdrag -> mera Undinfo -> bättre Qundläge -> bättre QFgO -> högre systemeffekt.

Exempel på begränsande loopar är: Flera stridsuppdrag -> flera egna förluster -> sämre flygplan-tillgänglighet -> färre klargjorda -> färre stridsuppdrag.



9.3 Introduktion till modellen

Prototypmodellen innehåller blå och röd styrka för att kunna simulera olika uppgifter. Modellen är förberedd för att kunna ta in simuleringsdata från externa simuleringsverktyg och dessa utgör startvärden för vår modell tillsammans med andra startdata som användaren får ställa in på sedvanligt sätt. Fokus i denna dynamiska modell är att se hur de olika egenskaperna tillsammans skapar viss systemeffekt och hur denna utvecklas över tiden på grund av lärande (positivt) och förluster/resursförbrukning (negativt) under de 100 timmarna som modellen simulerar. Ambitionen är att försöka länka in externa data för olika typer av dueller och stridsutfall och givet dessa externa data kommer den dynamiska modellen att visa vad som sker över tiden. Modellen ska klara av att dynamiskt förändra inlänkad data om vi exempelvis ser att vårt system växer och förbättras över tiden.

I modellen kan vi ställa in storlek på röd och blå styrka och vilken vapenlast de för med sig till sitt mål. Lasten kan utgöras av bomber, robotar, missiler (eskoterade fordon) eller annat, modellen är generell. Vid startsignal (egen styrka beslutar sig att starta ett uppdrag eller att vi upptäcker att fi börjar röra på sig) börjar blå styrka att röra sig mot målet. På vägen till målet och vid målet utsätts blå för förluster enligt inlänkad data och återstående styrka fäller sin last då man nått målet för att sedan vända hem. I modellen finns en mängd egenskaper (exempelvis MTTF, MDT och tillgänglighet) som påverkar blå styrka vid kommande uppgifter inom de 100 timmarna.

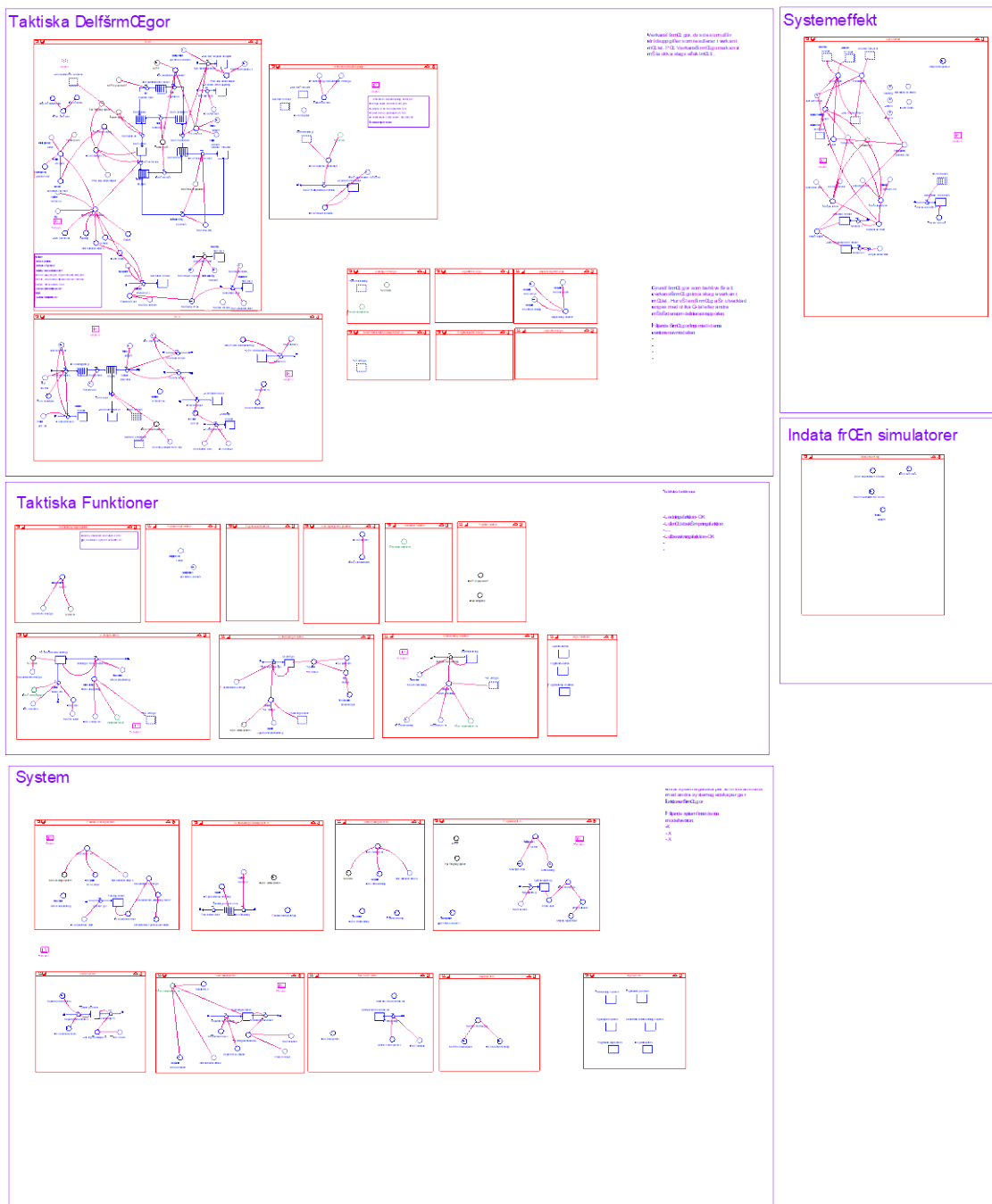
9.4 Beskrivning av modellen

För den som är obekant med System Dynamics och verktyget Ithink rekommenderas en genomläsning av Bilaga 1 för att bättre förstå fortsättningen av detta kapitel som är skrivet för en läsare som är bekant med de strukturer och simuleringsmöjligheter som Ithink erbjuder.

Modellen är på högsta nivå indelad i fem grupper för att öka spårbarheten till styrande dokument. Dessa fem kan vi se i nedanstående figur som är en förminskad bild av hela modellen:

- Taktiska delförmågor – varje förmåga representeras av ett subsystem
- Taktiska funktioner – varje taktisk funktion representeras av ett subsystem
- System – här finns en röd ruta (subsystem i Ithink) för varje definierat materielsystem, se nedan för detaljerat exempel
- Systemeffekt – i denna ruta ligger de olika effektdefinitioner och här kan vi på olika sätt mäta av hur väl uppgifterna genomförs
- Indata från externa simulatorer – denna ruta innehåller just nu inte speciellt mycket, men här ska vi koppla in oss mot externa data som kan hämtas in manuellt eller eventuellt länkas in via Excel-filer

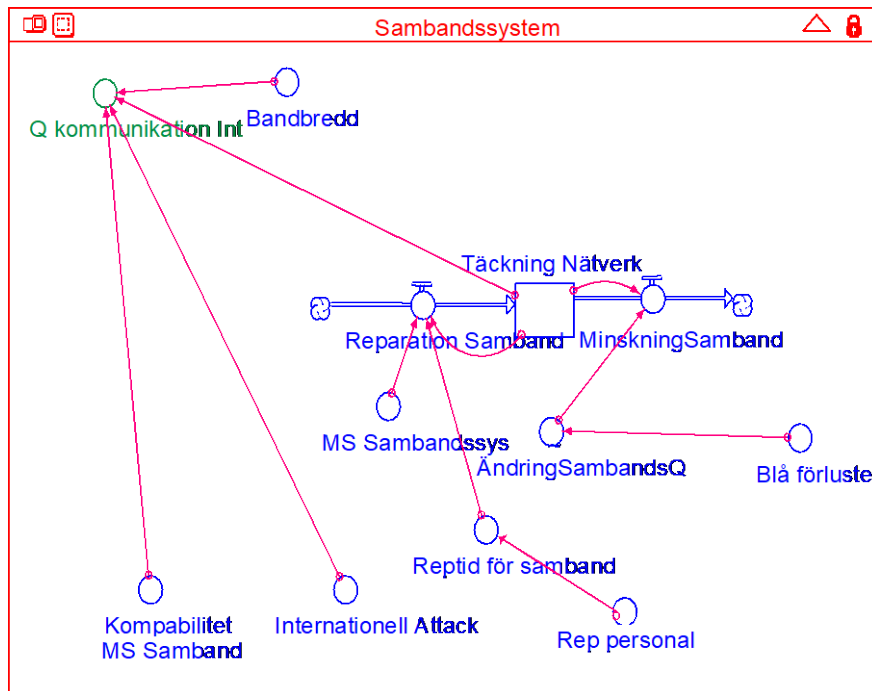
När modellerna skapas så definieras egenskaper och parametrar och det matematiska sambandet dem emellan anges. Det kan vara i form av rena matematiska uttryck eller i form av grafer. Denna ”matematik” syns dock inte i modellbilderna. För att se de matematiska sambanden måste man köra Ithink-programmet.



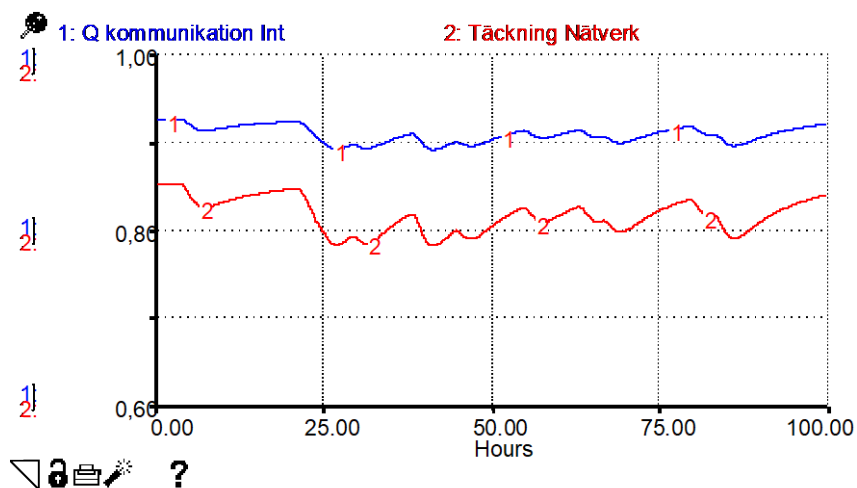
Ett system i modellen beskriver hur P (personal), T (teknik) och V (verksamhet) tillsammans skapar ett antal systemegenskaper. En systemegenskap är vad systemet erbjuder till omgivande system och funktioner för att tillsammans skapa förmågor. I denna version av modellen har vi valt att göra modellexempel på vissa av systemen och för dessa system har vi gjort en enkel modellansats för visa principen. I en kommande riktig modell är modellens innehåll alltid ett resultat av diskussioner och arbetsmöten med systemkunniga människor.

I figuren nedan kan vi se hur systemet Sambandssystem är modellerat. Viktiga systemegenskaper är täckningsgraden i nätverket, bandbredden, reparationstid, kompatibilitet med internationella sambandssystem och det sammanvägda kvalitetstalet på kommunikation, Q Kommunikation. Vi kan se i modellen att blå förluster påverkar täckningsgraden dynamiskt under simuleringen. Om detta är rätt eller

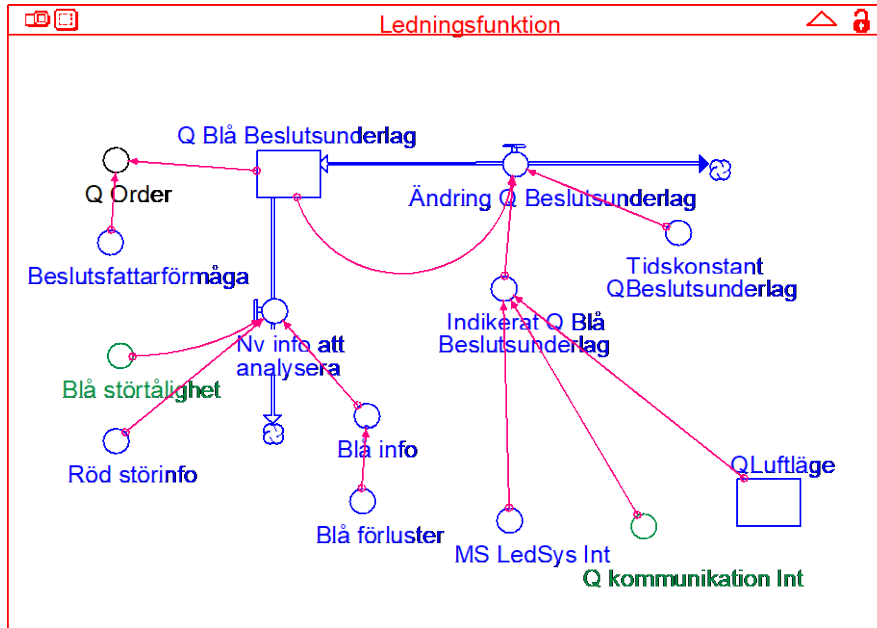
fel kan vi nu plötsligt diskutera under ett arbetsmöte och kanske komma till slutsatsen att även annat påverkar täckningsgraden.



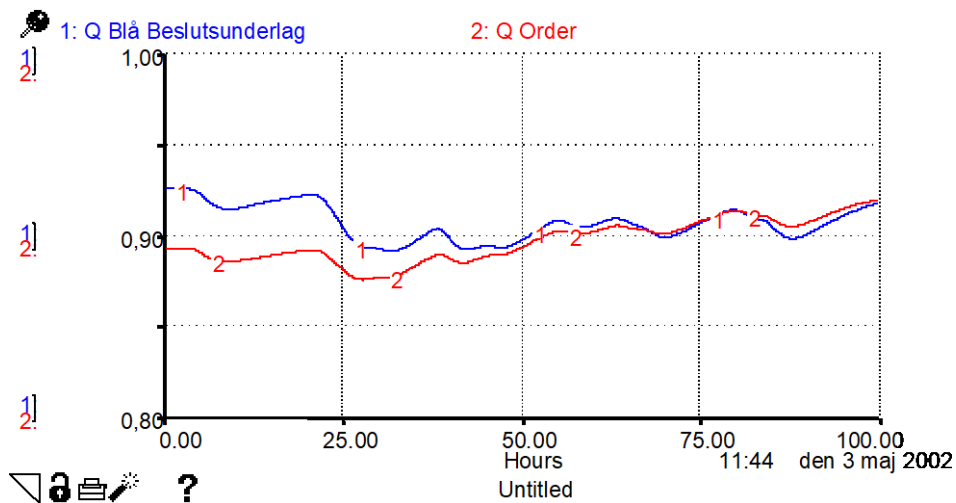
Vi kan titta på hur systemegenskaper kan utvecklas under de 100 timmarna vi simulerar genom att studera grafer som Ithink producerar. I nedanstående exempel visas hur täckningsgraden varierar över tiden beroende på blå förluster och hur snabbt vi lyckas reparera nätverk och återställa täckningsgraden. Skulle vi exempelvis ha en reparationstid på 100 timmar så skulle både täckningsgrad och kvaliteten på kommunikation degraderas och vara på 0 vid simuleringens slut. Det omvända gäller förstås också, skulle reparationstiden vara 0 timmar (dvs maximal skadetålighet) så har vi samma täckning hela tiden som modellen nu är gjord.



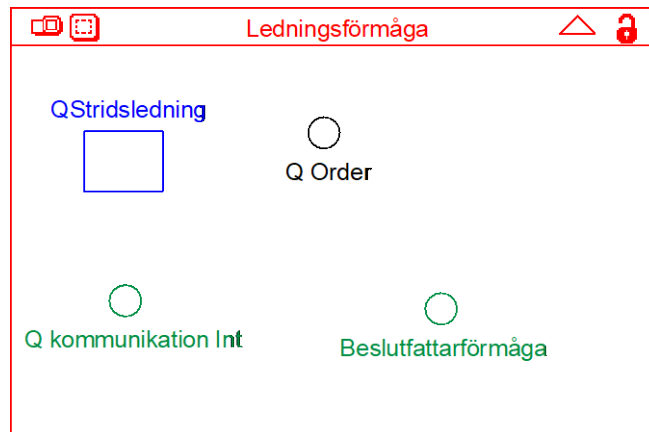
En funktion i modellen visar hur systemegenskaper från olika system vägs samman i en taktisk funktion för att skapa ett antal funktionsegenskaper. Ledningsfunktionen i figuren nedan visar hur Q Luftläge från Luftbevakningsfunktionen och vissa systemegenskaper från Ledningssystem (MS Ledsys Int, Beslutfattarförmåga) skapar Q Blå Beslutsunderlag och Q Order. Vi kan också se den dynamiska påverkan av ledningskrigföring via Röd störinformation och Blå störtålighet och om Q Luftläge varierar beroende på om sensorer slås ut. Störtålighet och störinformation ska här ses i vid bemärkelse.



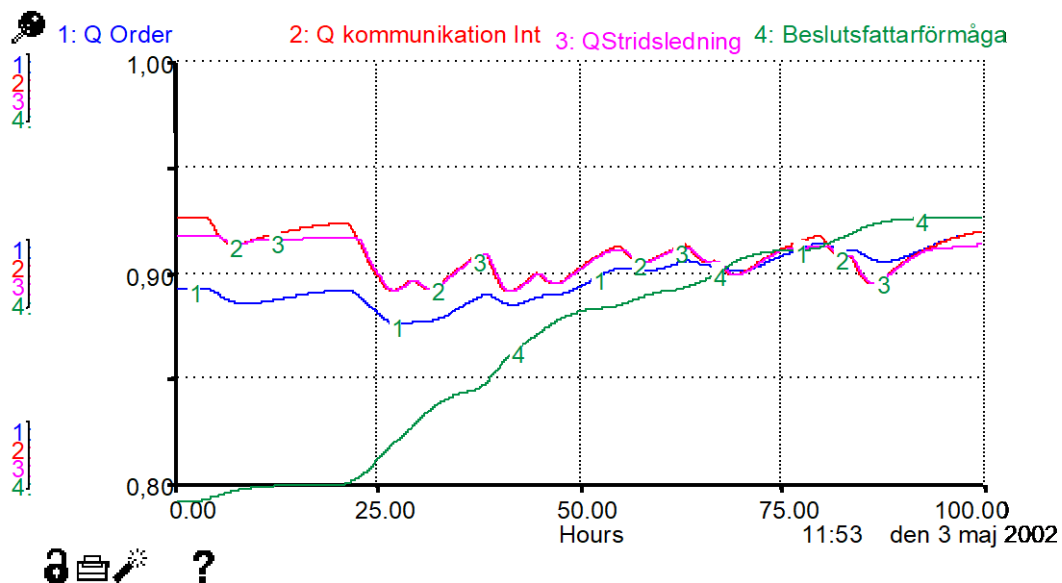
En graf över en 100 timmars simulering visar hur Q Blå Beslutsunderlag och Q Order påverkas över tiden. Man kan se att Q Order förbättras och detta beror på ett lärande och erfarenhetsuppbyggnad i beslutfattarförmågan.



Slutligen så har vi i modellen försökt att gruppera de funktionsegenskaper som beskriver en förmåga för att öka spårbarheten mot styrande dokument. Nedan stående figur visar Ledningsförmåga. De funktionsegenskaper som vi förknippar med ledningsförmåga i modellen är Q Stridsledning, Q Order, Q Kommunikaton och Beslutfattarförmåga. I en komplett modell kommer det givetvis att finnas flera funktionsegenskaper som beskriver respektive förmåga.

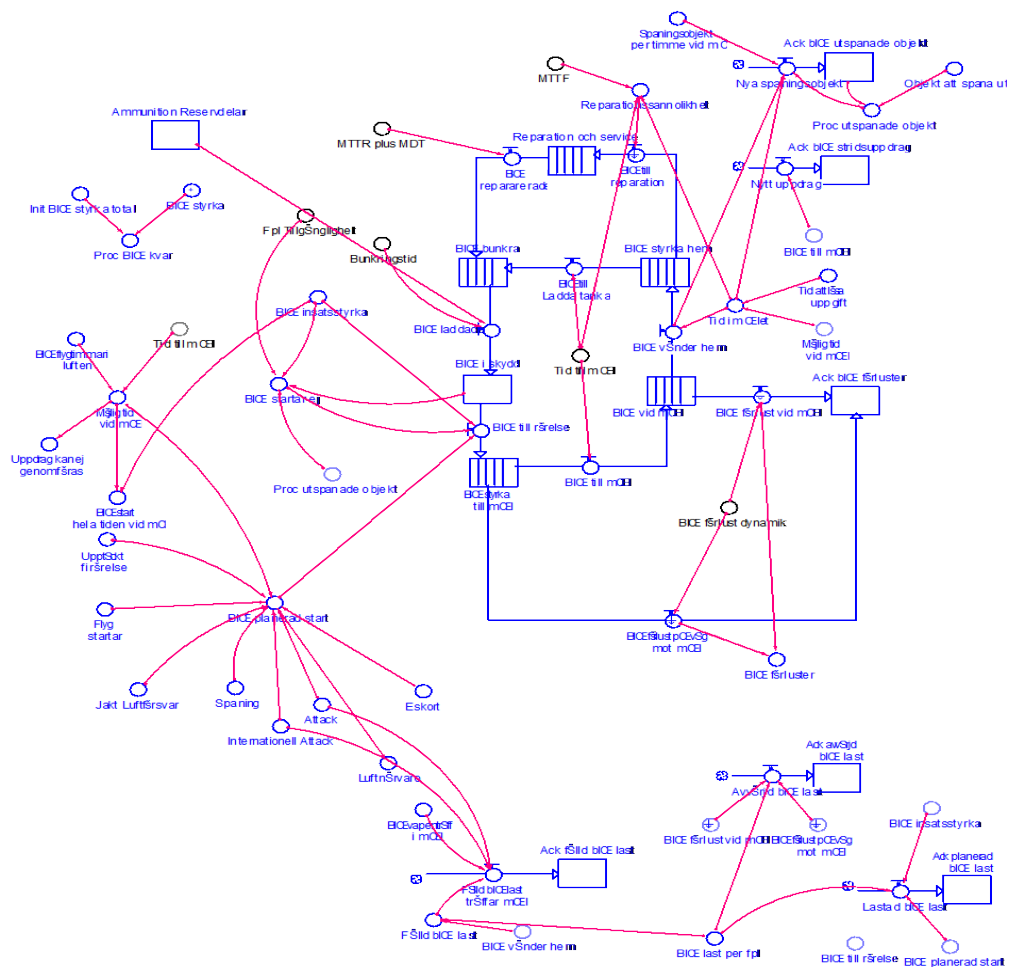


En simulering av hur de olika funktionsegenskaperna utvecklas över tiden kan se ut enligt nedan. Vi ser att beslutfattarförmågan ökar med tiden och då även Q Order. Man kan även konstatera att Q Stridsledning och Q Kommunikation följer varandra väl i modellen. Detta beror på att vi ställt in en stark koppling mellan kommunikation och den kvaliteten på den minutoperativa stridsledningen. Detta kan givetvis diskuteras och återigen är syftet med modellen att både initiera och skapa underlag för konstruktiva diskussioner om hur olika egenskaper egentligen skapar effekt.



Som vi nu sett har varje subsystem på system och funktionsnivå en modellansats av respektive system och funktion och hur dessa bidrar till de olika förmågorna. Dessa förmågor påverkar sedan utfallet för varje uppgift som vi kör. Vi har lyckats att definiera en gemensam modellansats för hur blå styrka uppträder som fungerar för alla olika uppgifterna som visas i figuren nedan. I princip är det en tillståndsmaskin där blå styrkor förflyttar sig mellan olika tillstånd enligt nedan redovisad cykel:

- Blå cykel = Skydd -> På väg mot mål -> Vid mål -> På väg hem -> eventuell Reparation -> Bunkra -> Skydd
- Blå förlust kan ske på väg till mål och vid mål
- Förlustgrad hämtas från extern simulator som påverkas dynamiskt i modellen
- Olika storlek på insatsstyrka, tid till mål, tid vid mål, förluster, MTTF, MTBF, Bunkringstid etc. styr förloppet
- Blå kan medföra last (= vapen, trupper, fordon)



9.5 Spårbarhet till styrande dokument

En stor del av vårt uppdrag har varit att hitta en modellstruktur som kan synliggöra kopplingen mellan förmågor, funktioner och system och som så tydligt som möjligt har en spårbarhet mot styrande dokument. Bästa sättet att demonstrera hur vi löst detta är med figuren nedan där vi klippt ut en del av modellen för att visa på detta. På grund av bildens storlek är det svårt att läsa variablernas namn, men följande kopplingar finns:

- I systemet Sensorsystem (längst ner i figuren) finns systemegenskapen TäckningSensor som är ett tal mellan 0 och 1. Täckningen påverkas i denna version av modellen av MSSensorsystem, en viss utslagning av sensorer beroende på hur blå och röd betar sig under simuleringen och en reparationstid för sensorsystemen
- I funktionen Luftbevakningsfunktion bidrar TäckningSensor tillsammans med systemegenskaper från andra system (som inte syns i denna figur) till att skapa ett Q Luftläge som också är ett tal mellan 0 och 1
- I funktionen Ledningsfunktion bidrar Q Luftläge tillsammans med systemegenskaper från andra system (som inte syns i denna figur) till att skapa ett Q Beslutsunderlag som också är ett tal mellan 0 och 1. Q Order påverkas av Q Beslutsunderlag och några andra faktorer och är den primära funktionsegenskapen i Ledningsfunktionen
- Slutligen ser vi att Q Order (tillsammans med andra funktionsegenskaper som inte syns i denna figur) påverkar utfallet av blå förluster då en uppgift simuleras

På detta vis kommer en ändrad inställning för MSSensorsystem eller Reparationstid för sensorsystem att ändra vissa funktionsegenskaper och då även utfallet i simuleringen. Med känslighetsanalys i Ithink kan vi då förstå hur känsligt just ett tillskott i MSSensorsystem bidrar till att en uppgift löses på ett bättre sätt.

9.6 Möjlighet att länka in skarpa indata från andra simuleringar

Modellen är konstruerad så att skarpa data (oftast hemliga) kan länkas in från andra simuleringar vid behov. Exempelvis finns simuleringar på stridsutfall för olika kombinationer och härifrån kan siffervärden plockas och sättas in i modellen. Modellen är gjord och validerad med fiktiv men rimliga indata för att berörda parter ska kunna ha en uppfattning om korrektheten i resultaten.

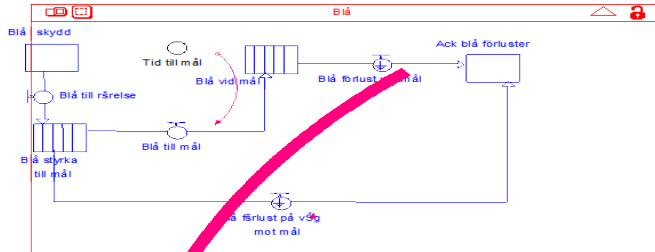
9.7 Att köra modellen

Modellen körs som brukligt från ett definierat användarinterface där vi kan ställa in olika indata samt se utfallet av simuleringarna. Det är snabbt och enkelt att göra ett användarinterface och nedan design kan göras om inför en slutlig version. Arbetsgången är att man börjar med att välja typuppgift som ska simuleras och ställer in uppgiftsdata (avstånd till mål etc.) och om vi ska hämta duelldata från externa simulatorer. Därefter ställer vi in startvärden på de olika systemegenskaperna (tabellen längst ner till vänster i figuren nedan) och slutligen blå och röd numerär för uppgiften som ska simuleras. Det finns två spakar som kan sättas på eller av och det är om vi har precisionsvapen eller lufttankning. I en slutlig modell kan vi förstås komplettera med flera funktioner som är av typen – antingen har vi det eller så har vi det inte.

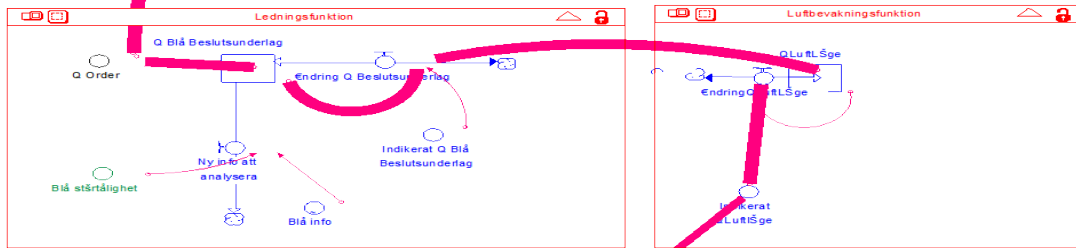
Det finns olika grafer för att studera utfallet och på fliken nedan ser vi blå (1) spikar som visar förlusterna vid olika anfallsvågor. Den röda (2) kurvan visar hur blå förlustgrad påverkas dynamiskt. Från duellsimulator har vi hämtat ett värde men detta kan sedan påverkas under de 100 timmarna beroende på lärande, utslagning av sensorer, förluster av flygplan mm.

Den framtagna modellen har beteckningen Systemeffekt 22 och finns på filen syseff22.itm.

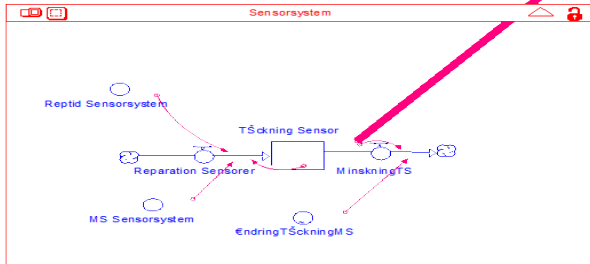
Taktiska Delförmågor

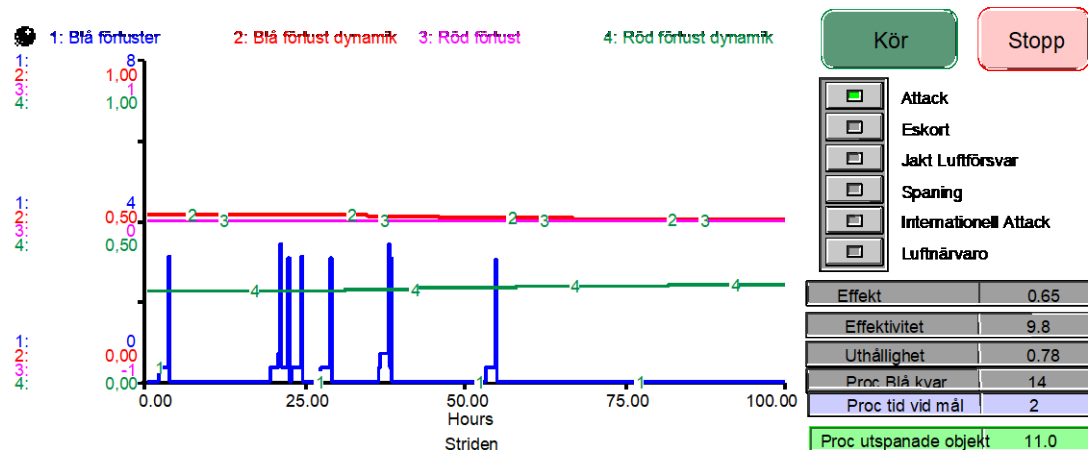


Taktiska Funktioner



System





Blå Numerär	
Init Blå styrka total	12
Blå insatsstyrka	2
Blå last per fpl	3

Röd numerär	
Röd insatsstyrka	40
Röd last per fpl	3

Systemegenskaper	
MS Sensorsystem	0.8
MS Bassystem	1
MS Ledningssystem	0.7
MS Stril	0.9
MS Luftbevsystem	1
MS Målinmätning	0.7
MS Sambandssys	0.85
Reptid för samband	24
Reptid Sensorsystem	48
MTTF	12
Fpl Tillgänglighet	0.8
Max flygtid fpl	4
OPsimtimmar per beslutsfattare	300
Utbildningstimmar	150
P Stridsledning	0.85
Spaningsobjekt per tim vid mål	2.3

Lufttankning



MS Precisionsvapen



9.8 Exempel 1

Exempel 1 visar uppgiften Attack i med fyra olika inställningar. Grundinställningen kan avläsas i den vänstra kolumnen i tabell INDATA som heter Sim 1. Utfallet för de definierade effektvärdena kan utläsas i tabell ATTACK i kolumnen Sim 1. Vi kan utläsa att det planerades att fällas 44 enheter last och utfallet blev 16,8 fälld last i målet som ger en effekt på 0.38. De blå förlusterna blev 6,5 och därför blir effektiviteten $16.8/6.5 = 2.6$. Vi planerade 11 insatser under de 100 timmarna och hade resurser att utföra alla dessa 11 insatser och får då uthållighet = 1.

I simulering 2 nyttjar vi precisionsvapen (0 sätts om till 1 för MS Precisionsvapen), för övrigt är alla andra inställningar de samma. Notera att gul färg används för att visa vad som ändrats mellan simuleringarna. Effekten ökar då till 0.56 eftersom vi får fler träffar i mål. Vi har fortfarande samma antal blå förluster. I simulering 3 ökar vi blå förlustfaktor till 0.35 och minskar samtidigt blå total styrka till 12 flygplan. Med precisionsvapen uppnår vi alltså samma effekt som simulering 1 trots att vi har färre flygplan och får fler förluster. I simulering 4 sker en internationell attack och simuleras genom att vi sätter ned kompbiliteten för ledningssystem och sambandssystem till 0.5 respektive 0.7. Effekten sjunker till 0,25 och vi klarar bara av att utföra 9 av planerade 11 insatser.

INDATA	Sim 1	Sim 2	Sim 3	Sim 4
Blå förlustfaktor från SIM	0,2	0,2	0,35	0,35
Röd förlustfaktor från SIM	0			
Tid att lösa uppgift	0,25			
Röd når mål	0			
Tid till mål	1			
Timmar mellan anfallsvågor	10			
Objekt att spana ut	0			
MS Sensorsystem	0,8			
MS Bassystem	1			
MS Ledningssystem	0,7			
Kompabilitet MS Ledsys	1	1	1	0.5
MS Stril	0,9			
Kompabilitet MS Stridsledning	1			
MS Luftbevsystem	1			
MS Målinmätning	0,7			
MS Precisionsvapen	0	1	1	1
MS Sambandssys	0,85			
Kompabilitet MS Samband	1	1	1	0.7
Reptid för samband	24			
Reptid Sensorsystem	48			
MTTF	12			
MTR plus MDT	5			
Fpl Tillgänglighet	0,8			
Max flygtid fpl	4			
Lufttankning	0			
OPsimtimmar per beslutsfattare	300			
Utbildningstimmar	150			
P Stridsledning	0,85			
Spaningsobjekt per timme vid mål	0			
Init Blå styrka total	20	20	12	12
Blå insatsstyrka	2			
Blå last per fpl	2			
Röd Insatsstyrka	0			
Röd last per fpl	0			

ATTACK	Sim 1	Sim 2	Sim 3	Sim 4
Ack planerad blå last	44	44	44	44
Ack fäld blå last i mål	16,8	24,5	16,4	11
Effekt	0,38	0,56	0,37	0,25
Ack blå förluster	6,5	6,5	9,6	9,6
Effektivitet 1	2,6	3,7	1,7	1,1
Antal planerade blå insatser	11	11	11	11
Antal blå insatser	11	11	10	9
Uthållighet	1	1	0,9	0,8
Proc Blå kvar	67,3	67,3	19,9	19,8

9.9 Exempel 2

Exempel 2 visar fyra olika jakt simuleringar där vi ska avvärja en inkommande röd styrka som vill fälla sin last och åstadkomma skada hos oss blå. Vi ser hur effekten successivt ökar då vi i steg förbättrar sensorsystem, reparationstider och flygplanstillgänglighet. I simulering 4 har vi dessutom ökat förlustgraden för röd styrka.

INDATA	Sim 1	Sim 2	Sim 3	Sim 4
Blå förlustfaktor från SIM	0,2			
Röd förlustfaktor från SIM	0,3	0,3	0,3	0,35
Tid att lösa uppgift	0,5			
Röd når mål	1			
Tid till mål	1			
Timmar mellan anfallsvågor	8			
Objekt att spana ut	0			
MS Sensorsystem	0,8	1	1	1
MS Bassystem	1			
MS Ledningssystem	0,7	0,7	0,7	1
Kompabilitet MS Ledsys	1			
MS Stril	0,9			
Kompabilitet MS Stridsledning	1			
MS Luftbevsystem	1			
MS Målinmätning	0,7			
MS Precisionsvapen	0			
MS Sambandssys	0,85			
Kompabilitet MS Samband	1			
Reptid för samband	24	8	8	8
Reptid Sensorsystem	48	48	48	16
MTTF	15			
MTTR plus MDT	5			
Fpl Tillgänglighet	0,5	0,5	0,7	0,7
Max flygtid fpl	4			
Lufttankning	0			
OPsimtimmar per beslutsfattare	300			
Utbildningstimmar	150			
P Stridsledning	0,85			
Spaningsobjekt per timme vid mål	0			
Init Blå styrka total	20			
Blå insatsstyrka	4			
Blå last per fpl	0			
Röd Insatsstyrka	4			
Röd last per fpl	4			

JAKT	Sim 1	Sim 2	Sim 3	Sim 4
Ack lastad röd last	208	208	208	208
Ack avvärjd röd last	44,5	45	54,2	66,2
Effekt	0,21	0,22	0,26	0,32
Ack blå förluster	11,1	12,2	14,5	13,8
Effektivitet 1	4	3,7	3,7	4,8
Antal planerade blå insatser	10	12	12	13
Antal blå insatser	10	10	12	12
Uthållighet	1	0,8	1	0,9
Proc Blå kvar	44,5	39,1	27,3	31,1

9.10 Exempel 3

I detta sista exempel som redovisas i dokumentet har vi kört uppgiften Luftnärvaro där vi simulerar möjligheten att ha kontinuerlig närvaro i luften i ett definierat område på ett visst avstånd. Modellen tittar på då maximal flygtid som i simulering 1 är inställd till 4 timmar och har vi då en timmes flygfärd till målet så kan varje flygplan bara stanna i det definierade området två timmar, sedan måste det avlösas med nya flygplan från basen. För denna uppgift är MTTF, flygplanstillgänglighet och möjligheter till lufttankning avgörande för effekten. Piloternas begränsningar att sitta i luften trots lufttankning är det inte tagit hänsyn till i nuvarande modell.

I simulering 1 klarar blå av att hålla närvaro 80% av tiden och det som sker är i slutet av de 100 timmarna så har antingen förluster eller reparationer gjorts att man inte i tillräckligt hög takt kan fylla med insatsstyrkor om två plan. I simulering 2 ökar vi MTTF till 20 timmar för att få färre reparationer och detta ökar närvaron till 87%. I simulering 3 minskar vi igen MTTF till 12 timmar och minskar även flygplanstillgängligheten till 0.5 vilket ger en närvaro på 70%. I simulering 4 har vi lufttankning som i modellen ökar tid i luften till 6 timmar, dvs 4 timmar i det definierade området, och detta ökar närvaron till 99%.

Modellen tillåter förstås att vi har andra grundinställningar är 4 respektive 6 timmar om vi vill prova detta.

INDATA	Sim 1	Sim 2	Sim 3	Sim 4
Blå förlustfaktor från SIM	0,05			
Röd förlustfaktor från SIM	0			
Tid att lösa uppgift	100			
Röd når mål	0			
Tid till mål	1			
Timmar mellan anfallsvågor	0			
Objekt att spana ut	0			
MS Sensorsystem	0,8			
MS Bassystem	1			
MS Ledningssystem	0,7			
Kompabilitet MS Ledsys	1			
MS Stril	0,9			
Kompabilitet MS Stridsledning	1			
MS Luftbevsystem	1			
MS Målinmätning	0,7			
MS Precisionsvapen	1			
MS Sambandssys	0,85			
Kompabilitet MS Samband	1			
Reptid för samband	24			
Reptid Sensorsystem	48			
MTTF	12	20	12	12
MTTR plus MDT	5			
Fpl Tillgänglighet	0,8	0,8	0,5	0,5
Max flygtid fpl	4			
Lufttankning	0	0	0	1
OPsimtimmar per beslutsfattare	300			
Utbildningstimmar	150			
P Stridsledning	0,85			
Spaningsobjekt per timme vid mål	0			
Init Blå styrka total	12			
Blå insatsstyrka	2			
Blå last per fpl	0			
Röd Insatsstyrka	0			
Röd last per fpl	0			

LUFTNÄRVARO	Sim 1	Sim 2	Sim 3	Sim 4
Proc tid vid mål	80	87	70	99
Ack blå förluster	6,2	6,6	5,5	4

9.11 Sammanfattning och slutsatser kring modellarbetet

Med nuvarande version av modellen har vi velat uppnå vissa syften och det tycker vi att vi har lyckats med, dvs att:

- prova ut olika effektdefinitioner och bedöma relevansen av dessa
- hitta en struktur i modellen som kan avspegla strukturen i styrande dokument och ge en begriplig spårbarhet
- ge bild av hur egenskaper hos system och funktioner tillsammans skapar olika förmågor och hur dessa förändras dynamiskt över tiden
- med olika inställningar kunna generera definierade effektmått för valda typuppgifter
- vara begriplig och kunna utgöra underlag för konstruktiva diskussioner
- Man kan alltid diskutera om effektmåtten och typuppgifterna är relevanta och vår poäng är att en modell inbjuder just till en sådan diskussion och skapar möjligheter för att få en ökad förståelse kring grundproblemet som är att förstå var satsningar ska göras i försvaret gör för att uppnå de politiskt bestämda målsättningarna på sikt. Modellen och detta dokument hoppas vi kan påvisa möjligheterna med detta arbetssätt och att det också kan utgöra en plattform för ett kommande projekt där vi i olika arbetsmöten kan förfinas modellen och skapa tillit till att den producerar relevanta och användbara resultat. Det går att simulera på system på så här hög nivå, dock är det svårt att enas om kvantifieringar och modellansatser och vår metod ska ses som ett komplement till andra existerande metoder

10. Arbetsgång vid systemeffektanalys via körning av modellen

10.1 Arbetsgång

De exempel som redovisats i kapitel 9 visar olika enstaka simuleringar och hur man kan utläsa och förstå skillnader i utfall av olika indatainställningar. Arbetsgången i metoden utgår från den tänkta användningen av metoden, dvs en avvägning ska göras mellan flera olika alternativa förändringar i system och funktioner med avsikt att öka den övergripande systemförmågan. Stegen är då kortfattat:

1. Ställ in värden på systemegenskaper som motsvarar en grundinställning
2. Ställ in blå och röd styrka och uppgiftsdata
3. Kör alla typuppgifterna
4. Studera effektmått och värden på förmågor för varje uppgift och analysera utfallet
5. Förändra någon systemegenskap och kör samma uppgifter igen
6. Analys - klarade vi uppgifterna bättre? Var detta en förändring i en önskad riktning?

Erfarenhet får senare visa hur många olika varianter som måste göras i steg 2 och steg 3 för att ge tillräckligt bra bedömning av utfallet. Själva analysen är en helhetsbedömning där även ekonomi måste vägas in. Vår metod och modell kan naturligtvis inte räkna fram och föreslå en specifik lösning utan beskriver bara utfall för varje unik inställning.

Nedan exempel klargör lite mera vad varje steg i metoden innebär.

10.2 Grundinställning och uppgiftsdata

Följande värden är inställda för att ge en grundinställning. Det skulle kunna motsvara läget just nu 2002 eller ett tänkt utvecklingsläge ett antal år framåt i tiden.

INDATA	Sim 1
Blå förlustfaktor från SIM	0,2
Röd förlustfaktor från SIM	0,3
Tid att lösa uppgift	0,5
Röd når mål	1
Tid till mål	1
Timmar mellan anfallsvågor	8
Objekt att spana ut	10
MS Sensorsystem	0,8
MS Bassystem	1
MS Ledningssystem	0,7
Kompabilitet MS Ledsys	0,8
MS Stril	0,9
Kompabilitet MS Stridsledning	0,7
MS Luftbevsystem	1
MS Målinmätning	0,7
MS Precisionsvapen	0
MS Sambandssys	0,85
Kompabilitet MS Samband	0,6
Reptid för samband	24
Reptid Sensorsystem	24
MTTF	15
MTTR plus MDT	5
Fpl Tillgänglighet	0,8
Max flygtid fpl	4
Lufttankning	0
OPsimtimmar per beslutsfattare	300
Utbildningstimmar	150
P Stridsledning	0,85
Spaningsobjekt per timme vid mål	4
Init Blå styrka total	12
Blå insatsstyrka	2
Blå last per fpl	2
Röd Insatsstyrka	4
Röd last per fpl	4

10.3 Körning och analys av effektmåtten

Med ovan grundinställningar körs nu varje typuppgift för sig. Modellen producerar grafer över tiden som kan studeras men de resultat vi plockar ut för systemeffektanalysen är följande:

EFFEKTVÄRDEN	Jakt	Attack	Int Attack	Spaning	CAP
Effekt	0,22	0,38	0,32	1	0,34
Effektivitet	8,12	2,59	1,84	4,63	3,4
Uthållighet	1	1	1	1	0,34
Q Ledning	0,85	0,87	0,67	0,87	0,88
Q Logistik	1	1	1	1	1
Q Skydd	1	1	1	1	1
Q Underrättelseinh	0,87	0,9	0,72	0,9	0,9
Q Flygtransport	1	1	1	1	1
Q Anpassning	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

Vi kan se att effektvärdena är genomgående låga eftersom maxvärdet är 1. Skulle vi studera graferna i modellen skulle vi få en förståelse för vad detta beror på. En viktig del är förstås den förlustgrad vi hämtar från en extern simulator givet en definierad duellsituation. Vi kan i exemplet se att den internationella attacken har brister i ledningsförmågan som kan spåras till dålig komparabilitet i de system som ska samoperera, CAP klarar inte att hålla närvaro i luften med de inställningar vi har etc. Vi gör nu följande förändringar för att se om det ger effekttillskott:

- Lufttankning används – borde förbättra CAP
- Precisionsvapen används – borde förbättra utfallet för attackuppgifterna
- MSLedningssystem ökas från 0.7 till 0.85. Detta borde ge en bättre Q Ledning även om det är en del andra funktionsegenskaper som påverkar denna förmåga

De nya effektvärdena ser ut enligt nedan:

EFFEKTVÄRDEN	Jakt	Attack	Int Attack	Spaning	CAP
Effekt	0,22	0,62	0,48	1	0,71
Effektivitet	8,42	4,46	2,78	5,01	7,25
Uthållighet	1	1	1	1	0,68
Q Ledning	0,88	0,9	0,67	0,9	0,91
Q Logistik	1	1	1	1	1
Q Skydd	1	1	1	1	1
Q Underrättelseinh	0,87	0,9	0,72	0,9	0,9
Q Flygtransport	1	1	1	1	1
Q Anpassning	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

Vi kan konstatera att CAP nu lyckas hålla en närvaro på 71% i definierat område, detta för att flygplanen längre kan hålla sig i luften tack vare lufttankning. Attackuppgifterna genomförs bättre då vi med precisionsvapen bättre lyckas träffa önskat mål. Ledningsförmågan ökade överallt utom för internationell attack. Detta ska tolkas som att MSLedningssystem inte var dimensionerande för ledningsförmågan för denna typuppgift beroende på låg komparabilitet.

Hur många simuleringar som måste göras för att få ett tillräckligt bra beslutsunderlag går inte att uttala sig om i detta läge. Metoden behöver provas av ett antal intresserade och kunniga människor.

11. Förslag till fortsatt arbete

När vi kommit så här långt i utvecklingsarbetet var det dags att fundera på nästa steg. Vi kom fram till att det fortsatta arbetet skulle inriktades på att:

- Tillsammans med tilltänkta användare skapa en skarp modell av flygstridskraftssystemet som gäller för en önskad tidpunkt (tex 2006 eller 2010)
- Finna en metod att verifiera modellen
- Komplettera metoden med koppling mellan systemeffekt och investeringskostnader
- Vidareutveckla metoden tillsammans med tex FHS, FTK och eventuellt Industrin
- Utveckla definition av systemeffekt för andra områden som t. ex omskolning av piloter, återtagning av baskapacitet

12. Andra tillämpningsområden inom FMV/Försvaret

12.1 Inledning

För att visa på användbarheten av "Systemtänkandet" utvecklades ytterligare några modeller varav några redovisas kortfattat i följande avsnitt. Syftet är att visa att systemtänkandets kan tillämpas inom vitt skilda områden, både militära och civila. De fullständiga beskrivningarna av dessa finns i separata dokument som kommer att arkiveras i FHT arkiv i Krigsarkivet (Arkiv 1062, F29, Volym1)

12.2 Generellt flygstridskraftsystem (SAAB)

En generell modell av ett generellt flygstridskraftsystem som utifrån ett helhetsperspektiv kan användas för att dels analysera eventuella begränsningar och obalanser i systemet, dels för att jämföra olika flygstridskraftsystem. Inriktningen för arbetet har varit att utgå från tidigare genomförda modelleringsarbeten och med fokusering på uppgiften "Jaktinsats vid väpnat angrepp". Efter anpassning bör modellen kunna vara ett bra hjälpmedel i marknadsföringen av JAS 39 och där visa på systemeffektens tillväxt över tiden vid olika prestanda och egenskaper hos både interna delsystem och behövliga externa system. Arbetet har omfattat viss samverkan med SAAB.

Rapporten beskriver metoden att genomföra värdering och analys av system, systemeffektanalys, dels den framtagna modellen så att modellen kan användas för "egen" analys med relevanta värden. Syftet med rapporten är härvid att ge förståelse för hur de dimensionerande egenskaperna kan sammanvägas och ge bidrag till den totala systemeffekten. Beroende på vilka ingångsvärden och vilka vikt faktorer för de dimensionerande egenskaperna som då ansätts kommer modellen att visa olika beteenden över tiden som tex kan användas som underlag för beslut om vidare utveckling och koordinering.

12.3 Omskolning piloter

Flygvapnet stod inför en omskolning av 37-piloter till 39-piloter, utbildning av stril- och sambandspersonal, baspersonal samt drift och underhållspersonal för marktelesystemet. Denna omskolningsprocess är komplicerad och kräver ett samspel och helhetssyn för hur tillgängliga resurser utnyttjas som helhet. En analys har påbörjats för att klarlägga de dimensionerande faktorerna samt ange vilka eventuella tekniska, personella och organisatoriska begränsningar som finns för att genomföra denna omskolningsprocess. Resultatet av denna analys som helhet ska kunna utgöra underlag för beslut om eventuellt åtgärdsprogram för att säkerställa att planerad utbildningsverksamhet kan genomföras.

12.4 Återtagning av baskapacitet

Arbetet syftade till att ge en bättre förståelse för hur återtagning av baskapacitet ska ske. Ett underordnat mål var att pröva System Dynamics som arbetsätt.

En modell av återtagning av flygbaser byggdes under tre seminarier med System Dynamics som verktyg. Seminarierna föregicks av intervjuer med deltagarna. Som mått på hur framgångsrik återtagningen är användes baskapacitet. Måttet på Baskapacitet definierades som antalet baser med krigsduglighetsvärde (KDU-värde) 4 eller högre. Under det första seminariet gjordes ett orsaksdiagram. De viktiga faktorer som påverkar baskapaciteten befanns vara tillgången på personal, förnödenheter och anläggningar av så hög kvalitet att basens KDU-värde blir 4. Med orsaksdiagrammet som grund byggdes en datormodell av återtagningen. Modellen användes för att simulera återtagning under olika förutsättningar. Slutsatser som drogs var:

- Utbildning av personal, utbyggnad av anläggningar och anskaffning av förnödenheter är tre förlopp som är i stort oberoende av varandra
- Utbyggnad av anläggningar kan förmodligen klaras av på betydligt kortare tid än ett år
- Under förutsättningen att förnödenhetsanskaffningen ordnas är det personalen som kommer att bli den faktor som begränsar baskapaciteten

Gruppen ansåg sig ha för lite kunskap om hur förnödenhetsanskaffning ska gå till under återtagning för att kunna ge ett riktigt underlag till modellen. Vid simuleringarna förutsattes därför att förnödenheterna

kan anskaffas i tillräcklig mängd. Resultatet blev med denna förutsättning att det kommer att råda brist på kvalificerad personal. Det går inte att samtidigt utbilda värnpliktiga och anställda med gott resultat för båda kategorierna. Med dagens förutsättningar är det omöjligt att under ett år få ihop så mycket kvalificerad personal som är önskvärt.

Kunskaperna om återtagningsprocessen framstår som otillräckliga. Många förutsättningar är oklara. Planer saknas på flera områden. Vi föreslår att den framtagna modellen vidareutvecklas och får ligga till grund för återtagningsplanering av flygbaser. Vi föreslår också att motsvarande modeller av återtagning av andra förbandstyper inom flygvapnet utvecklas.

12.5 Egensatsning

Denna modell hade ambitionen att förutsättningslöst förstå olika anskaffningsstrategier för FMV och vilka konsekvenser det skulle kunna bli för ekonomi, svensk försvarskompetens och kapacitet och effekt/förmåga på materielsystemen.

Som namnet på modellen antyder ville man förstå dynamiken och villigheten hos svensk försvarsindustri att investera egna pengar (Egensatsning) i viss produktutveckling och i gengäld få större möjligheter att exportera lösningar till andra länder och kanske till och med få visst säljstöd av FMV till andra kunder. Modellen byggdes i ett antal arbetsmöten med representanter från olika företag i svensk försvarsindustri och FMV och många intressanta åsikter och tankar väcktes bland annat av att modellen ”ställde frågor” till deltagarna. Hur eventuellt nya insikter och tankar togs vidare av de olika representanterna vet vi inget om – där var vi inte inbjudna av naturliga skäl.

12.6 Analys av långsiktplaner

Denna rapport tar upp möjligheterna att använda System Dynamics för att analysera Försvarsmaktens långsiktiga planering. Med föreliggande modell är syftet att med beskriven arbetsmetod illustrera hur analys av systemförmåga över en 10-årsperiod hos en fiktiv försvarsmakt kan tänkas genomföras. Resultatet visar vad olika handlingsalternativ ger för effekt även i ekonomiskt hänseende.

13. System Dynamics i civila tillämpningar

System Dynamics har använts runt om i världen inom olika områden för att förstå hur man ska agera i komplexa och dynamiska system. Det finns ett antal områden där System Dynamics är speciellt lämpat:

- Klimatmodeller. Det pågår en mängd forskning för att skapa en förståelse och beredskap för olika scenario i den pågående klimatförändringen kopplad till uppvärmning. Dessa komplexa skeenden har dynamiska återkopplingar och självförstärkande förlopp som exempelvis nedsmältning permafrost -> metan läcker till atmosfären -> temperaturhöjning -> ännu mera nedsmältning. För att förstå hastigheten i dessa förstärkande förlopp och vilka åtgärder som förhoppningsvis kan bromsa utveckling är System Dynamics väldigt väl lämpat för.
- Epidemi/smittspridning har också snabba självförstärkande förlopp som kan bromsas med vaccin, hygien eller att det inte finns nya att smitta. Scenario och möjliga åtgärder har undersökts löpande av smittskyddsinstitut och folkhälsomyndigheter med bland annat System Dynamics som verktyg.
- Population/djurarter som växer eller hotas att försvinna är också lämpligt att analysera. Cykler med populationer som ökar exponentiellt för sedan snabbt klinga av kan med fördel beskrivas och bättre förstås med hjälp av System Dynamics.
- Andra komplexa och dynamiska system som har modellerats är olika skatteomläggningsscenario, äldreomsorg och konflikter.

Många kända modeller har sitt ursprung från MIT Sloan School of Management med Jay Forrester som pionjär. I Europa finns en stor gruppering i Norge i Universitetet i Bergen som bland ligger bakom verktyget Powersim. För den som vill se olika användare idag (2022) och olika exempel är System Dynamics Society en stor källa, <https://systemdynamics.org/>.

14. Erfarenheter av arbetet med systemeffektanalys

Några av våra erfarenheter av arbetet med systemeffektanalys för FMV framgår av nedanstående punkter

- Det stora lärandet och de nya insikterna uppstår när man tillsammans diskuterar och bygger en modell och gör ansatser för att beskriva verksamheten. Vi får då en tydlig beskrivning av vår modell. En modell som kan granskas och kritiseras och som kan utvecklas när nya frågor dyker upp under resans gång. Detta är den stora vinsten med System Dynamics!
- Det var lite ovant för många att resonera på så hög abstraktionsnivå och att modeller med ett givet syfte kanske inte behöver ha med alla delar av verkligheten. Ju tydligare syfte, desto mer kan plockas bort ur modellen. Detta gav för vissa mindre tilltro till att modellen kan ge vettiga resultat
- Jag (Anders) fick som processledare rätt så snabbt en väldigt bra övergripande systemförståelse tack vare metodiken och kunde ställa relevanta frågor och göra intressanta reflektioner utan att ha haft många år inom försvaret. System Dynamics ger ett bra lärande om systemet som helhet
- Svårigheter att kvantifiera vissa relationer och storheter, men enklare att beskriva relativa förhållanden som ofta räckte för att kunna köra modellen. De flesta kan enas om att en elefant väger mer än ett lejon, och kanske till och med ha uppfattning att elefant borde väga ca 10 ggr mer. Men hur många kilo en elefant väger vet inte många. På detta vis kunde vi ofta få tillräckligt med kvantifierbar input till modellen genom att göra olika relativa resonemang och provköra, ”om vi ökar denna med 10%, är det då rimligt resultat minskar med 20%?”
- Men – tankesätt och angreppssätt kändes trots allt så annorlunda och så ”luddigt” för en del att man tvekade att använda denna skarpt
- Vår uppfattning är att just diskussionen och definitionen av Systemeffekt var viktig och blev ett genombrott för att kunna simulera och kvantifiera förmågor och hur dessa tillsammans gav en mätbar Systemeffekt. Vår formel är konkret och begriplig

15. Examensarbete

Under arbetets gång gjorde teknologen Andreas Hörnedal från KTH sitt examensarbete vid FMV. Det var ett arbete med anknytning till vårt metod- och modellutvecklingsarbete. Rapporten fick titeln *Var är flaskhalsarna Analys av parameterkänslighet för dynamiska system i steady-state*. I arbetet ingår en Ithink-modell för ett civilt räddningssystem (brandkåren) som har vissa likheter med flygstridsmodellen. Målet med arbetet var att ange en metod för att analysera känslighet och omslagspunkter för systemeffekten. En sammanfattning av arbetet finns i nedanstående avsnitt.

Sammanfattning

Systemeffekt är ett mått på hur väl ett modellerat system löser sin tilldelade uppgift. Känslighet är ett mått på hur en liten ändring av parametrarna inverkar på systemeffekten. En omslagspunkt är en kombination av parametervärden då känsligheten ändrar sitt beteende. Målet med detta arbete är att ange en metod för att analysera känslighet och omslagspunkter i systemeffekten.

Känslighet genom simulering respektive genom uträkning av systemförmåga studeras. Systemförmåga definieras som ett tidsberoende mått på maximal systemeffekt för ett system i steady-state. Systemförmåga räknas ut genom att omvandla en diskret modell till motsvarande kontinuerlig modell, varefter antaganden för systemet i steady-state görs, varur ett uttryck för systemförmågan räknas ut. Systemförmågan visas vara en användbar och giltig approximation för systemeffekten för ett system i steady-state. En kontinuerlig modell visas vara en användbar och giltig approximation av den motsvarande diskreta modellen.

En stor del av detta arbete är en noggrannare definition av problemet. För att noggrannare definiera problemet, görs en allmän studie av System Dynamics. Slutsatsen av denna studie är att System Dynamics fungerar bäst för problem som använder ett makroskopiskt synsätt och kontinuerliga system. System Dynamics-modeller ger förhållandevis enkla beskrivningar av komplexa system. I syfte att kunna beskriva problemet på ett entydigt sätt, definieras ett flertal termer.

En kopia av examensarbetet finns i FHT-arkivet i Krigsarkivet.

16. System Dynamics Konferensen 1997

En anpassad version av vårt arbete presenterades vid den 15:e Internationella System Dynamics Konferensen 1997 i Istanbul under rubriken System Dynamics Approach for return on investment calculations Konferenserna anordnas av System Dynamics Society som har som mål att uppmuntra och stödja användandet av "Systems thinking". System Dynamics Society har medlemmar från 44 (1997) länder.

Arbetet, presenterades av Dag Caldenfors FMV, och finns i sammandrag i nedanstående avsnitt och i sin helhet i FHT-arkivet.

Abstract

I detta dokument presenteras en metod och dynamiska modeller för att göra förbättringar i en komplex organisation. De dynamiska modellerna gör det möjligt att simulera och förstå konsekvenserna av olika förbättringsalternativ. Utmaningen har varit att förstå hur relationerna mellan teknisk, organisatorisk och mänsklig förmåga tillsammans definierar den övergripande Försvarsmakten över tid. Genombrottet i detta metodarbete har varit att se och modellera försvaret som en produktionsprocess. Med System Dynamics har försvarssystemets dynamiska beteende över tid förstås bättre och de stora begränsningarna har upptäckts. Uppsatsen beskriver metoden och lärdomarna från arbetet.

17. Referenser

Forrester Jay W	Principles of Systems
Senge Peter m fl	The Fifth Discipline Fieldbook
Senge Peter	The Fifth Discipline

Bilaga 1

Om System Dynamics och Ithink

Allmänt

Det traditionella, statiska sättet att förstå en komplicerad företeelse bygger på att man bryter ned ett problem i mindre, mer lätthanterliga delar. Man bearbetar delarna var för sig och försöker sedan skapa en lösning genom att sätta samman de bearbetade delarna. När man t.ex. skall spara pengar eller förkorta ledtider är det vanligt att man delar upp en verksamhet i kostnadsställen eller processteg och sedan försöker minska kostnader och spara tid genom att optimera beståndsdelarna. Tråkigt nog blir utbytet av insatserna ofta överraskande litet. Ibland blir effekterna t.o.m. raka motsatsen till det önskade. Det som i det lilla perspektivet är fullständigt logiskt kan i det stora i värsta fall vara direkt skadligt.

En analys, som delar upp verkligheten i beståndsdelar minskar möjligheten att förstå de tre huvudsakliga orsakerna till problem i verksamheter och system: Återkopplingar, tidsfördröjningar och brist på helhetssyn. Återkopplingar ger sig ofta till känna som långsiktiga konsekvenser av en åtgärd som kortsiktigt ger önskad effekt men som i det långa loppet skapar problem. Återkopplingens natur och tidsfördröjningen skapar en uppenbar risk att man helt förbiser dessa långsiktiga konsekvenser. Och om problemen dyker upp på något helt annat ställe – kanske med ytterligare tidsfördröjning – och kommunikation och insyn är bristande kommer detta att resultera i kontraproduktiva åtgärder för helheten.

System Dynamics är en metod som gör det möjligt att studera och förstå företeelser i vår komplicerade omvärld utan att bygga stora och detaljrika modeller. Det vi uppfattar som en svårförståelig omvärld, med ett oändligt antal oberoende parametrar, har i allmänhet ett fåtal dominerande objekt som åstadkommer det beteende vi ser. Det komplexa i beteendet skapas av att dessa objekt sinsemellan är återkopplade i cykliska loopar. Det ligger i återkopplingens natur att den dominerar över andra samband.

Tack vare dessa egenskaper är det möjligt att bygga relativt enkla modeller av komplexa beteenden. En modell är till för att belysa det syfte eller den aspekt vi vill studera. Övriga egenskaper kan man undertrycka och förenkla. Med dessa modeller kan man lära sig hur alternativt handlande radikalt kan förändra systemets beteende. Man kan m.a.o. enkelt genomföra konsekvensanalyser. Det finns många exempel på hur analyser med System Dynamics lett till en förståelse som gjort att den analyserade verksamheten utvecklats på ett betydligt positivare sätt än i motsvarande fall där man inte haft denna insikt.

Att bygga upp en modell i System Dynamics ger många resultat utöver själva modellen. Att arbeta med System Dynamics är en lärande process. Vi håller oss alla med olika bilder av verkligheten, olika mentala modeller. Arbetet med att bygga en System-Dynamics-modell tvingar fram diskussioner som leder till att dessa olika bilder fogas ihop till en gemensam syn. Den grupp som deltar i arbetet får en gemensam bild av sammanhangen som studeras. Terminologin blir enhetlig och väldefinierad. Ett modellarbete ger också förankring. Den gemensamma bilden leder till att alla blir överens om vilka förändringar i befintliga system som behöver genomföras för att uppnå ett bestämt mål. Under förutsättning att de personer som ska driva förändringarna deltagit i arbetet med System Dynamics går förändringsarbetet snabbt, eftersom alla väl känner till målet, och vägen dit.

Arbetsprocessen för att skapa en användbar modell

- En System-Dynamics-process kan grovt delas in i fem olika aktiviteter
- Utse personer som ska delta i arbetet. Det är viktigt att "rätt personer" utses. Det finns två aspekter att ta hänsyn till när detta görs. Den första är att alla sidor av det som ska modelleras blir belysta. Man bör således ha med personer från olika delar av verksamheten, och gärna med olika åsikter. Den andra aspekten är att modelleringsarbetet är en förankringsprocess och att man därför bör ha

med dem som ska bereda för beslut och sedan genomföra de förändringar man kommer fram till. Gruppen bör dock inte bli för stor, helst inte större än tio personer

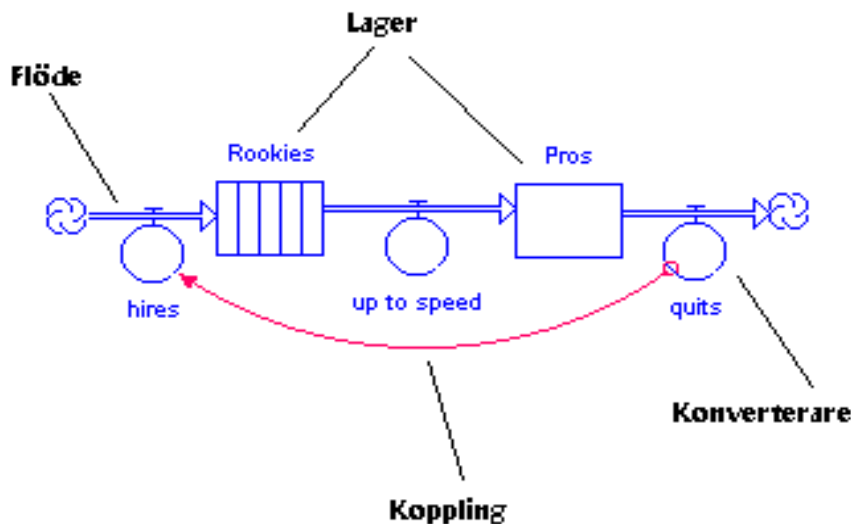
- Processledaren genomför inledande intervjuer med deltagarna. Syftet med intervjuerna är att få en preliminär uppfattning om deltagarnas syn på det som ska analyseras
- Genomföra en serie seminarier, omfattande tillsammans tre eller fyra heldagar. Seminarieriet inleds med att ge deltagarna information om vad System Dynamics är och hur arbetet ska bedrivas. Under det första seminariet bygger deltagarna och processledaren tillsammans upp en preliminär modell, ett utkast till orsaksdiagram. Processledaren bearbetar det som framkommit under den första dagen på egen hand och presenterar det i ett utskick till deltagarna inför det andra seminarietillfället. Med orsaksdiagrammet som utgångspunkt byggs en datormodell. Detta kan ta en eller två dagar. Ofta ger modellen upphov till en mängd frågor som måste besvaras innan modellen kan brukas fullt ut
- Ett avslutande seminarium med genomgång av indata, viktffaktorer, grafer mm. Genomförs för att verifiera att modellen beter sig rimligt. Vid detta tillfälle kan olika handlingsalternativ prövas. Man får svar på vad effekten blir av olika åtgärder och modellen valideras
- Ett antal simuleringsfall körs och analyseras och en rapport sammanställs

Snabbkurs i modellering med Ithink

Det finns fyra modellbegrepp Ithink som används genomgående:

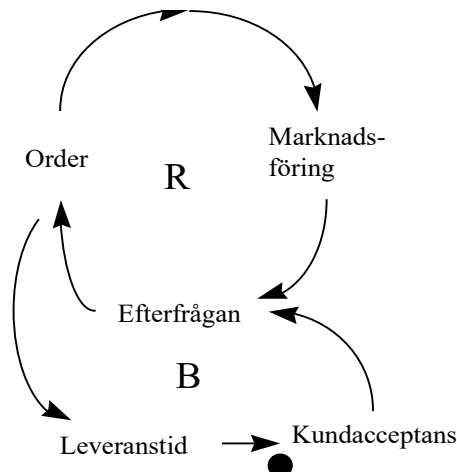
- STOCK dvs population eller lager anger de storheter som förändras över tiden dvs variablerna. Exempel är temperatur, pris, prestanda, pengar på ett konto
- FLOW dvs flöde. Representerar de dynamiska beteende som får populationen att ändra värde. Exempel är födelser, dödsfall, uttag och insättningar, värmetillförsel och beteende förändring
- CONNECTOR dvs koppling. Skickar information från en komponent till en annan
- CONVERTERER dvs konverterare. Representerar den ytterligare logik som är viktig för modellen. Används för att representera konstanter och för att dela upp påverkan på flöden i mellan resultat

Syntaxen är följande i modellerna:

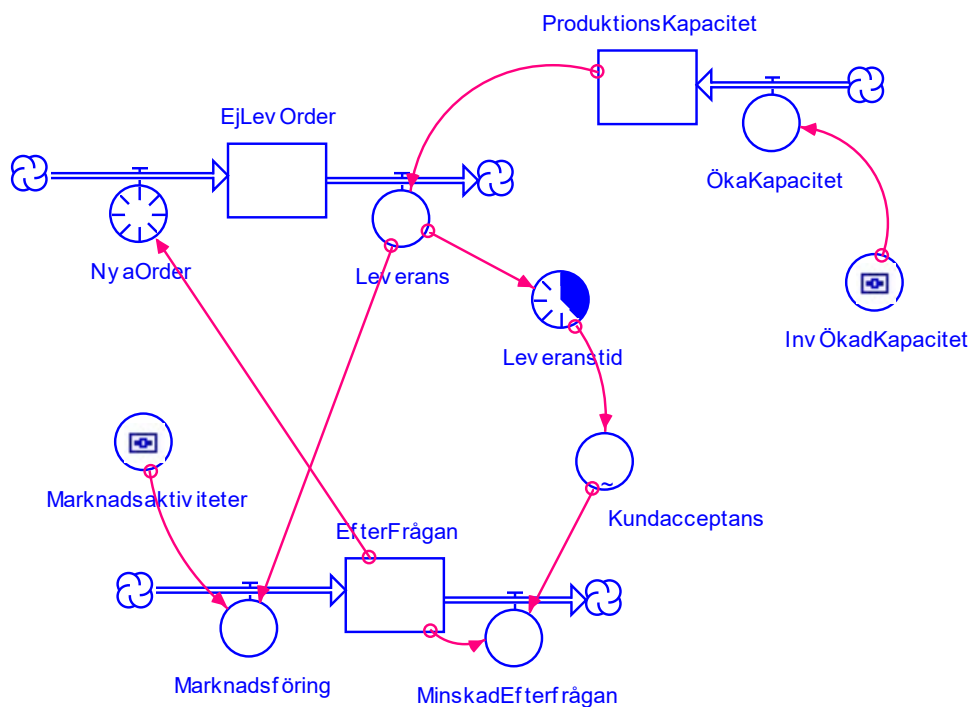


Ett litet exempel - Begränsning i en önskad tillväxt

Uppgiften är alltså att fånga grunddynamiken, vilka återkopplingar som finns och vad dessa återkopplingar består av för ett givet syfte. Nedanstående lilla exempel visar på effekten av bristande produktionskapacitet för ett tillväxtföretag. Nyckelfaktorerna som är viktiga att förstå är kopplingen Marknadsföring - Efterfrågan - Nya Order - Leveranstid - Kundacceptans - Ändrad efterfrågan. Detta kan åskådliggöras med två loopar, en förstärkande loop som eftersträvas och en motverkande loop som växer till på grund av bristande produktionskapacitet.



Looparna skall läsas som att två aspekter sammanbundna med en pil ändras i samma riktning, dvs bägge ökar eller bägge minskar. Om pilspetsen är markerad med en svart prick betyder de att ändras i motsatt riktning. Diagrammet läses alltså som: "En ökad efterfrågan leder till flera order som ger intäkter till mer marknadsföring (man vill ha tillväxt). Flera order leder till ökad leveranstid som leder till minskad kundacceptans som leder till minskad efterfrågan." Man kan också läsa den på andra hållet: "En minskad efterfrågan leder till...". I think ser denna modell ut enligt följande:



Modellen visar hur Produktionskapacitet, EjLevOrder och Efterfrågan modelleras som lager, dvs kan fyllas på och tappas av flöden. I Leveranstid mäts tiden från en inkommande order tills dess den levereras. Detta görs med en inbyggd funktion Ithink.

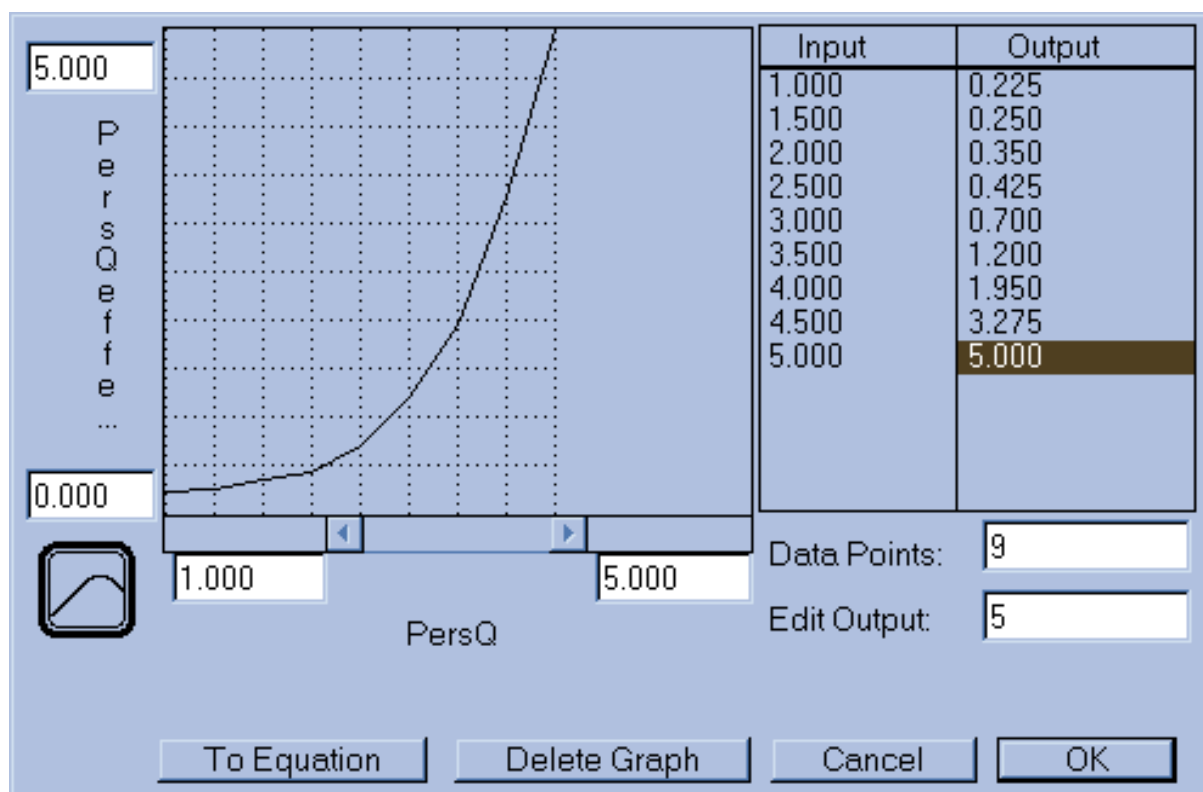
För den som vill fördjupa sig i dessa resonemang hänvisar vi till separat metodikdokument för System Dynamics.

Andra egenskaper i Ithink att lyfta fram

Det finns flera andra aspekter kring System Dynamics som är värda sin egen beskrivning. I detta fall finns det anledning att lyfta fram möjligheterna att arbeta med kombinationer av modeller med olika tidsperspektiv och grafiska, approximativa samband.

I t.ex. en modell över försvarets långsiktiga utveckling vill man naturligtvis kunna följa förlopp som sträcker sig över många år. Men förmodligen vill man också kunna se i detalj vad som händer när FM ställs inför en uppgift. Detta åstadkoms genom att en modell med ett långt tidsperspektiv kombineras med en modell som visar ett snabbare skeende. Man kan tänka sig att värden som genereras ur den långsiktiga modellen blir ingångsvärden till en modell som visar ett snabbt förlopp. Om vi t. ex. vill testa luftstridskrafternas effektivitet i luftstrid år 2007 med en tänkt utveckling låter vi den långsiktiga modellen generera värden för kapacitet år 2007. Denna kapacitet matas in i en modell som simulerar ett luftstridsförlopp så som det kan komma att se ut 2007. En sådan modell måste ha en tidsskala som sträcker sig över timmar eller dygn – inte år. Med ingångsvärdena givna ger en modell som beskriver stridsförloppet en uppfattning om t.ex. vad befintliga resurser räcker till.

I Ithink finns möjligheten att illustrera samband mellan olika parametrar grafiskt. Detta har stora fördelar när det är svårt att uttrycka sambanden i exakta siffror, men där de huvudsakliga dragen ändå är kända. Ett sådant samband kan till exempel vara det mellan personalens kvalitet och den effekt man kan förvänta sig. Personalens kvalitet mäts i PersQ, en kvalitetsfaktor som kan ha värden mellan ett och fem. Personal med högre PersQ-värde klarar mer än personal med lägre PersQ, men hur mycket mer? Personal med PersQ fyra klarar förmodligen inte två gånger så mycket som personal med PersQ två, eller fyra gånger så mycket som personal med PersQ ett. Detta problem hanteras enkelt med en graf. I grafen ritas ett ungefärligt samband in, så som illustreras i Figur 1. Det är enkelt att testa om sambandet är känsligt för små förändringar. Det gör man genom att ändra lite i grafen och se vad det ger för effekt på simuleringsresultatet.



Figur 1. Grafiskt samband mellan PersQ och PersQeffekt.

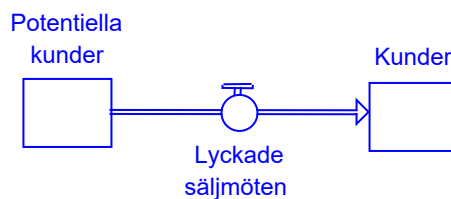
Styrkan med graferna är, förutom att kvalitativa samband lätt kan illustreras, att de är lätta att ändra. Man kan införa helt nya mönster, man kan ändra styrkan i en koppling genom att öka eller minska

lutningen, man kan införa brytpunkter där lutningen ändras o.s.v., och en simulering ger snabbt besked om vilka följder ändringen får.

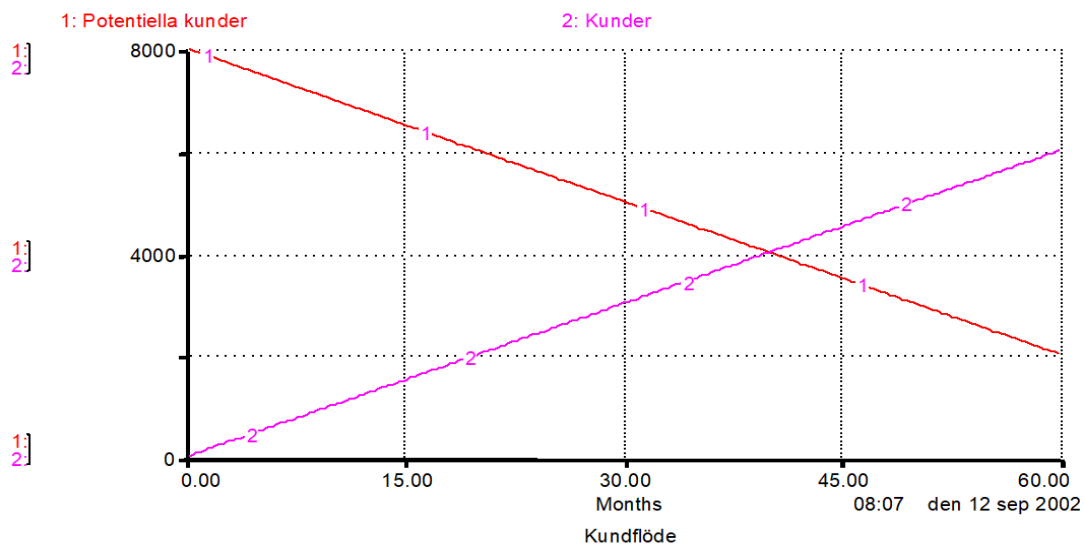
System Dynamics – ett exempel steg för steg

Här följer ett enkelt exempel på arbetsmetodiken i System Dynamics. Vi ska steg för steg, med ord och bilder, visa hur en modell växer fram. På så vis vill vi ge en känsla för vilka frågor som kan dyka upp och vilka diskussioner som kan föras under en modelleringsprocess. Vi hoppas att dokumentet är lättläst och att läsaren med hjälp av exemplet ska förstå potentialen i System Dynamics.

Frågeställningen vi ska titta på är generell och kan översättas till många olika verksamheter. Vi har ett antal potentiella kunder som vi ska bearbeta för att de ska bli kunder och bidra med intäkter till verksamheten. Bearbetningen vi gör är att boka och hålla säljmöten, och om dessa lyckas så blir en potentiell kund en kund. I verktyget Ithink ser detta första steg ut enligt följande:

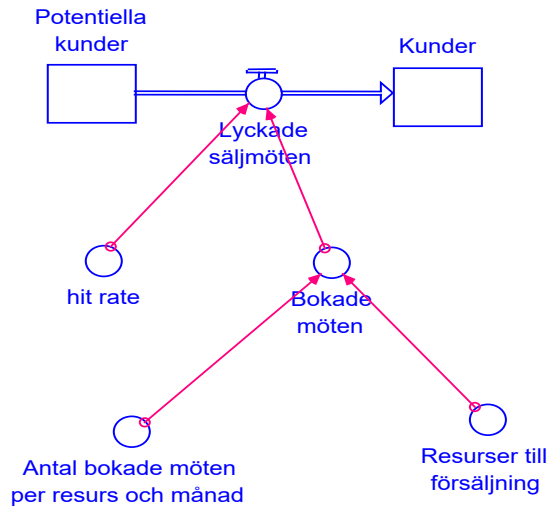


De fyrkantiga lådorna kallas för lager och pilen mellan lagren kallas flöde. Vi har alltså ett antal *Potentiella kunder* som via flödet *Lyckade säljmöten* ska bli *Kunder*. Vi kan redan i detta första läge göra en snabb (och rätt ointressant) simulering för att ge förståelse för hur det fungerar. Vi anger som startvärden att vi har 8000 potentiella kunder och inga kunder samt att vi genomför 100 lyckade säljmöten.



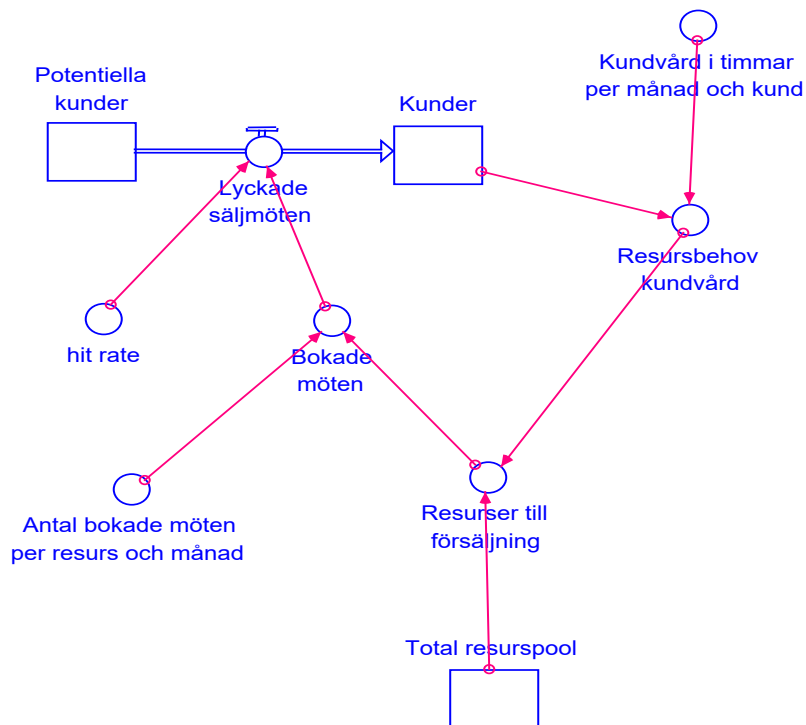
Vid simuleringens slut finns 2000 potentiella kunder och 6000 kunder.

Nästa fråga som dyker upp är vad som skapar lyckade säljmöten och hur många resurser vi behöver för att genomföra ett visst antal möten. Diskussioner i en arbetsgrupp som kan göra att verksamheten leder fram till denna modellansats:



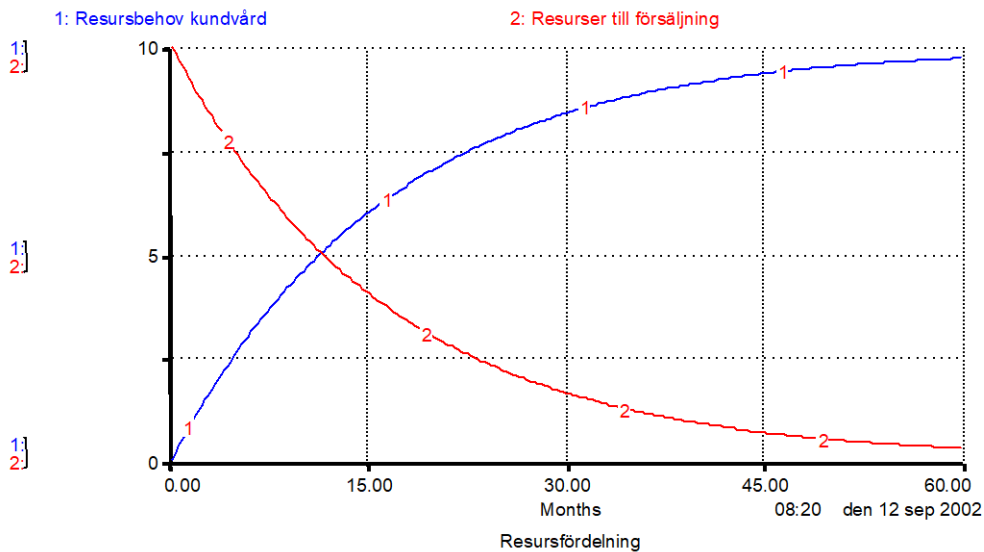
Lyckade säljmöten beror på hur många bokade möten vi orkar genomföra och hur många av dessa som leder till ett lyckat resultat. Vi inför en variabel som kallas för hit-rate som helt enkelt är en procentsats som beror på säljarens utbildning, erbjudandets upplevda värde osv. Antalet bokade möten beror i sin tur på hur många resurser vi avsätter till försäljning och hur många bokade möten varje säljare kan göra på en månad.

Det fortsatta resonemanget i arbetsgruppen leder fram till att vår kundstock faktiskt också kräver resurser i form av kundvård. Varje kund ska besökas regelbundet, ges nya erbjudanden osv. för att bygga upp en kundrelation som gör att kunden stannar kvar hos företaget. Diskussionerna visar att vård av existerande kunder ska ha högre prioritet än nyförsäljning om vi inte har resurser till båda delarna. Modellen byggs nu ut för att avspegla detta:

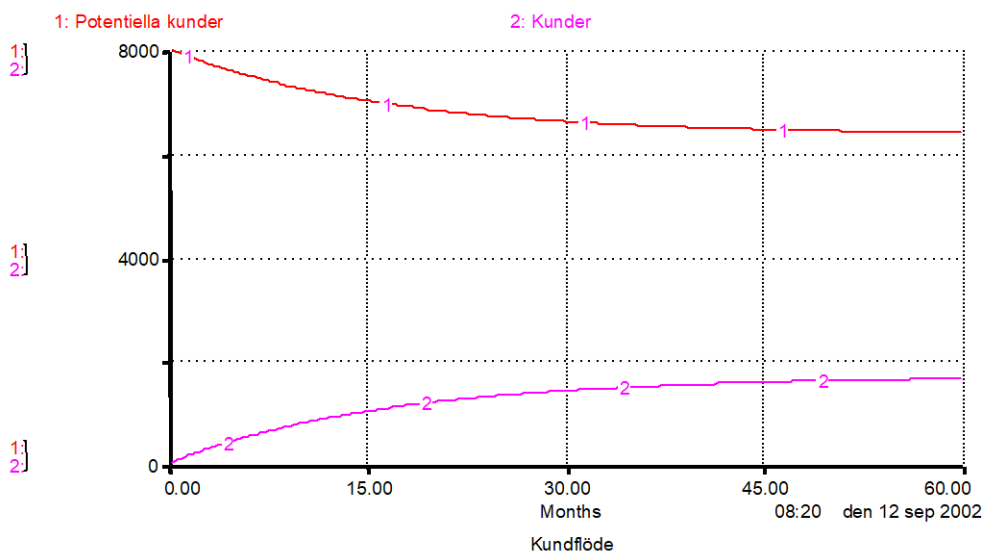


En variabel införs som heter Kundvård i timmar per månad och kund. Om denna multipliceras med antalet kunder och divideras med 165 (antal timmar i en arbetsmånad) så får vi fram ett resursbehov i antal heltidsekvivalenter per månad för kundvård. Vi lägger också till ett nytt lager som heter Total resurspool. Eftersom kundvård skulle ha högsta prioritet så blir resurser till försäljning det som blir kvar i resurspoolen efter kundvård.

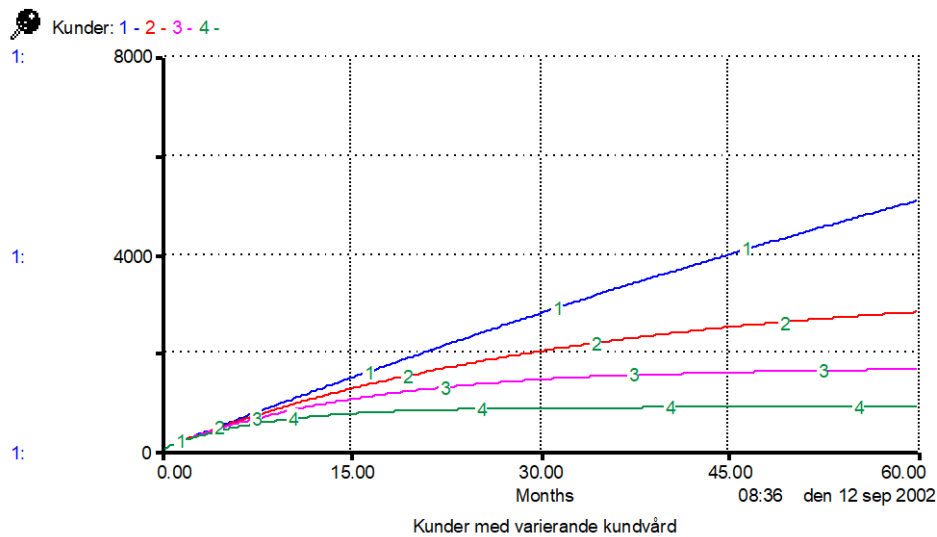
Nu har vi infört en återkoppling i modellen som gör det väldigt svårt att för hand räkna ut hur många kunder vi kommer att få över tiden. Ju mera vi säljer, desto flera resurser fastnar i kundvård och nyförsäljningen minskar. Låt oss titta på en simulering där vi antar att vi lägger en halvtimme per månad i kundvård per kund och har en total resurspool på 10 heltider:



Vi ser att nästan alla resurser kommer att jobba med kundvård efter några år. Även tillväxten av nya kunder klingar av rätt så snabbt. Efter fem år har vi knappt 2000 nya kunder:

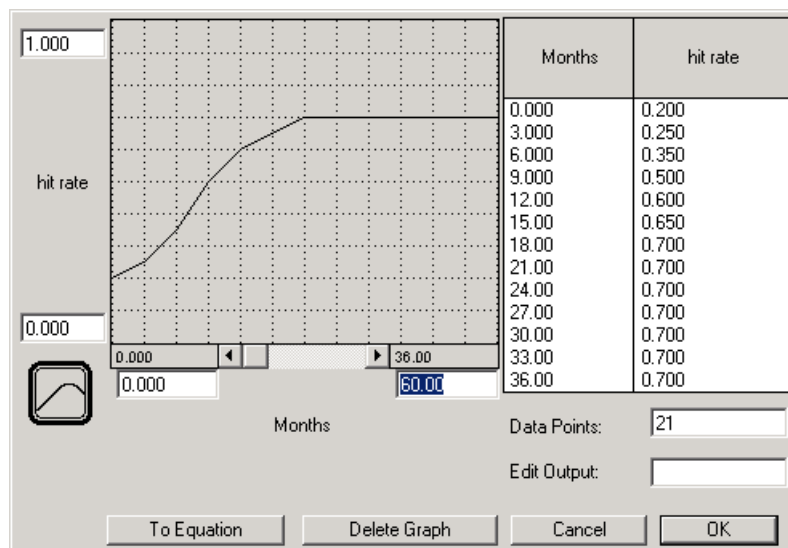


För att förstå hur vår verksamhet påverkas av hur mycket kundvård vi lägger på varje kund låter vi verktyget Ithink göra en känslighetsanalys. Vi testar fyra olika inställningar för kundvård och ritar resultatet i samma graf. Nedan visas resultatet av de fyra värdena 0,1, 0,5, 1 och 2 tim. per kund och månad.

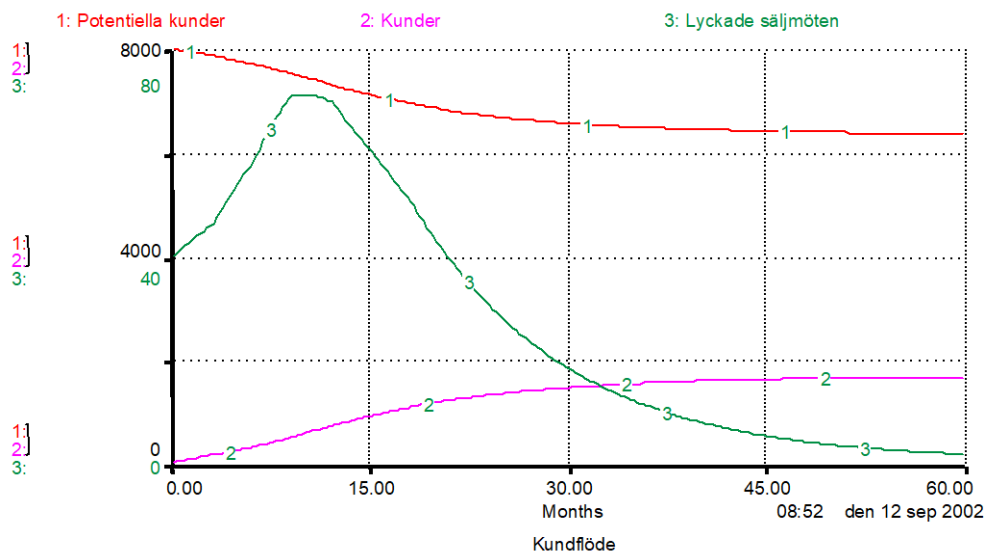


Skillnaden är markant mellan kurva 1 (0,1 timme) som ger oss drygt 5000 kunder efter fem år och kurva 4 (2 timmar) där vi får knappt 1000 kunder efter fem år. Men modellen är fortfarande starkt förenklad så vi kan ännu inte dra några större slutsatser. Frågan vi ställer oss nu är var vi vill fördjupa oss i modellen för att öka vår förståelse.

Ett exempel kan vara att fundera på vad som händer om hit-rate förändras under de fem åren. Vi kanske får ett bättre erbjudande genom en planerad produktutveckling eller utbildar våra säljare så att de blir framgångsrikare sina bokade möten. I Ithink finns ett enkelt redskap för att rita upp en tänkt trend för hur hit-rate skulle kunna utvecklas över de fem åren (utan att formulera ett matematiskt uttryck för detta):

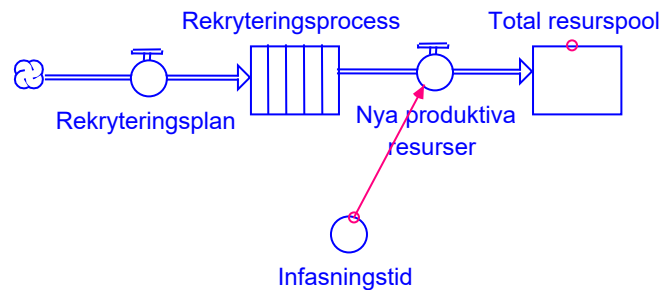


Här har vi beskrivit att hit-rate är 0,2 (20%) då simuleringen börjar och att den successivt ökar till 0,7 efter 1,5 år. Om vi nu kör vår enkla modell med denna hit-rate får vi följande utfall:



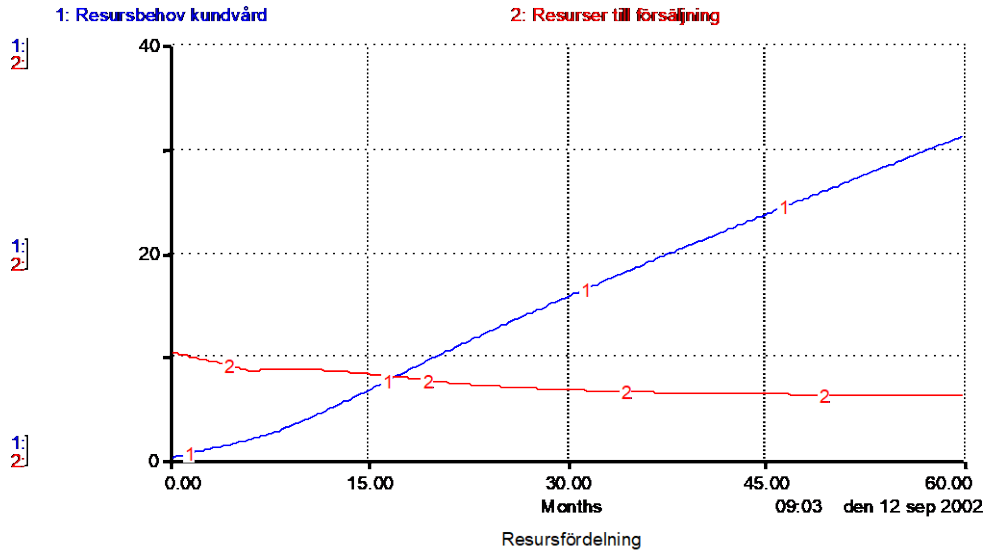
Lyckade säljmöten per månad får en märklig utveckling. Förklaringen är att vi på grund av bättre hit-rate lyckas öka vår försäljning så mycket att vi inte längre har resurser kvar till fortsatt försäljning, Alla resurser blir snabbt upptagna med kundvård.

Skulle vi nu vilja modellera ett tillväxtscenario där vi efter hand rekryterar nya resurser för att kunna ta hela den potentiella kundstocken så kan modellen se ut så här:

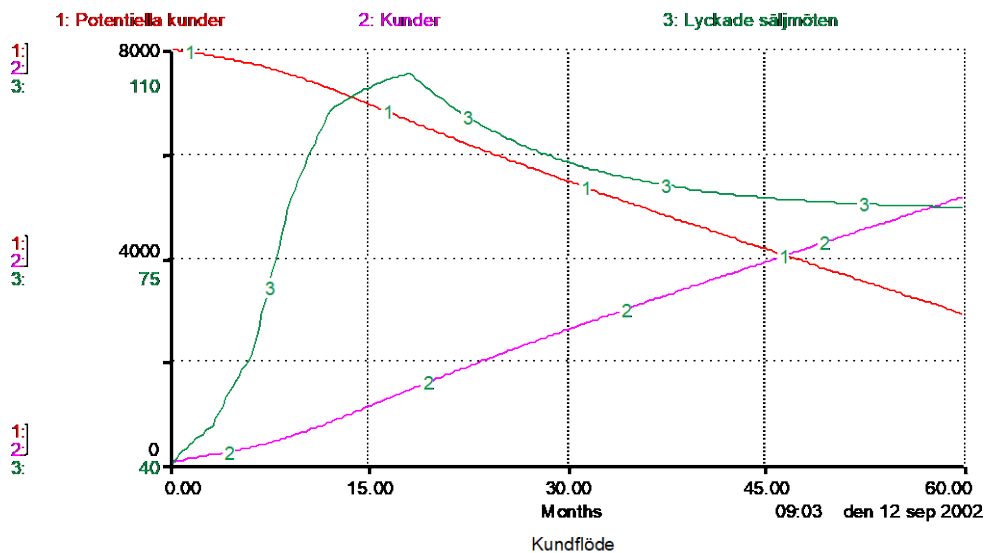


Vi har en rekryteringsplan som anger hur många vi vill rekrytera till vår verksamhet per månad de fem åren. En infasingstid på sex månader (som vi förstås lätt kan ändra) gör att det tar ett halvt år innan en beslutad rekrytering blir en produktiv resurs som kan bidra till försäljning och kundvård. Det gäller alltså att fatta besluten i tid så att resurserna finns på plats när vi behöver dem. Tar vi besluten för sent har vi själva skapat problem för vår önskade tillväxt.

Med alla andra inställningar lika som förra i simuleringen så provar vi nu att öka antalet resurser med 0.5 personer per månad, dvs. 30 nya personer under fem år. I följande diagram ser vi att med denna rekrytering lyckas vi hålla en säljstyrka på knappt 10 personer hela tiden och hela nyrekryteringen kommer att användas till kundvård:



Antalet kunder och lyckade säljmöten ser ut så här:

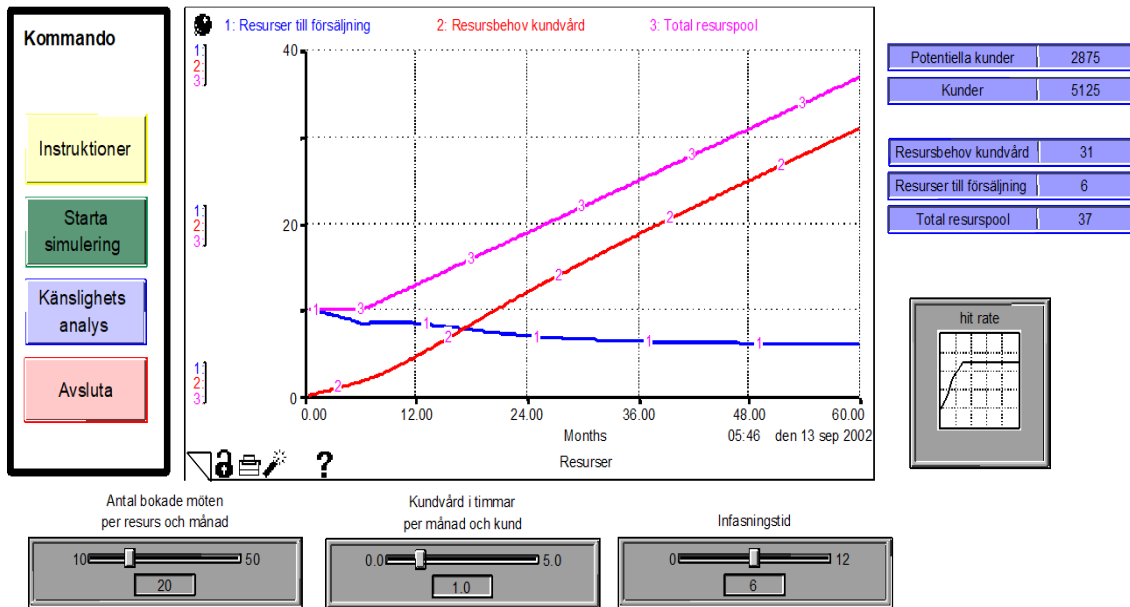


Vi har fortfarande 3000 potentiella kunder kvar efter fem år.

Modellen kan nu stimulera till ett antal diskussioner där vi kan prova oss fram och skapa ett bättre beslutsunderlag för framtida planering. Ska vi rekrytera flera resurser? Kan vi höja vår hit-rate? Ska vi anlita call-centers för att öka antalet bokade möten? Hur mycket kan vi minska kundvården innan kunderna lämnar oss och går till en konkurrent? Hur stora intäkter får vi från en kund? För att skaffa nya kunder måste vi rekrytera fler resurser som ökar våra kostnader. De nya kunderna kräver mer resurser till kundvård, då ökar våra kostnader ännu mer – lönar det sig egentligen att växa?

Avslutningsvis ska vi visa hur man kan bygga en simulator för en användare som inte vill se hur själva modellen är uppbyggd ”under motorhuven”. I Ithink kan vi bygga ett användargränssnitt med grafer, knappar, skjutreglage med mera. Här lyfter vi fram det som vi vill att en användare ska se av modellen för att lättare kunna göra olika simuleringar och se utfallet av dessa. Detta kan vara mycket användbart i samband med utbildning eller när nya insikter ska spridas till en större grupp.

Resurser och kundflöden



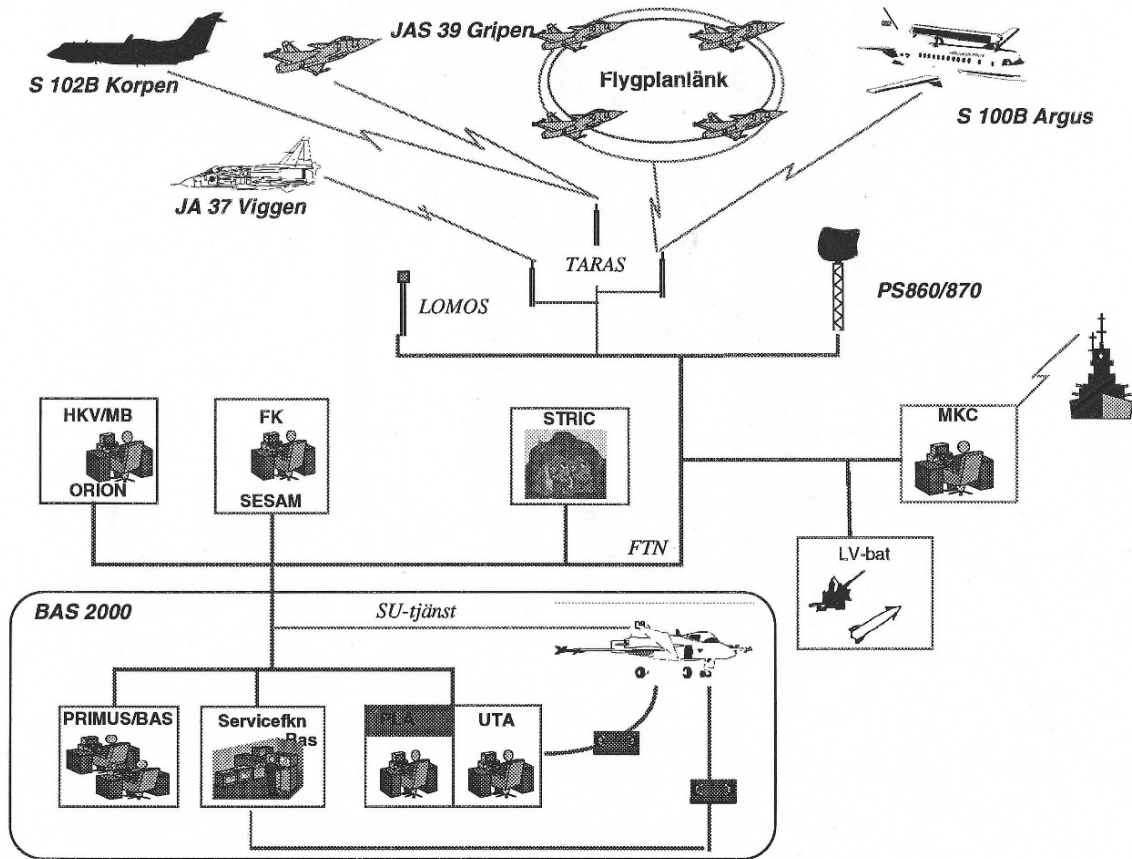
Till vänster finns ett antal kommandon för att köra modellen. Till höger i blått kan du avläsa siffervärden på antal kunder etc. Med hjälp av grafverktyget nedanför kan du skissera en trend för hit-rate. De tre gråa spakarna under grafen tillåter dig att ställa in olika värden för antal bokade möten, kundvård och infasingstid. Arbetsgången är lätt, du ställer in önskade värden, trycker på starta simulering och avläser resultatet i diagrammen (du kan bläddra mellan olika diagram genom att klicka på fliken i nedre, vänstra hörnet). Det finns möjligheter att länka både indata och utdata till Excel-ark om du vill det.

Till sist det kanske allra viktigaste!

Det stora lärandet och de nya insikterna uppstår när man tillsammans diskuterar och bygger en modell och gör ansatser för att beskriva verksamheten. Vi får en tydlig beskrivning av vår affärsmodell. En modell som kan granskas och kritiseras och som kan utvecklas när nya frågor dyker upp under resans gång. **Detta är den stora vinsten med System Dynamics!**

Bilaga 2

FV 2000



Om författarna

Anders Sixtensson

Anders Sixtensson är civilingenjör inom Elektroteknik och Technologie Licentiat med fokus på stora mjukvarusystem från Lunds tekniska högskola 1986 respektive 1989. Anders har +35 års erfarenhet av affärs- och processutveckling som lean/agil specialist, projektledare, analys av logistikflöden eller senior rådgivare i olika affärsförbättringsinitiativ. Anders har en bred erfarenhet från industrisegment som telekom, försvar, förpackning, hygien och andra mjukvaruutvecklingsintensiva organisationer.



Anders har jobbat för, och varit medgrundare till ett antal konsultföretag sedan 1986. Exempelvis Q-Labs, Kipling, Flajt och Softhouse. I alla dessa företag har Anders alltid kombinerat rollen som rådgivande seniorkonsult med interna roller i dessa konsultföretag som affärsutvecklare, konsultchef och ledare. I rollen som konsult har System Dynamics varit ett viktigt analysverktyg och flödes- och affärssimuleringar har gjorts för exempelvis FMV, SCA, Tetrapak, Volvo, Ericsson, Europolitan och mindre företag. System Dynamics har använts i ett antal projekt för FMV/Försvaret i perioden 1995 - 2005 för att analysera och förstå olika komplexa och dynamiska förhållanden och baserat på denna förståelse ta fram bättre beslutsunderlag för strategiska beslut.

Bengt Olofsson

Efter ingenjörsexamen 1959 och värnpliktstjänstgöring vid KA 2 (signalteknikerutbildning) fick jag anställning vid LM Ericsson i Mölndal 1961 – 1964 och arbetade med testutrustning till flygplanradar PS-03 till J35 Draken. Under åren 1965 - 1975 var jag anställd vid F 10 och tjänstgjorde som driftchef vid en radargruppcentral i Skåne. Kurs (deltid) i ADB vid Lunds Universitet. Därefter anställning vid Telub Växjö 1975 – 1983 först med arbetsuppgifter inom områdena underhållsplanering av strilmateriel och därefter med systemutprovning och systemutredningar mm kopplade till marinens ledningssystem (bl a MASIK, ENDA m fl) och flygvapnets strilsystem. Efter en kortare anställning vid Ericsson Radio Systems under 1984 fick jag anställning vid FMV, Elektronikavdelningens Ledningssystembyrå, sektionen för marina ledningssystem. Därefter var jag sektionschef vid Flygets Underhållsavdelningen några år för att därefter komma tillbaka till Elektronikavdelningens Systembyrå. Efter ett par år vid Flygplanavdelningens Integrationsbyrå kom jag över till Flygmaterielledningen (FML) och stannade där fram till pensioneringen vid årsskiftet 1999/2000.



Efter pensioneringen aktiv inom förvarets museiverksamhet vid Teleseum i Enköping, vid museet för rörligt kustartilleri i Karlskrona och vid Försvarets Historiska Telesamlingar, FHT-F och FHT-M.