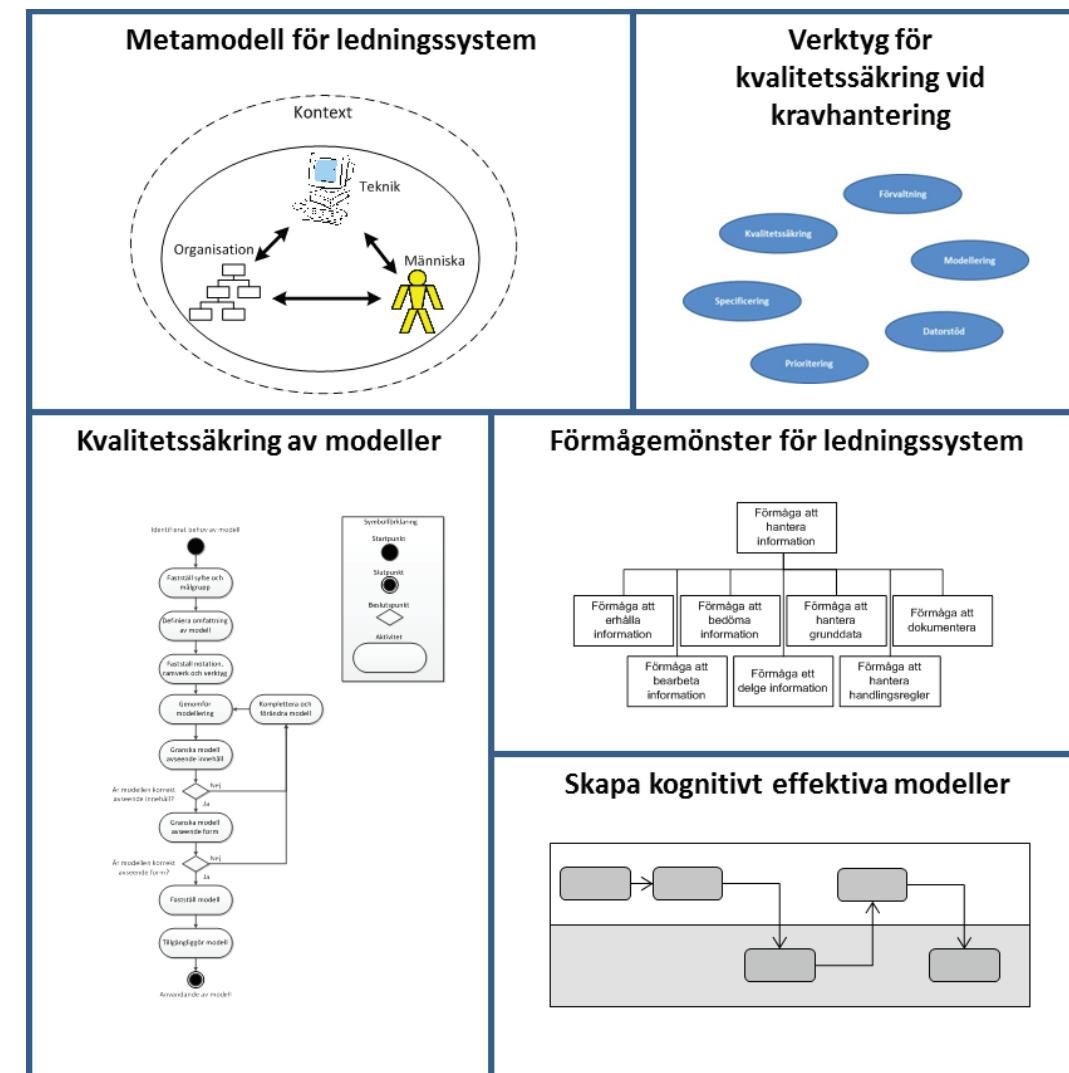


NIKLAS HALLBERG, JOACHIM HANSSON, NINA LEWAU,
HELENA GRANLUND, SUSANNA NILSSON,
JONAS HARALDSSON, HENRIK ERIKSSON,
CHARLOTTE HELLGREN



FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.

Niklas Hallberg, Joachim Hansson, Nina Lewau,
Helena Granlund, Susanna Nilsson, Jonas
Haraldsson, Henrik Eriksson, Charlotte Hellgren

Kvalitetsbaserad ledningssystemutveckling

Årsrapport 2012

Titel	Kvalitetsbaserad ledningssystemutveckling
Title	Quality-based development of command and control systems
Rapportnr/Report no	FOI-R--3549--SE
Månad/Month	December/December
Utgivningsår/Year	2012
Antal sidor/Pages	83 p
ISSN	1650-1942
Kund/Customer	Försvarsmakten
FoT område	Ledning och MSI
Projektnr/Project no	E36018
Godkänd av/Approved by	Christian Jönsson
Ansvarig avdelning	Informations- och aerosystem

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk. All form av kopiering, översättning eller bearbetning utan medgivande är förbjuden

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

Sammanfattning

Att utveckla rätt ledningssystem på rätt sätt är en stor utmaning, där många projekt misslyckas. Listan på orsaker till svårigheterna kan göras lång och inget enskilt projekt kan ta sig an samtliga. Projektet Kvalitetsbaserad ledningssystemutveckling påbörjades år 2011 och har tagit sig an en del av svårigheterna med ledningssystemutveckling av hög relevans för Försvarsmakten. Denna rapport beskriver de resultat som erhållits inom projekt under 2012, vilket är projektets avslutningsår.

Modeller är viktiga vid systemutveckling, för att beskriva olika fenomen och aspekter. De utgör ett medium för att kommunicera mellan olika involverade aktörer. Kapitel 3 i rapporten beskriver 12 kategorier av riktlinjer för att erhålla kognitivt effektiva modeller. Dessa kategorier är: (1) Visuella variabler, (2) Utformning av symboler, (3) Kommentarer och etiketter, (4) Fokusering, (5) Strukturering av diagram, (6) Gruppering av element, (7) Visualisering av flöden, (8) Komplexitet i diagram, (9) Konsekvent modellering, (10) Överblick och navigering, (11) Dokumentation av modellen och (12) Anpassning efter målgrupp.

Granskning i form av inspektioner är en vedertagen ansats för att erhålla kvalitet i utvecklingen. I Kapitel 4 presenteras ett ramverk för granskning av modeller avseende kognitiv effektivitet, bestående av en checklista och en metod. Checklistan, som bestående av 30 kriterier, finns i två varianter beroende på syftet med granskningen.

Kravhantering är en av de mest kritiska aktiviteterna i systemutveckling. I Kapitel 5 redovisas resultatet av en litteraturstudie och en översiktstudie av kommersiella verktyg avseende hur olika verktyg stödjer olika moment inom kravhantering. I litteraturstudien identifierades 34 vetenskapliga beskrivna verktyg och i översiktstudien beskrivs 15 kommersiella verktyg.

Återanvändning är en ansats för att erhålla kvalitet i framtagna system. Exempelvis kan så kallade mönster användas för att återanvända kunskap. I Kapitel 6 redovisas en första version av ett mönster som beskriver fem generella

förmågor som ledningssystem ska inneha. Det som krävs är förmåga att: (1) kommunicera, (2) hantera information, (3) upprätthålla lägesförståelse, (4) planera verksamhet samt (5) utvärdera verksamhet.

Sociotekniska system såsom ledningssystem är komplexa att utveckla då en avvägning måste göras mellan de sociala respektive de tekniska aspekterna. Den allra enklaste formen att beskriva sociotekniska system är som MTO-system där MTO står för Människa, Teknik och Organisation. I Kapitel 7 presenteras en första version av en metamodell som baseras på MTO, där fem objekt och fyra relationer används. Vidare beskrivs notationer för hur dessa objekt och relationer ska modelleras. Objekten innefattar: Kontext, MTO-system, Människa, Teknik och Organisation. Relationer innefattar: Människa-Teknik, Människa-Organisation, Teknik-Organisation samt Kontext-MTO-system. Vissa av dessa övergripande relationer innehåller flera relationer.

Resultaten från projektet under 2012 är i hög grad baserade på teoretiska studier. Förhoppningen är att resultatet får sin praktiska tillämpning i andra projekt inom Försvarsmakten på samma sätt som tidigare års resultat fått.

Nyckelord: Ledningssystem, systemutveckling, modeller, kvalitetssäkring, kravhantering, verktygsstöd, förmågemönster, metamodell

Summary

To develop command and control systems in the right way is a major challenge, where many projects fail. The list of causes of the problems is long and no single project can take on all of them. The project Quality-based development of command and control systems began in 2011 and has taken on some of the difficulties in the development of those systems, of relevance to the Swedish Armed Forces. This report describes the results of the project in 2012, which is the last year of the project.

Models are important in systems development to describe different phenomena and aspects. They constitute a means for communication between the involved actors. Chapter 3 describes 12 categories of guidelines for obtaining cognitively efficient models. These categories are: (1) Visual variables, (2) Design of symbols, (3) Comments and labels, (4) Focus, (5) Structuring of charts, (6) Grouping of elements, (7) Visualization of flows, (8) Complexity in the charts, (9) Consistent modeling, (10) Overview and navigation, (11) Documentation of the model and (12) Adjustment to the target group.

Inspection is a well-accepted approach for quality assurance during development. Chapter 4 presents a framework for quality assurances of models regarding cognitive efficiency, consisting of a checklist and a method. The checklist is available in two versions depending on the purpose of the audit. Both versions contain 30 criterias to be assessed.

Requirements engineering is one of the most critical activities in systems development. Chapter 5 presents the results of a literature review and an overview study of commercial tools on how different tools support different stages in requirements engineering. The literature review identified 34 tools described in scientific context and the overview study describes 15 commercial tools.

Reuse is an approach to obtain quality in the developed systems, e.g., usage of so-called patterns to reuse knowledge. Chapter 6 presents a first version of pattern descriptive capabilities of command and control systems, consisting of

five general abilities that management must possess. These are the abilities of: (1) communication, (2) information processing, (3) maintaining state understanding, (4) planning activities and (5) evaluating the business.

Socio-technical systems such as command and control systems are particularly complex to develop as a balance must be made between the social and the technical aspects. The simplest form to describe the socio-technical systems is as MTO systems where MTO stands for Man, Technology and Organization. Chapter 7 presents a first version of a meta-model based on MTO, where five objects and four relationships are defined. It also describes the notations used for representing these objects and relationships. The objects include: Context, MTO system, Man, Technology and Organization. Relationships include: Man-Technology, Man-Organization, Technology-Organization and Context-MTO systems.

The outcome of the project in 2012 is mainly based on theoretical studies. It is hoped that their practical application can be related to other projects in the Swedish Armed Forces, in the same manner as previous years' results have.

Keywords: command and control systems, systems development, models, quality assurance, requirements engineering, tool support, capability patterns, meta-model

Innehållsförteckning

1	Inledning	9
2	Tidigare erhållna resultat	12
2.1	Producerade rapporter	13
2.2	Producerade vetenskapliga artiklar	13
3	Skapa kognitivt effektiva modeller	14
3.1	Genomförande	14
3.2	Resultat	15
3.2.1	Visuella variabler	15
3.2.2	Utformning av symboler	17
3.2.3	Kommentarer och etiketter	17
3.2.4	Fokusering	18
3.2.5	Strukturering av diagram	18
3.2.6	Gruppering av element	19
3.2.7	Visualisering av flöden	19
3.2.8	Komplexitet i diagram	20
3.2.9	Konsekvent modellering	21
3.2.10	Överblick och navigering	21
3.2.11	Dokumentation av modellen	22
3.2.12	Anpassning efter målgrupp	22
3.3	Diskussion	22
4	Kvalitetssäkring av modeller	24
4.1	Övergripande process för att skapa och kvalitetssäkra modeller	25
4.2	Genomförande	27
4.2.1	Utveckling av checklista för att granska modeller	27
4.2.2	Utveckling av metod för att granska modeller	27
4.3	Resultat	28
4.3.1	Checklista för att granska modeller	28
4.3.2	Metod för att granska modeller	31
4.4	Diskussion	32

5	Verktyg för kvalitetssäkring vid kravhantering	34
5.1	Genomförande	34
5.2	Resultat	35
	5.2.1 Litteraturstudie av vetenskapliga artiklar	35
	5.2.2 Översiktsstudie av kommersiella verktyg	38
5.3	Diskussion.....	40
6	Förmågemönster för ledningssystem	41
6.1	Bakgrund.....	41
6.2	Resultat	42
	6.2.1 Förmåga att kommunicera	43
	6.2.2 Förmåga att hantera information	44
	6.2.3 Förmåga att upprätthålla lägesförståelse	45
	6.2.4 Förmåga att planera verksamhet	46
	6.2.5 Förmåga att utvärdera genomförd verksamhet.....	47
6.3	Diskussion.....	47
7	Metamodell för ledningssystem	49
7.1	Genomförande	50
7.2	Resultat	50
	7.2.1 Objekt i metamodellen.....	51
	7.2.2 Relationer i metamodellen.....	53
7.3	Diskussion.....	56
8	Slutsatser	57
9	Referenser	58
	Bilaga 1: Sammanfattning av riktlinjer	66
	Bilaga 2: Checklista för godkännande av modeller	72
	Bilaga 3: Checklista för förbättring av modeller	78

1 Inledning

Att utveckla rätt system på rätt sätt är en stor utmaning. Många utvecklingsprojekt misslyckas för att utvecklingen inte genomförs på rätt sätt. Listan på orsaker kan göras lång: involverade intressenter har fel eller otillräcklig kompetens; nyttjade ansatser, metoder, ramverk och utvecklingsprocesser används för systemutveckling de inte är lämpade för; samt, förståelse för varför slutanvändare ska involveras saknas, och när slutanvändare väl involveras nyttjas inte deras kompetens på ett korrekt sätt.

I många fall underskattas dessutom svårigheten med att dels avgöra, dels beskriva vad systemet ska bidra till, vilket leder till otillräckligt underlag inför utvecklingen. Eftersom det är både svårt och tidskrävande att avgöra vad system ska uppfylla tenderar många projekt att bli teknikdrivna. Det vill säga att utgångspunkten tas i de tekniska möjligheterna och först därefter utvärderas vad systemet kan bidra med. Detta är i stark kontrast till det önskvärda förfarandet att utgå från de behov som intressenter *faktiskt* har. I andra fall specificeras funktioner allt för noggrant, genom att lösningar och realiseringar anges redan i kravspecifikationen. Detta medför en begränsning inför designen och utformningen av systemet vilket innebär att kompetensen hos specialisterna på systemdesign inte kan nyttjas fullt ut.

Kravhantering är en viktig mekanism för att säkerställa att användares och verksamheters behov tillgodoses av de system som utvecklas. Att basera systemutvecklingen på krav av hög kvalitet ökar avsevärt sannolikheten att nå ett lyckat resultat. Men att lyckas med kravhantering är dock långt ifrån trivialt (Konrad & Gall, 2008). Krav måste identifieras, analyseras, valideras och dokumenteras samt kommuniceras till dem som ska utforma systemet. Krav av hög kvalitet innebär att det är rätt krav, men också att kraven är formulerade korrekt.

Kvalitetsbaserad ledningssystemutveckling är ett forsknings- och teknikutvecklingsprojekt (FoT-projekt) som påbörjades år 2011. Utgångspunkten för projektet är att nyttja utvecklingsansatser som bygger på vedertagna principer för att uppnå *kvalitet* vid utveckling. Kvalitet innebär att rätt system byggs på rätt sätt (Arthur, 1992). Med kvalitetsbaserad utveckling avses i detta projekt att:

1. **Utveckla rätt system.** System ska åstadkomma värde för dess intressenter. De ska enbart innehålla funktioner och egenskaper som bidrar till värdet för intressenterna.
2. **Utveckla system rätt.** Systemutvecklingen ska genomföras på ett kostnads-, tids- och resurseffektivt sätt. Detta medför att rätt system behöver byggas på rätt sätt redan *första* gången.

Syftet med projektet är att generera kunskap avseende kvalitetsbaserad utveckling av ledningssystem som är praktiskt och vetenskapligt kvalitetssäkrat. Projektet bygger vidare på resultat som erhöles inom FoT-projektet *Arkitekturbaserad ledningssystemutveckling* (2008-2010).

Denna rapport beskriver det arbete som genomförts inom ramen för projektet under 2012. Resultat innefattar:

- Skapa kognitivt effektiva modeller
- Kvalitetssäkring av modeller
- Verktyg för kvalitetssäkring vid kravhantering
- Förmågemönster för ledningssystem
- Metamodell för ledningssystem

Skapa kognitivt effektiva modeller. Att nyttja olika former av modeller är en vedertagen praktik inom systemutveckling (Hallberg, Pilemalm, Sparf, & Sjödin, 2009). Modeller kan användas för att beskriva kontexten i vilket systemet ska nyttjas, hur systemet ska användas, krav som ställs på systemet och utformningen av systemet. Modellerna utgör ett medium för att kommunicera mellan olika aktörer involverade i utvecklingen. Detta både mellan olika kategorier av professionella utvecklare, och mellan utvecklare och representanter för användarna. Under 2012 har riktlinjer för att skapa kognitivt effektiva modeller tagits fram (Haraldsson, Lewau, Nilsson, Hansson, & Hallberg, 2012). Dessa presenteras i kortfattad form i Kapitel 3.

Kvalitetssäkring av modeller. En systematisk och strukturerad granskning av modeller är ett sätt att öka kvaliteten på dessa. Under 2012 har ett ramverk för att granska modeller avseende dess form tagits fram. Ramverket består av en checklista i två varianter och en metod för att tillämpa checklistan. Arbetet bygger vidare på de riktlinjer som producerats i Haraldsson et al. (2012). Detta redovisas i Kapitel 4.

Verktyg för kvalitetssäkring vid kravhantering. En av de absolut mest kritiska aktiviteterna att lyckas med i systemutveckling är att identifiera, beskriva och kommunicera de krav som ska ligga till grund för utformningen av system (Wieggers, 2003). Vid FOI har en metod utvecklats som beaktar hur krav formuleras, granskas samt kvalitetssäkras avseende deras form (Hansson, Granlund, Hallberg, Pilemalm & Pilemalm, 2010). Att granska krav manuellt är dock en relativt tidskrävande och enformig uppgift. Under 2012 genomfördes därför en litteraturstudie avseende verktygsanvändningen inom kravhanteringsområdet (Granlund, Hellgren, Haraldsson, Sundmark, Hansson & Hallberg, 2012). Detta redovisas i Kapitel 5.

Förmågemönster för ledningssystem. Kvalitet hos system kan åstadkommas genom att systematiskt återanvända redan befintliga komponenter. Mönster (eng.

patterns) är ett sätt att återanvända kunskap mellan olika utvecklingsprojekt, där likande system tas fram. Ett förmågemönster för ledningssystem beskriver således generella förmågor som vanligen återfinns hos ledningssystem. Under 2012 togs en första version fram av förmågemönster för ledningssystem. Denna redovisas i Kapitel 6.

Metamodell för ledningssystem. Det finns idag en rad olika arkitekturramverk för att beskriva sociotekniska system (Scheckerman, 2003). Dessa ramverk är relativt komplexa att tillämpa och svåra att överblicka. Tidigare har ett begränsat ramverk som stöd för att beskriva ledningsmetod och teknik av ledningssystem tagits fram vid FOI (Hallberg, Andersson, & Ölvander, 2010). Under 2012 har en första version av ett ramverk för att beskriva ledningssystem som sociotekniska system tagits fram. Denna redovisas i Kapitel 7.

I Kapitel 8 presenteras slutsatser avseende resultat producerade i projektet.

Den kunskap som har tagits fram inom projektet har kontinuerligt överförs till andra mer tillämpade projekt för att så fort som möjlig nyttiggöra denna kunskap i Försvarmakten.

2 Tidigare erhållna resultat

Under 2011 identifierades och beskrevs ett antal olika ansatser (metoder och principer) för att erhålla kvalitet vid utveckling av system (Hallberg, Lewau, Hansson, Granlund, Nilsson, Haraldsson & Karlzén, 2011):

- *Lean* bygger på ett antal principer främst inriktade på att identifiera och eliminera slöseri i processer. Målet med Lean är att göra utvecklingen så effektiv som möjligt, bland annat genom att reducera aktiviteter som inte bidrar till ökad kvalitet.
- *Software Product Line Engineering* (SPLE) är en ansats som utvecklats med målsättningen att förbättra och effektivisera utvecklingen av mjukvara genom att återanvända istället för att nyutveckla för varje ny konfiguration eller variant av ett system. Detta kan till exempel uppnås genom att skapa programsviter där samma komponent nyttjas av flera olika program.
- *Six Sigma* är en problemorienterad ansats med syftet att eliminera problem i processer. Uppfattningen av vad Six Sigma egentligen är varierar men vanliga åsikter är att Six Sigma är en metrik, en metod och ett förhållningssätt. Vanligen används Six Sigma för att räkna defekter i en organisation, där företagets kvalitets mäts i antal defekter.
- *Capability Maturity Model Integration* (CMMI) är ett ramverk för att skapa mätbara, förutsägbara och kvalitetssäkrade processer. Centralat inom CMMI är användandet av processområden. Processområden består av ett antal specifika och generiska mål samt aktiviteter som behövs för att uppnå uppsatta mål. Exempel på sådana processområden kan vara planering, utbildning eller utvärdering. Utifrån vilka processområden en organisation anammats kan företagets mognadsnivå bedömas.
- *Goal Oriented Requirements Engineering* (GORE) är en ansats som fokuserar på målen för systemet som ska utvecklas, för att sedan koppla målen till specifika krav. GORE är en bred ansats som har fokus på målorienterad kravhantering och det finns en mängd olika metoder och modelleringsnotationer inom ramen för ansatsen.
- *Kvalitetssäkring av krav* är en metod för att ge stöd vid formulering och granskning av krav. Metoden utvecklades under 2010 och beskrivs i Hansson, Granlund, Hallberg, Pilemalm och Pilemalm (2010). Under 2011 genomfördes en utvärdering av metoden där kravspecifikationer från Försvarmakten användes som underlag.

- *The physics of notations* består av nio principer för att skapa kognitivt effektiva visuella notationer för användning vid representation av modeller i form av diagram. (Hallberg, et al., 2011)

2.1 Producerade rapporter

Inom projektet har följande FOI-rapporter tagits fram:

Granlund, H., Hellgren, C., Haraldsson, J., Sundmark, T., Hansson, J., & Hallberg, N. (2012). *State-of-the-art: Automatiserad kvalitetssäkring vid kravhantering*, FOI-R--3479--SE.

Haraldsson, J., Lewau, N., Nilsson, S., Hansson, J., & Hallberg, N. (2012). *Att skapa kognitivt effektiva modeller och diagram*, FOI-R--3497--SE.

Hallberg, N., Haraldsson, J., Lewau, N., Hansson, J., Granlund, H., Sundmark, T., & Nilsson, S. (2011). *Kravhantering: Best practice*, FOI-R--3264--SE.

Hallberg, N., Lewau, N., Hansson, J., Granlund, H., Nilsson, S., Haraldsson, J., & Karlzén, H. (2011). *Kvalitetsbaserad ledningssystemutveckling: Metoder och principer*, FOI-R--3358--SE.

2.2 Producerade vetenskapliga artiklar

Följande vetenskapliga artiklar har producerats inom projektet:

Pilemalm, S., Hallberg, N., Sparf, M., & Niclason, T. (2012). Practical experiences of model-based development: Case studies from the Swedish Armed Forces. *Systems Engineering*, Vol. 15, No. 4, 407–421.

Hallberg N., Pilemalm, S., & Timpka, T. (2012). Quality Driven Requirements Engineering for Development of Crisis Management Systems, *International Journal of Information Systems for Crisis Response and Management (IJISCRAM)*, Vol 4, Issue 2, 35-52.

Hallberg, N., Hallberg, J., Granlund, H. & Woltjer, R. (2012). Rationale for Emergency Management Systems for Local Communities. In L. Rothkrantz, J. Ristvej & Z. Franco (eds). *Proceedings of the 9th International ISCRAM Conference*. Vancouver, Kanada, April.

Hallberg, N., Jungert, E., & Pilemalm, S. (2011). Ontology for Systems Development. Inskickad till *Int'l Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*.

Hansson, J., Granlund, H., & Hallberg, N. (2012). Lightweight Approach for Quality Assurance of Requirements. Under produktion.

3 Skapa kognitivt effektiva modeller

För att beskriva komplexa företeelser så som system och processer behövs någon form av teknik för förenkling och abstraktion, såsom grafiska representationer i form av modeller. Modeller utgör ett viktigt inslag i många utvecklingsprocesser, både som verktyg för analys och för att beskriva olika fenomen och aspekter. Modeller används exempelvis som en grund inom kravhanteringen (Hay, 2003; Siua & Tan, 2005). Inom aktiviteten design används begreppet *konceptuella modeller* för modeller vars syfte är att beskriva system på en abstrakt nivå (Liddle, 1996). Genom att modellera system och verksamhetsprocesser erhålls modeller som utgör ett verktyg för att analysera systemegenskaper, identifiera krav och för att kommunicera med användarna (Johnson & Henderson, 2002). Inom Försvarmakten har arbetet med att införa ett modellbaserat arbetssätt påbörjats, vilket bland annat innebär att beskrivningar görs i form av modeller istället för textdokument. Ett modellbaserat arbetssätt avser öka spårbarhet, underlätta förståelsen hur system är tänkta att fungera samt ge tydligare separation mellan funktionalitet och teknisk realisering.

Modeller består av ett eller flera diagram, vars utseende bestäms av en *visuell notation* (Moody, 2011). Varje diagram i modellen består i sin tur av element som kan vara i form av symboler, text och utsmyckning. För att säkerställa att diagram kan tolkas korrekt och effektivt av läsare bör de hålla hög kvalitet, det vill säga informationen i diagrammen ska presenteras på ett så effektivt sätt som möjligt med hänsyn till människors kognitiva förmågor. Larkin & Simon (1987) använder begreppet *kognitivt effektiv* för att beskriva en modell som är läsbar, lätt att ta till sig och förstå utan att behöva ha utförlig kunskap om dess notation. Ett sätt att säkerställa att diagram håller kvalitet, och att de är utformade på ett sådant sätt att de stödjer förståelse, är att följa riktlinjer baserade på kunskaper om den mänskliga förmågan att ta till sig visuell kommunikation vid diagrammens utveckling.

Syftet med studien genomförd i Haraldsson et al. (2012) var att skapa riktlinjer för hur modeller och diagram bör utformas, där hänsyn till människors kognitiva förmåga att läsa och tolka visuella representationer tagits. Detta kapitel utgör en sammanfattning av Haraldsson et al. (2012).

3.1 Genomförande

För att ta fram riktlinjer för skapandet av kognitivt effektiva modeller genomfördes en litteratursökning och -analys. Litteratursökningen baserades på tidigare identifierade referenser inom området användarcentrerad systemutveckling och designprinciper (Hallberg et al., 2011). Genom en systematisk genomgång av dessa publikationer identifierades ytterligare litteratur relevant för studiens syfte. Sökningar genomfördes även i

indexeringsdatabaserna Scopus, Science Direct och Google Scholar, och i av författarna redan känd litteratur, för att hitta litteratur med anknytning till de redan identifierade publikationerna.

Urvalskriterierna för att inkludera publikationer var att de var inriktade på antingen grafisk representation eller semantik gällande diagram. Totalt identifierades 137 artiklar och konferensbidrag av relevans, och ur dessa valdes 31 artiklar ut som underlag till arbetet. De utvalda artiklarna beskriver generella rekommendationer och riktlinjer för grafisk representation av modeller och förhållningssätt till dessa modeller.

Vid litteratur analysen användes även en regelsamling (Pierotti, u.å.) för användbarhet för att fånga upp relevanta kriterier till riktlinjerna. Dessa regler är baserade på bland annat Nielsens (1994) principer för användbarhet. Användbarhetsprinciperna och litteraturen kategoriserades sedan och användes som utgångspunkt för att formulera riktlinjerna.

3.2 Resultat

Detta avsnitt beskriver översiktligt bakgrunden till de riktlinjer för kognitivt effektiva modeller och diagram som identifierats. Riktlinjerna återfinns i Bilaga 1. Riktlinjerna som presenteras är inriktade på den visuella utformningen av modeller och avser inte att ta hänsyn till innehållsmässiga kvaliteter och notation. Även om riktlinjerna följs är modellerarens kompetens och förmåga att göra avvägningar och anpassningar med hänsyn till målgrupp och syfte med modellen av stor vikt. Syftet med riktlinjerna är att ge stöd vid modellering, där modeller och diagram utformas på ett sådant sätt att de går att läsa och tolka effektivt, korrekt och med lätthet. Riktlinjerna förutsätter att arbetet med att skapa modeller ingår i en större modelleringsprocess där mål och syfte för modellen har fastställts. Även målgrupp och notation påverkar tillämpningen av riktlinjerna. Riktlinjerna beskrivs i 12 kategorier (Tabell 1).

3.2.1 Visuella variabler

Enligt Bertin (1983, refererad i Moody, 2009) kan symboler beskrivas utifrån åtta *visuella variabler*: form, storlek, färg, orientering, ljusstyrka, textur samt vertikal och horisontell position. Ett sätt att öka läsbarheten av diagram är att i större utsträckning använda visuella variabler för att minska den kognitiva belastningen (Moody, 2009; Sternberg, 2003). Det är dock så att när flera visuella variabler används samtidigt ska detta göras medvetet och sparsamt för att undvika rörighet (Evitts, 2000, refererat i Ambler, 2005; Koning, Dormann & van Vliet, 2002).

Tabell 1. Översikt över kategorierna av riktlinjer. De olika nivåerna indikerar på vad (symboler, diagram eller översiktligt) riktlinjerna kan tillämpas (Haraldsson et al., 2012).

Symbolnivå	Diagramnivå	Översiktlig nivå
<ul style="list-style-type: none"> • Visuella variabler • Utformning av symboler • Kommentarer och etiketter 	<ul style="list-style-type: none"> • Fokusering • Strukturering av diagram • Gruppering av element • Visualisering av flöden 	<ul style="list-style-type: none"> • Komplexitet i diagram • Konsekvent modellering • Överblick och navigering • Dokumentation av modellen • Anpassning efter målgrupp

Vissa visuella variabler, som exempelvis storlek, har en psykologisk ordning från minst till störst. Detsamma gäller ljusstyrka som har en ordning från ljust till mörkt (eller tvärtom). Andra visuella variabler som färger, texturer och former har däremot inte någon speciell ordning. Olika visuella variabler bör användas på olika sätt. Färg och form lämpar sig för att representera nominella värden, medan storlek kan användas för intervall. En symbol kan kombinera flera visuella variabler vilket innebär att mer information kan kodas i symbolen. Att koda en symbol med flera variabler gör dem enklare att särskilja eftersom skillnaden mot andra symboler kan ökas.

Av de visuella variablerna är form den variabel som människor främst utgår från för att identifiera objekt i den verkliga världen. Således är det den variabel som i första hand bör användas för att särskilja symboler (Moody, 2009). Synsinnet är bra på att uppfatta färg, vilket gör färg till en kraftfull visuell variabel. Färg bör dock inte användas som den enda urskiljande faktorn eftersom människor har olika förmåga att särskilja färger och färgåtergivning kan skilja sig åt mellan olika presentationsformer (datorskärmar, tryck etc.). Ytterligare faktorer att ta hänsyn till vid användandet av färg är kulturella konventioner som påverkar läsarens tolkning, exempelvis att rött ofta förknippas med fara och grönt med motsatsen till fara. Även kombinationen av färger är viktig, komplementfärger (exempelvis rött-grönt, orange-blått) försvårar läsning genom den visuella effekten som uppstår när de placeras bredvid varandra (Ford, 2009).

Visuella variabler hanteras i Bilaga 1 av riktlinjerna 1-3: *Utnyttja visuella variabler för att förenkla och öka läsbarheten, Förklara betydelsen av visuella variabler när dessa används för kodning av information, samt Använd visuella variabler med eftertanke.*

3.2.2 Utformning av symboler

En förutsättning för läsbarhet av diagram är att de symboler som används är tydligt åtskiljbara och inte kan missförstås. Det är således viktigt att det tydligt framgår vilka olika begrepp som modelleras och vilka symboler som står för vilket begrepp. Något som leder till missförstånd och förvirring är när samma symbol *står för flera begrepp*, alltså betyder flera olika saker. Det bör heller inte finnas *flera olika symboler* som står för samma begrepp, alltså betyder samma sak. Det kan dock vara värt att notera att semantiskt närliggande symboler, det vill säga begrepp som är starkt relaterade till varandra, med fördel kan utgå från samma grundsymbol, exempelvis olika typer av kunder i en modell kan representeras av snarlika symboler (Moody, Heymans & Matulevicius, 2009). Dock bör inte symbolerna urskiljas enbart med text eftersom det innebär att människans naturliga förmåga att tolka visuell information inte utnyttjas, istället ökar den kognitiva belastningen (Sternberg, 2003). Snarare än text bör andra visuella variabler som färg och storlek utnyttjas för att särskilja symboler.

Utformning av symboler hanteras i Bilaga 1 av riktlinjerna 4-9: *En symbol ska inte betyda flera olika saker, Ett begrepp bör inte representeras med flera olika symboler, Symboler ska vara tydligt åtskiljda utan risk för förväxling, men semantiskt närliggande symboler kan dela gemensamma drag, En symbol bör inte ha ett missvisande utseende, Använda symboler bör vara konkreta och bekanta för målgruppen samt Symboler ska vara tydligt läsbara.*

3.2.3 Kommentarer och etiketter

En del diagram kräver förklarande texter i form av *kommentarer* och *etiketter* för att underlätta och öka förståelsen. Kommentarer används främst för att i kortfattad löpande text ge information om diagram som helhet och lägga till information om exempelvis undantag i flöden. Etiketter består av några få ord och används för att namnge och förtydliga innebörden hos symboler för entiteter och relationer, men även för att förklara flöden samt för att namnge logiska zoner och grupperingar.

Modellerare bör vara noggranna med placeringen av förklarande texter. Förståelsen ökar om texterna placeras nära den aktuella symbolen, och således tydliggör vad texten syftar på (Eichelberger, 2002; Mayer & Moreno, 2003). Enligt Moody (2009) är det mer effektivt att inkludera kommentarer i diagram, jämfört med att förklaringar ges i bifogade dokument. Finns det dock behov av omfattande beskrivande text är det lämpligare att lägga dessa i bilagor av utrymmesskäl. Tydliga avvägningar måste göras för att utforma texter i etiketter och kommentarer för att säkerställa att de innehåller relevant information som är tillräckligt beskrivande för att innebörden ska vara förståelig, samtidigt som den är kortfattad, enkel och tydlig (Mendling, Reijers & Recker, 2010). Texter bör

även vara konsekvent formaterad (typsnitt, justering etc.) och ha horisontell läsriktning för att underlätta läsningen.

Varje diagram som ingår i en större modell bör även ha en beskrivning av vad diagrammet visar, vem som äger diagrammet samt när det senast ändrades. Detta ger tydlig spårbarhet i modellen. Placeringen av denna information bör vara konsekvent (på samma ställe) genomgående i modellens diagram (Ambler, 2005).

Kommentarer och etiketter hanteras i Bilaga 1 av riktlinjerna 10-13: *Tydliggör och förklara betydelser genom välplacerade förklarande texter (t.ex. för symboler, grupperingar, flöden och relationer), Varje diagram bör innehålla en beskrivning, Text i etiketter och diagram ska vara relevant och välformulerad samt Använd tydlig och lämplig formatering av texten.*

3.2.4 Fokusering

För att tydliggöra det viktigaste budskapet i diagram bör läsarens uppmärksamhet styras, och fokuseras, till det element som underlättar att budskapet når fram. Fokusering innebär även att säkerställa att diagram inte innehåller irrelevant information som kan ge intryck av att vara av vikt. Även onödigt information som dekorationer eller utfyllnad bör undvikas eftersom det kan avleda uppmärksamheten från det viktiga i diagrammet och försvåra tolkningen av både diagram och modeller (Tuft, refererad i Carr & Will, 2006).

Det finns en rad olika tekniker för att rikta uppmärksamheten hos läsare, bland annat genom att använda olika storlekar och färg för att avskilja det viktiga från sin omgivning, eller genom att placera centrala element i centrum av diagrammet. Ett sätt att visa relativ kvantitet eller relevans är att använda varierande storlek på, eller färgsättning av, element för att på sådant sätt illustrera elementets relativa betydelse i förhållande till övriga element. I text kan uppmärksamheten styras med hjälp av textstorlek, fetstil och understrykningar. Denna typ av teknik bör dock användas varsamt i synnerhet inom samma diagram. Om omgivande element är tillräckligt homogena kan enskilda element som skiljer sig åt i färg eller form sticka ut, men effekten försvinner om elementen varierar på många olika sätt.

Fokusering hanteras i Bilaga 1 av riktlinjerna 14 och 15: *Använd varierande visuella variabler för att lyfta fram betydelsefulla delar i diagrammet samt Säkerställ att läsarens uppmärksamhet fokuseras på relevant information genom att endast representera det som krävs för budskapet.*

3.2.5 Strukturering av diagram

En genomtänkt struktur i diagram innebär att de blir lättare att överblicka och läsa (Moody, 2009). För att underlätta för läsaren bör diagram inte göras onödigt

bredda och bör vara symmetriska (Coleman & Stott Parker, 1996; Ambler, 2005; Gansner & North, 1998). Elementen i diagrammen bör vara justerade i förhållande till varandra enligt ett rätvinkligt rutnät (Purchase, Carrington & Allder, 2002). Ytterligare ett sätt att stödja läsningen är att leda ögonen rätt genom att ha tomrum mellan objekt och text.

Linjer som i diagrammet illustrerar relationer bör utgå från mitten av symbolernas kant (Ambler, 2005) och om flera relationslinjer går till samma element bör de slås samman (Eichelberger, 2002). För många linjer i diagram ökar risken för missförstånd och fel under modelleringsprocessen, vilket innebär att antalet relationslinjer bör minimeras (Purchase et al., 2002). Även korsade linjer, snäva vinklar och riktningssändringar bör undvikas då det försämrar läsbarheten (Purchase et al., 2002, Eichelberger, 2002).

Det är även viktigt att flöden i processer är konsekvent illustrerade, från vänster till höger alternativt uppifrån och ner (Purchase, Allder & Carrington, 2001). Illustrationer, etiketter och andra förklarande texter bör placeras på sådant sätt att det framgår vilket element de hör till, gärna i direkt anslutning om så är möjligt.

Strukturering av diagram hanteras i Bilaga 1 av riktlinjerna 16 och 17: *Välj en symmetrisk och justerad placering av element i ett diagram samt Rita relationslinjer sparsamt och tydligt.*

3.2.6 Gruppering av element

Ett sätt att tydliggöra relationer mellan element, utan att använda särskilda symboler eller text, är att gruppera dem (Eichelberger, 2002). Genom att placera element närmre varandra uppfattas de naturligt som en gruppering (Sternberg, 2003). Därför bör modelleraren vara noga med att inte placera element på ett sätt som oavsiktligt antyder en relation.

Även färger och inramningar kan användas för att gruppera element. Inramning och användandet av gemensamma färger skapar ett intryck av samhörighet som är starkare än närheten hos element (Sternberg, 2003). För att förstärka grupperingar och förtydliga betydelsen kan de exempelvis namnges eller numreras. Gruppering i höjdledd är ett sätt att förstärka exempelvis hierarkiska relationer.

Gruppering av element hanteras i Bilaga 1 av riktlinje 18: *Gruppera element för att tydliggöra betydelse och relationer.*

3.2.7 Visualisering av flöden

Det finns ett antal riktlinjer som är speciellt avsedda för modellering och visualisering av flöden. Den västerländska kulturella konventionen som säger att flöden går från vänster till höger, eller uppifrån och ner, är ett exempel på en

sådan riktlinje (Purchase et al., 2001). Om exempelvis en processbeskrivning bryter mot denna konvention kan det leda till missförstånd och att processen misstolkas (Lohse et al., 1995). Det kan dock finnas situationer där det är tvunget att bryta mot konventionen för att öka tydligheten i diagrammet (Horowitz & Hill, 1989, refererad i Petre, 1995).

Utöver riktningen på flödet är det även viktigt att balansera processmodeller, det vill säga att det finns en balans i uppdelningar och sammanfogningar, varje koppling som delas bör ha en motsvarande sammanfogning för att ge avslut (Mendling, Neumann & van der Aalst, 2007). Diagram bör även ha ett begränsat antal start- och stoppobjekt eftersom de försvårar läsningen.

Modellering av flöden hanteras i Bilaga 1 av riktlinjerna 19-21: *Balansera flödet i processmodeller, Undvik flera start- och stoppsymboler samt OR-kopplingar samt Rita flöden vänster till höger eller uppifrån och ner.*

3.2.8 Komplexitet i diagram

Enligt Moody (2009) är komplexitet ett av de största hindren för förståelse av diagram. Ett diagram eller annan visuell presentation som upplevs ha en överväldigande komplexitet kan leda till en visuell chock hos läsaren (Blankenship & Dansereau, 2000). Den visuella chocken påverkar främst motivationen och koncentrationen hos läsare som inte vet var de ska börja läsa och sedan ska gå vidare. Detta leder till att läsarens förståelse av diagrammet påverkas och risken finns att läsare inte tar del av informationen överhuvudtaget. Därför är det av vikt att minska diagrams komplexitet utan att förlora innehåll.

Komplexitet i diagram har flera orsaker: antalet använda element, antalet olika typer av symboler, mängden information som förmedlas av en symbol, samt struktur. För att minska den upplevda komplexiteten i diagram och modeller bör en eller flera av faktorerna hanteras.

Avseende komplexitet spelar läsarens förkunskap och kompetens in i hur komplext diagrammet upplevs. Ett sätt att hantera komplexitet är därför att utgå från målgruppen. Om modellen har flera målgrupper med olika behov kan diagram visualiseras på olika abstraktionsnivåer. Det kan alltså behövas diagram som innehåller mycket information och detaljer samtidigt som samma information kan behöva presenteras med betydligt lägre detaljeringsgrad. En generell utgångspunkt för modellering bör alltid vara att göra en tydlig avgränsning av vilken information som är nödvändig för förståelse av diagrammet och försöka minimera antalet symboler och element. I de fall där ett stort antal symboler och element är nödvändiga kan komplexiteten hanteras genom hierarkisk modularisering och uppdelning av diagrammet, förenkling av symbolerna och tydliga teckenförklaringar (Moody 2009).

Komplexitet i diagram hanteras i Bilaga 1 av riktlinjerna 22-25: *Säkerställ att antalet element i diagrammet inte blir för stort, Undvik ett stort antal olika typer av symboler i samma diagram, Undvik alltför informationsrika symboler samt Använd visuella variabler, gruppering och strukturering för att minimera komplexiteten.*

3.2.9 Konsekvent modellering

Vikten av konsekvent användning av symboler, ikoner och språk är något som är väl känt inom bland annat design- och användbarhetsforskning (Nielsen & Mack, 1994). För att underlätta läsning och tolkning av diagram och modeller är det viktigt att vara konsekvent i modelleringsarbetet, både inom och mellan diagram. Konsekvent modellering minskar risken för förvirring och missförstånd, och det förenklar jämförbarheten och därmed förståelsen mellan diagram. Ett sätt att modellera konsekvent är genom att exempelvis vara konsekvent vid namngivning, grammatisk stil och terminologi. Ytterligare ett exempel är att genom hela modellen vara konsekvent vid användning av färgkoder, det vill säga att samma färg betyder samma sak oavsett vilket diagram som läses.

Konsekvent modellering hanteras i Bilaga 1 av riktlinje 26: *Var konsekvent i diagram och modell gällande exempelvis namngivning, grammatisk stil, symbolstil och färgkodning.*

3.2.10 Överblick och navigering

Systemutvecklingsarbete medför ofta behov av beskrivningar i form av modeller som är både komplexa och består av ett flertal diagram. Modellen kan bestå av flera diagram av samma typ (till exempel processer), men kan även bestå av olika typer av diagram (till exempel användningsfall eller processer). Modeller som består av flera diagram ökar den kognitiva belastningen för läsare som måste integrera dem till en helhet (Siau, 2004). Utöver att nå helhetsbilden måste läsarna mentalt skapa en bild av var i denna helhetsbild det aktuella diagrammet hör hemma (Moody, 2009). Därför är det viktigt att använda tekniker som stödjer den kognitiva integrationen och som hjälper läsaren att navigera mellan diagram. Ett sätt att stödja övergripande förståelse för läsare som inte är insatta i modellen är en förenklad helhetsbild, exempelvis i form av ett översiktsdiagram (Moody, 2009). Det kan även behövas stöd för navigering i modellen om den innehåller flera diagram. Detta kan göras antingen via översiktsdiagram och genom läsanvisningar. Om ytterligare diagram och information kopplats till ett diagram kan detta illustreras antingen genom symboler eller att inkludera delar av närliggande diagram.

Överblick och navigering hanteras i Bilaga 1 av riktlinjerna 27-29: *Ta fram stöd för överblick av och översiktlig förståelse av modellen, Ta fram stöd för navigering mellan diagram i modellen samt Tydliggör diagrammets kontext.*

3.2.11 Dokumentation av modellen

All information lämpar sig inte för grafisk representation, i vissa fall är det bättre att använda text (Moody, 2009; Petre, 1995). Förståelsen av modeller som helhet kan underlättas genom att tillföra dokumentation. Dokumentation är inte en direkt del av den grafiska presentationen utan är separata dokument som stödjer tolkning och förståelse av modellen. Dokumentationen bör innehålla information som beskriver syftet med modeller och diagram, vilka avgränsningar som har gjorts samt vad som har modellerats. Utöver att vara lätt för läsare att hitta ska dokumentationen tydligt visa hur den hänger ihop med modellen genom exempelvis hänvisningar, namnsättning och färgkodning. Viss dokumentation kan även innehålla information som ger stöd för hur läsare ska ta sig an modellen och tolka den. Syftet med dokumentationen är alltså att tillsammans med de visuella diagrammen ge läsare en bättre förståelse och bättre möjligheter att ta till sig informationen.

Dokumentation av modeller hanteras i Bilaga 1 av riktlinjerna 30 och 31: *Upprätta dokumentation vid sidan av modellen som beskriver modellen på ett bra och introducerande sätt samt Upprätta dokumentation som ger kompletterande information till enskilda diagram. Spårbarhet och koppling mellan diagram och dokumentation ska vara tydlig.*

3.2.12 Anpassning efter målgrupp

En fråga som berörts i flera av de tidigare avsnitten är vikten av att anpassa och använda riktlinjerna med utgångspunkt i målgruppens behov. För att modeller och diagram ska förstås och vara användbara krävs det att de är utformade efter de behov målgruppen har. Detta innebär att modellerna bör vara anpassade till de förkunskaper målgruppen har, den kontext de ska presenteras i och syftet de har. Modellering kräver således att modellaren har kunskaper inte bara om modelleringstekniker och modelleringsriktlinjer, utan även om den specifika målgruppen.

Anpassning efter målgrupp hanteras i Bilaga 1 av riktlinje 32: *Utforma diagram utifrån målgruppens behov snarare än utifrån riktlinjer.*

3.3 Diskussion

Syftet med riktlinjer är att stödja modellerare i att skapa modeller och diagram av högre kvalitet genom att tillhandahålla en samlad översikt av dokumenterad erfarenhet och vetenskapligt belagd fakta kring både skapandet och läsandet av diagram.

Riktlinjerna kan inte tillämpas rakt av, utan kräver eftertanke och avvägningar vilket innebär att modellerares erfarenhet och kompetens i hög utsträckning

påverkar modellens kvalitet (Moody & Shanks, 1994). De utvecklade riktlinjerna ska ses som en handledning i form av stöd och råd. De måste även tillämpas med hänsyn till modellens syfte, målgrupp och kontext. Vissa riktlinjer är delvis motstridiga, till exempel de gällande relationslinjer där relationslinjerna både ska hållas korta och inte korsas. Vilken riktlinje som är viktigast att följa finns det inga råd om, utan varje diagram måste utformas baserat på vad som fungerar bäst för den aktuella målgruppen och kontexten.

Ett exempel på kontextanpassning är situationen som uppstår då diagram ur en modell ska presenteras kort och kärnfullt på ett ledningsmöte. Det viktiga är inte att få med alla diagram detaljer, utan målet är att nå fram med budskapet och det som bedöms vara det viktigaste för ledningsgruppen. Ett sätt att anpassa diagram i den situationen kan vara att istället för notationens symboler för resurser använda bilder för vad de representerar, exempelvis en tankbil, ett flygplan och ett fartyg.

Även modelleringsverktyget påverkar vilka möjligheter modellerare har att följa dessa riktlinjer. Verktyg kan ge stöd för att skapa modeller om det till exempel går att kontrollera hur konsekvent modellering och användande av symboler är. Verktyg begränsar även möjligheterna för skapande om det till exempel inte går att anpassa och skapa nya symboler.

Likasa den notation som används påverkar hur väl riktlinjerna kan följas. Många av riktlinjerna kan strida mot de möjligheter som finns inom gällande notation. Detta kapitel hanterar inte hur en avvägning mellan riktlinjerna och notationen ska göras, men riktlinjerna ska inte ignoreras enbart med motiveringen att det strider mot rådande notation. Om den använda notationen omöjliggör att följa riktlinjerna kan det innebära att notationen behöver ändras.

Riktlinjerna i detta kapitel syftar till att inspirera modellerare att använda en bred repertoar av tekniker för öka tydligheten och läsbarheten hos diagram. Modeller används för att stödja kommunikation mellan intressenter vid systemutveckling. De beskrivna riktlinjer vill understryka vikten av denna kommunikationskal och ge den uppmärksamheten som den förtjänar.

Detta kapitel presenterar riktlinjer utifrån perspektivet att skapa kognitivt effektiva modeller. Arbetet har varit fokuserat på i huvudsak visuella aspekter och inte vidrört frågor om innehåll. Framtida arbete bör inkludera även hanteringen av innehållsmässiga aspekter av modeller och diagram och eventuellt riktlinjer för hur dessa kan tas omhand. Även möjligheten till att utforma utbildnings- och övningsmaterial bör utforskas ytterligare.

Riktlinjerna som har presenterats i detta kapitel har även varit utgångspunkten för en utvärderingsmetod för granskning av modeller och diagram (kapitel 4). Vidare arbete bör således även inkludera att med hänsyn till resultatet från granskningsprocesser ytterligare förtydliga och förfina riktlinjerna.

4 Kvalitetssäkring av modeller

Grafiska representationer i form av modeller bidrar till att ge överblickbarhet och förståelse för komplexa samband och fenomen, samt underlätta kommunikationen mellan utvecklare och användare (Moody, 2009).

Användningsområdet för modeller är omfattande och ses som en av de viktigaste förutsättningarna för ett lyckat resultat vid utveckling av informationssystem (Hay, 2003; Krogstie, 2003; Siua & Tan, 2005). Modeller anses i många sammanhang vara effektivare än text då information ska förmedlas (Moody, 2011).

För att nyttan av modeller ska bli den största möjliga behöver de anpassas till människors förutsättning och förmåga till informationsbearbetning. Den snabbhet, korrekthet och lätthet som människor kan tillgodogöra sig modeller är ett mått på modellernas *kognitiva effektivitet* (Larkin & Simon, 1987; Moody, 2011). Detta innebär att läsare enkelt och smidigt ska förstå vad modeller visar, att de ska vara läsbara, tydliga, inte kräva för mycket utantill-inläring och inte heller kräva allt för mycket kunskap om den notation som används.

För att säkerställa att modeller beskriver och förmedlar det de är avsedda att förmedla behöver deras kvalitet säkerställas. Detta kan exempelvis uppnås genom användandet av riktlinjer vid skapandet eller genom att använda strukturerade ansatser för granskning. Granskning kan ske antingen på modellens *inhåll* eller *form*. En granskning kring innehåll fokusera på att identifiera brister som till exempel inkonsekvenser eller tvetydigheter (Conradi et al., 2003). En granskning på modellens form, eller utformning, syftar istället till att identifiera svårigheter som användare av modeller kan uppleva. Fokus är här på att förbättra den visuella presentationen av informationen snarare än informationen i sig.

Detta kapitel beskriver framtagandet av ett ramverk för att kvalitetssäkra modeller *gällande deras form*, vilket är en delmängd i en övergripande process för att skapande och kvalitetssäkring av modeller (Figur 1). Det ramverk som beskrivs här fokuserar alltså endast på form, och inkluderar inte en granskning om själva innehållet i modellen är korrekt.

Ramverket består av en strukturerad metod med checklista för att granska modeller utifrån perspektivet kognitiv effektivitet. Syftet med ramverket är att erhålla modeller av högre kvalitet, där innehållet i modellerna är mer tillgängligt för de som ska nyttja dessa genom att de förstås snabbare, lättare och mer korrekt. Utvecklingen av ramverket bygger på de riktlinjer som identifierats i Haraldsson et al. (2012).

4.1 Övergripande process för att skapa och kvalitetssäkra modeller

För att sätta ramverket för kvalitetsäkring av modeller gällande form i en kontext beskrivs här den övergripande processen för kvalitetsäkring (Figur 1) uppdelat i aktiviteter och beslutspunkter. Aktiviteten *Granska modell avseende form* är den aktivitet som berörs av det aktuella arbetet. Nedan ges en kortfattad beskrivning av samtliga aktiviteter för att beskriva den kontext som detta kapitel befinner sig i.

Fastställ syfte och målgrupp. Syftet med aktiviteten är att fastställa varför modelleringen ska genomföras, vad modellen ska användas till och vem som är målgrupp för modellen. Det är viktigt att detta beslut dokumenteras och kommuniceras.

Definiera omfattning av modell. Syftet med aktiviteten är att definiera vad modellen ska beskriva och därtill avgränsa det som inte ska beskrivas. Då omfattningen bestäms är det viktigt att en avvägning görs mot modellens syfte för att säkerställa att rätt information återfinns i den slutliga modellen. Även dessa avgränsningar behöver dokumenteras och kommuniceras.

Fastställ notation, ramverk och verktyg. Syftet med aktiviteten är att välja och fastställa lämplig notation och ramverk för modelleringen. Efter fastställande av notation och ramverk tas beslut om vilket verktyg som ska nyttjas i modelleringen. Det är angeläget att dessa beslut är välgrundade och att tydliga motiveringar finns till varför valen görs.

Genomför modellering. Syftet med aktiviteten är att konstruera modellen. Aktiviteten innebär ett omfattande arbete där såväl datainsamling som modellering ingår. Vid skapandet av modellen ska väldefinierade riktlinjer användas för att utforma modellen.

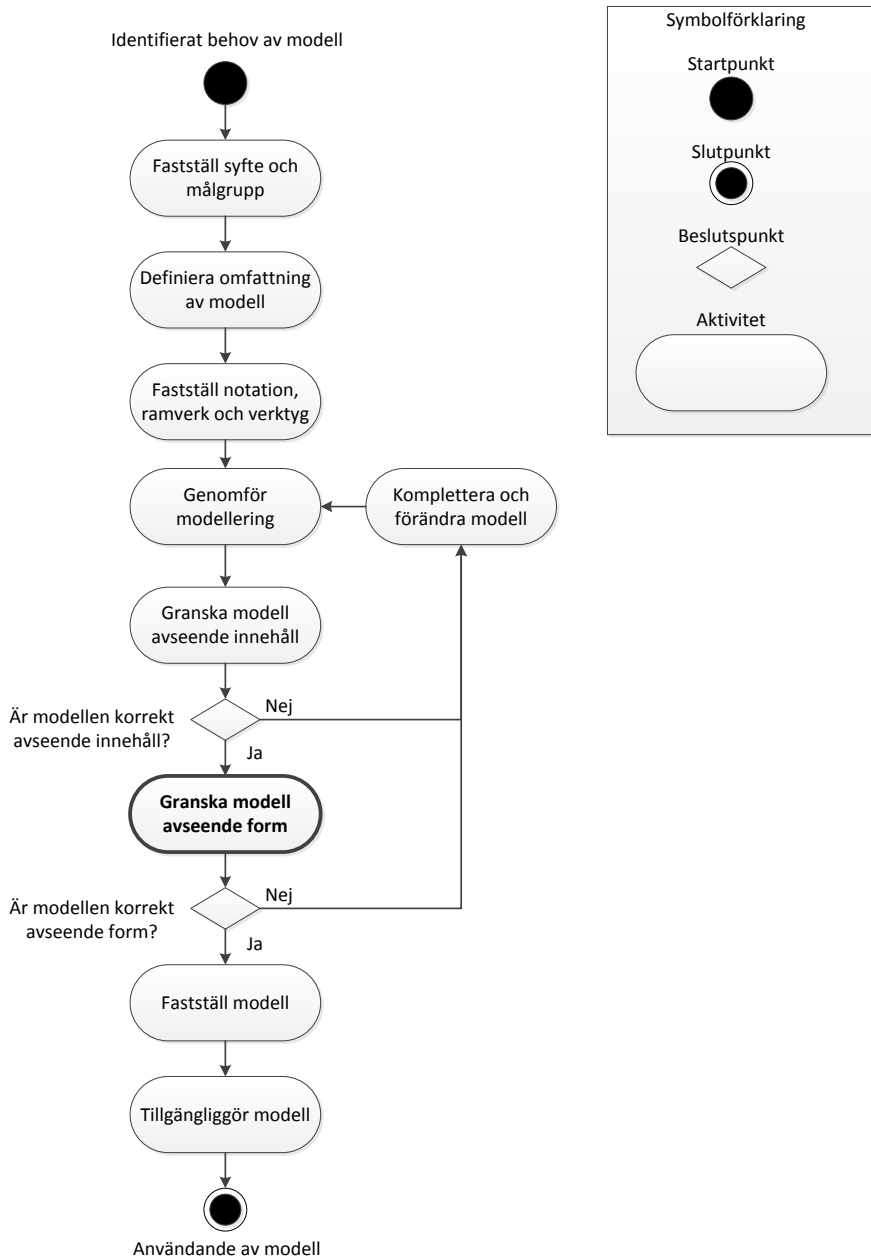
Granska modell avseende innehåll. Syftet med aktiviteten är att validera korrektheten hos modellen med exempelvis målgrupp och beställare.

Granska modell avseende form. Syftet med aktiviteten är att granska modellen utifrån formperspektiv för att säkerställa att innehållet i modellen tillgängliggörs på ett kognitivt effektivt sätt.

Fastställ modell. Syftet med aktiviteten är att godkänna och fastställa modellen för vidare användning.

Tillgängliggör modell. Syftet med aktiviteten är att tillgängliggöra och distribuera modellen till målgruppen.

Komplettera och förändra modell. Syftet med aktiviteten är att förbättra modellen efter de synpunkter som uppkommit vid granskning av innehåll samt form.



Figur 1. Process för att skapa och kvalitetssäkra modeller. Processen beskriver de aktiviteter och beslutspunkter som är viktiga för att uppnå modeller med hög kvalitet.

4.2 Genomförande

Huvudsyftet med detta arbete har varit att skapa ett ramverk bestående av en checklista och en metod för att granska modellers form. Arbetet genomfördes iterativt där metoden för att granska modeller utvecklades parallellt med checklistan.

Genomförandet beskrivs av de två delarna: (1) utveckling av checklista för att granska modeller och (2) utveckling av metod för att granska modeller.

4.2.1 Utveckling av checklista för att granska modeller

Arbetet med att ta fram en checklista för granskning av modeller är grundat i arbete avseende riktlinjer för att skapa kognitivt effektiva modeller (Haraldsson et al., 2012), checklista för användbarhet (Pierotti, u.å.) samt en iterativ utvärdering av checklistan där den använts som stöd för granskning.

En betydande del av arbetet med att utforma checklistan var att omformulera riktlinjerna, vilka ursprungligen var formulerade för att stödja *skapandet* av modeller (Bilaga 1), till formuleringar lämpade för att *granska* modeller. För att begränsa checklistans längd skedde även dels en prioritering av vad som skulle granskas, dels i vissa fall en inkludering av flera riktlinjer i en och samma fråga i checklistan. Till varje fråga i checklistan skapades dessutom en förklaring för att förtydliga och underlätta för de framtida granskarna.

Checklistan förfinades iterativt över åtta granskningssessioner. Granskningen genomfördes på ett flertal modeller tänkta för olika målgrupper och syften. Efter varje granskningssession utvärderades checklistan vilket resulterade i ett flertal omstruktureringar, omformuleringar och förändringar av frågor. Utöver granskningsförfarandet med checklistan genomfördes även en granskningssession med externa granskare som ej tidigare varit i kontakt med checklistan. Denna granskning utfördes av två forskare från FOI, väl insatta i modellering.

4.2.2 Utveckling av metod för att granska modeller

För att uppnå förväntad effekt av checklistor behöver de kombineras med en metod eller ett arbetssätt som specificerar användningen. En sådan metod utvecklades utifrån Fagans (1976) struktur för granskning i fem steg: *planering*, *förberedelse*, *inspektionsmöte*, *korrigering* och *uppföljning*. Utvecklingen skedde parallellt med checklistan, genom att testa olika förfaranden och angreppssätt för granskning. Tidsbegränsad granskning mellan 45 minuter och 120 minuter prövades, samt effekten av att granska från olika definierade kategorier av frågor från checklistan. Tester gjordes även med att initialt överblicka modellen för att

få en klar bild över problematiska delar och först därefter svara på checklistans frågor.

4.3 Resultat

I detta delkapitel beskrivs först checklisten, uppdelad i två varianter, och därefter den tillhörande metoden.

4.3.1 Checklista för att granska modeller

Grunden för en checklista är påståenden eller frågor som en granskare ska kommentera, besvara och kvittera. Under utvecklingen av checklisten identifierades behovet av checklistor med olika funktion, en inriktad på godkännande och en inriktad på förbättringsarbete. Därav utvecklades två varianter av checklisten. Båda varianter består av samma 30 frågor, men skiljer sig åt gällande utformningen av svarsalternativen. Den ena första varianten lämpar sig för granskning för att *godkänna en modell* medan den andra lämpar sig för granskning under *utvecklingen av en modell* och där återkoppling ska ges till modelleraren.

Checklisten för granskning vid godkännande av modeller (Bilaga 2) har fyra svarsalternativ (Tabell 2). Bedömer granskaren att en fråga är relevant och går att svara på finns alternativet att antingen godkänna eller underkänna modellen.

Tabell 2. Beskrivning av svarsalternativ till checklisten för godkännande av modell.

Svarsalternativ	Förklaring
Ja	Modellen bedöms uppfylla frågan och ingen åtgärd/förbättring krävs.
Nej	Modellen bedöms undermålig och behöver åtgärdas/kompletteras.
N/A	Frågan bedöms ej relevant eller ej applicerbar för modellen.
Vet ej	Frågan går ej att bedöma utifrån tillgänglig information.

Varianten av checklisten för användning vid utveckling av modeller har däremot fem svarsalternativ (Tabell 3). Svarsalternativen har även färgkodats för att öka tydligheten i svarsalternativen. Genom att tillföra fler svarsalternativ kan återkoppling lättare ges till den som genomfört modelleringen och möjliggöra förbättringar i modellen. Fler svarsalternativ medför dock ett större ansvar hos

granskare som måste avgöra vilka delar av modellen som bedöms bra och inte behöver förändras (grön), vilka brister som finns som bör åtgärdas om det finns tid (gul) och slutligen vilka brister som finns som bör åtgärdas i första hand (röda). Checklistan hittas i sin helhet i Bilaga 3.

Tabell 3. Beskrivning av svarsalternativ till checklistan för utveckling av modellen.

Svarsalternativ	Förklaring
Grön	Modellen bedöms uppfylla frågan och ingen åtgärd/förbättring krävs.
Gul	Modellen bedöms ha förbättringspotential (kräver dock ingen åtgärd).
Röd	Modellen bedöms undermålig och behöver åtgärdas/kompletteras.
N/A	Frågan är ej relevant, eller ej applicerbar, för modellen.
Vet ej	Frågan går ej att bedöma utifrån tillgänglig information.

Utöver de olika svarsalternativen innehåller båda varianterna av checklistan även utrymme för eventuella kommentarer från granskare.

Tabell 4 och Tabell 5 visar ett utdrag från vardera variant av checklistan för att påvisa skillnaden gällande svarsalternativen och utformning. Tabellerna visar utdrag från kategorin *Symboler och element*.

Tabell 4. Ett utdrag från kategorin *Symboler och element* ur checklistan för godkännande.

# [RL]	Fråga	Ja	Nej	N/A	Vet ej	Kommentar
25 [8]	Används symboler som är kända för målgruppen?					
26 [2,4,5]	Förklaras betydelsen hos symboler och andra informationsbärande element som används i diagrammet? (Exempelvis genom text, symbolförteckning eller förklaring av ex användande av färger etc.?)					

Tabell 5. Ett utdrag från kategorin *Symboler och element* ur checklisten för utveckling.

# [RL]	Fråga	N/A	Grön	Gul	Röd	Vet ej	Kommentar
25 [8]	Används symboler som är kända för målgruppen?						
26 [2,4,5]	Förklaras betydelsen hos symboler och andra informationsbärande element som används i diagrammet? (Exempelvis genom text, symbolförteckning eller förklaring av ex användande av färger etc.?)						

Checklistan är strukturerad på två olika nivåer, modellnivå och diagramnivå. På modellnivå finns nio frågor som är avsedda att besvaras utifrån en granskning av flera diagram. För att besvara frågorna på modellnivå krävs med andra ord att granskaren jämför flera diagram då svaren inte kan baseras på enskilda diagram. På diagramnivå innehåller checklisten 21 frågor där varje fråga besvaras för varje enskilt diagram som ingår i granskningen.

För att underlätta granskningsarbetet har checklistornas diagramnivå delats in i sex kategorier. Dessa kategorier är: *Navigering*, *Layout*, *Kommentarer och text*, *Komplexitet*, *Symboler och element* samt *Övrigt*. Indelningen underlättar uppdelning av granskningsarbetet och gör det möjligt att välja ut och granska diagram från olika perspektiv.

Navigering. Innehåller frågor som inriktar sig på hur väl diagram stödjer läsarens förmåga att hitta information och förstå hur diagram hänger ihop med andra diagram och med modellen som helhet.

Layout. Innehåller frågor som rör helhetssintrycket av diagram och om de olika elementen i diagrammet har tydliga relationer och lämplig placering.

Kommentarer och text. Innehåller frågor som är inriktade på att fånga upp brister i exempelvis namngivning och tillgänglig information.

Komplexitet. Innehåller frågor som är nära knutna till layoutfrågorna. Fokus är på hur väl utformningen stödjer förståelse genom att lämpligt antal symboler, linjer och element används. Frågorna fångar också om diagram innehåller oviktig information som kan distrahera läsaren från det egentliga budskapet.

Symboler och element. Innehåller frågor som fokuserar på de grafiska aspekterna i diagrams beståndsdelar. Frågor i denna kategori handlar bland annat om symbolernas utformning, hur läsbara och tydliga de är och om det framgår vad olika symboler och element betyder.

Övrigt. Innehåller endast en fråga som har syftet att fånga upp brister när det gäller konsekvent användning av namn, begrepp och symbolstil i diagram.

4.3.2 Metod för att granska modeller

Den framtagna metoden för granskning bygger på Fagans (1976) inspektionsprocess med olika aktiviteter och roller, men har anpassats för att passa granskning av modeller gällande kognitiv effektivitet. Metoden innefattar tre roller: *presentatör*, *moderator* och *granskare*, och fyra aktiviteter: *introduktionsmöte*, *individuell granskning*, *sammanfattande diskussion* samt *korrigering*.

Roller

De tre innefattande rollerna är inte nödvändigtvis knutna till olika personer utan en person kan inneha flera roller. De tre rollerna är:

Presentatör. Är ansvarig för att genomföra introduktionsmötet och presentera modellen för den övriga gruppen.

Moderator. Är ansvarig för att planera och förbereda granskningen. Det är även moderatorns ansvar att välja ut de som ska delta i granskningen och säkerställa att dessa är väl förtrogna med checklistan. Moderatören leder den sammanfattande diskussionen och är ansvarig för att de defekter som identifieras även dokumenteras och sammanställs. *Moderatören* ansvarar även för att det sammanställda materialet återkopplas till dem som ska genomföra korrigeringen.

Granskare. Är de som utför granskning av modellen med checklistan. Hur många granskare som behövs är individuellt för varje granskning. Helst bör en granskning av modeller och diagram utföras av minst två personer, då olika personer identifierar olika brister och syftet är att identifiera så många brister som möjligt. *Presentatören* och *moderatören* kan även delta i den individuella granskningen och innehar då rollen som *granskare*. Beroende på vilken typ av granskning som genomförs samt om *presentatören* har varit delaktig i skapandet av modellen kan *presentatören* anses mer eller mindre lämplig att delta som *granskare*.

Aktiviteter

De fyra aktiviteterna utförs sekventiellt i den nedan beskrivna ordningen.

Introduktionsmöte. Granskningen startar med ett introduktionsmöte där *presentatören* presenterar modellen med dess syfte och målgrupp, samt klargör vad granskningen ska resultera i; en uppdaterad bättre modell eller ett godkännande. Det är viktigt att samtliga deltagare förstår modellen tillräckligt väl för att kunna genomföra en granskning. Detta innefattar såväl modellens

innehåll som notation. Efter introduktionsmötet erhåller samtliga granskare modellen och avsedd checklista.

Individuell granskning. Då granskningen startar är det viktigt att de som deltar är väl insatta i checklistan och har förståelse för de frågor som återfinns i den. Vid behov kan ytterligare hjälpmedel vid granskningen vara de riktlinjer som checklistan skapades utifrån. Riktlinjerna är mer utförligt beskrivna och kan användas om tveksamheter uppstår av innebörden i någon fråga. Granskningen genomförs individuellt av samtliga *granskare*. Det är inte fastslaget hur lång varje granskningssession ska vara, utan det är något som får avgöras inför granskningen. Under utvecklingen av checklistan testades olika långa granskningssessioner, från 45 till 120 minuter. Erfarenheter visar att det är både tidskrävande och påfrestande att granska modeller, där effektiviteten sjunker vid långa sessioner.

Sammanfattande diskussion. Efter den individuella granskningen genomförs en diskussion som syftar till att sammanfatta de defekter och tvetydigheter som identifierats. Den sammanfattande diskussionen avslutas då de brister som identifierats har sammanställts.

Korrigerig. Aktiviteten syftar till att åtgärda de defekter som påträffats vid granskningen.

4.4 Diskussion

Det främsta målet med arbetet med att skapa ett ramverk för att granska modellers form, har varit att utveckla en checklista som kan användas som verktyg vid granskning av modeller. Parallellt med utvecklingen av checklistan arbetades en metod fram för att använda checklistan.

Då utvecklingen av checklistan genomfördes identifierades ett flertal riktlinjer som inte var anpassade för ett granskningsspektiv. Detta yttrade sig delvis genom att de frågor som konstruerades inte kunde besvaras under granskningen. Anledningen till detta kunde delvis vara att information saknades för att besvara frågan eller att frågan helt enkelt inte var lämpad för ett granskningsspektiv. Detta medför att checklistan för att granska modeller inte helt överensstämmer med de framtagna riktlinjerna.

Det är vid modellering inte möjligt att uppfylla samtliga av de framtagna riktlinjerna, utan modellerare måste göra välgrundade avvägningar. Det samma gäller för checklistan. Detta innebär att det ställs krav på granskaren, att inneha rätt kompetens samt att rätt information finns tillgänglig för de avvägningar som måste göras. Alla frågor får kanske inte ett godkännande av granskaren, men det behöver inte betyda att modellen måste åtgärdas, och då kan det gula alternativet användas i färgchecklistan.

Aspekter av granskning som inte fångas upp av ramverket är hur en granskning ska genomföras. Exempelvis besvaras inte frågan om en granskning ska inkludera samtliga diagram i en modell eller om ett urval av diagram kan göras, vilka då får representera hela modellen. Detta beror dels på syftet med själva granskningen, dels på tid och resurser avsatta för projektet. Om en modell ska granskas för någon form av publicering bör alla diagram kontrolleras, men om det handlar om ett förbättringsarbete är det troligtvis tillräckligt om ett urval av diagrammen kontrolleras. De fel och brister som fångas upp i urvalet bör sedan följas upp av modelleraren för att liknande fel även i övriga diagram omhändertas. Utöver detta hanteras inte heller i ramverket huruvida flera granskare bör granska samma diagram eller om olika granskare kan granska olika delar av diagram. Återigen är det en avvägning mellan syftet med granskningen och tillgängliga resurser.

Under granskningsarbete med checklisten framkom att granskare tolkar frågor och svarsalternativ olika. Detta tyder på att diskussionsmöten efter granskningen behövs för att klargöra eventuella frågetecken. Dels för att säkerställa att alla granskare har tolkat frågorna och svarsalternativen lika, dels för att modellerare ska förstå granskarnas synpunkter.

Riktlinjerna i Haraldsson et al. (2012), togs fram för att stödja modellerare under skapandet av modeller. Då riktlinjerna är många till antalet kan det vara svårt att komma ihåg, och följa, samtliga riktlinjer under skapandet. Ett ytterligare användningsområde för checklisten kan vara att modellerare använder checklisten för att granska de modeller de skapat för att kontrollera om riktlinjerna har följts.

Under utvecklingen och granskningen med checklisten framkom förslag på förändringar som inte har utvärderats under arbetet. Dessa kommer framgent att beaktas då tillfälle finns för fortsatt utveckling och utvärdering av checklisten. Bland annat efterfrågade de externa granskarna frågor som berör hur väl en modell förhåller sig till en viss notation. Denna typ av frågor förutsätter dock att granskaren/målgruppen kan notationen som används. Att en modell stringent följer en viss notation innebär inte heller att den är kognitivt effektiv. När det gäller den generella läsbarheten och förståelsen av diagram och modeller bör dock inte notationen inverka – om en modell följer en notation men en granskning visar att det har många brister är det snarare en indikation om att vald notation bör ändras.

Ett fortsatt arbete avseende kvalitetssäkring av modeller är att ta fram ett utbildningspaket för att lättare tillgängliggöra checklisten för modellerare och granskare. Genom utbildning i hur checklisten ska användas samt olika granskningstekniker, bör ett stort steg kunna tas för att skapa mer kognitivt effektiva modeller.

5 Verktyg för kvalitetssäkring vid kravhantering

Det finns en förståelse för att en omsorgsfullt genomförd kravhantering utgör en solid grund för en lyckad systemutveckling. Kravhantering är trots detta en aktivitet som inte ges tillräcklig uppmärksamhet, vilket resulterar i undermåliga och dåligt anpassade system där följderna blir höga omkostnader för att åtgärda brister. Det finns ett antal olika typer av verktyg som ger stöd för olika moment inom kravhantering. Dessa verktyg bidrar till att effektivisera genomförandet samt öka kvaliteten på resultatet vid kravhantering (Nuseibeh & Easterbrooke, 2000).

Detta kapitel sammanfattar resultatet av en litteraturstudie genomförd på FOI av Granlund et al. (2012). Syftet med studien var att kartlägga vilka typer av datorstöd som finns för att stödja moment inom kravhanteringen. Därutöver beskrevs även hur kommersiella verktyg skiljer sig åt från de som beskrivs inom den vetenskapliga litteraturen.

5.1 Genomförande

Studien genomfördes i två aktiviteter: (1) litteraturstudie baserad på vetenskapliga artiklar och (2) översiktsstudie av kommersiella verktyg.

Litteraturstudie baserad på vetenskapliga artiklar. Studien baserades på vetenskapliga artiklar som erhöles ur databaserna Scopus och ScienceDirect. Sökningar genomfördes med sökord som *requirements engineering* (motsvarande kravhantering), *requirements specification* (motsv. kravspecifikation) och *requirements review* (motsv. kravgranskning). Dessa sökord kombinerades med sökorden *tool* (motsv. verktyg) och *prototype* (motsv. prototyp).

Databassökningarna resulterade i totalt 130 artiklar. Utifrån dessa artiklar gjordes en gallring baserad på titel och sammanfattning för att ta bort de artiklar som behandlade områden som inte var i fokus för studien. I denna gallring reducerades antalet till 54 artiklar. Dessa artiklar genomgick en grundlig analys där artiklarna granskades i sin helhet. Vid denna analys exkluderades ytterligare artiklar som inte bedömdes vara relevanta för studien. Det slutliga antalet artiklar som utgjorde grunden för litteraturstudien var 34 stycken, där varje artikel beskrev ett verktyg.

Översiktsstudien av kommersiella verktyg. Studien utgick från en tidigare översikt av Carrillo de Gea et al. (2011) som beskriver och utvärderar 37 verktyg för kravhantering. I utvärderingen poängsätts verktygen dels utifrån olika aspekter, dels sätts en övergripande poäng. Den översiktsstudie som beskrivs i

denna rapport baserades på de 15 verktyg som fått högst poäng i studien av Carrillo de Gea et al. (2011). Beskrivningen av verktygen baseras dels på nyss nämnda studies beskrivningar, och dels på ytterligare information från respektive tillverkares hemsida.

5.2 Resultat

De identifierade verktygen kategoriserades utifrån fyra generella aktiviteter som anses utgöra kravhantering: (1) *identifiering*, (2) *specificering*, (3) *validering* och (4) *förvaltning*.

Kategoriseringen av verktygen gjordes utifrån en bedömning av vilka aktiviteter som verktyget var utformat för att stödja. Varje verktyg kategoriserades således i minst en kategori, men kunde även tillhöra flera kategorier (Tabell 6).

Tabell 6. Fördelning av verktyg baserat på aktiviteter inom kravhantering (Granlund et al., 2012).

	Identifiering	Specificering	Validering	Förvaltning
Litteraturstudie	6	16	6	6
Kommersiella	9	4	10	13

Resultatet gällande de specifika verktygen i studien beskrivs nedan utifrån de två genomförda studierna: litteraturstudie av vetenskapliga artiklar och översiktstudie av kommersiella verktyg.

5.2.1 Litteraturstudie av vetenskapliga artiklar

Sammanlagt identifierades 34 verktyg i den vetenskapliga litteraturen och dessa presenteras utifrån de fyra aktiviteterna. I denna sammanfattning beskrivs inte samtliga verktyg utan ett urval av dessa presenteras.

Identifiering

Sex av verktygen i den granskade vetenskapliga litteraturen berör identifiering av krav. Verktygen används bland annat för att identifiera krav i samband med internettillämpningar och för att identifiera säkerhetskrav. Zachos, Maiden och Howells-Morris (2008) beskriver ett verktyg som ger möjlighet att identifiera internettjänster och via tillgång till dessa tjänsters funktioner kan egna krav tas fram för den tjänst som avses utvecklas. Valderas och Pelechano (2007) har utvecklat ett automatiskt stödverktyg som baseras på en kravontologi runt internettjänster. Verktyget ställer automatiskt frågor till beställarna, där beställarnas svar sedan omsätts till en kravspecifikation.

Återanvändning av tidigare krav, modeller och användningsfall är ett sätt att underlätta identifieringen av krav. Udomchaiporn, Prompoon och Kanongchaiyos (2006) har utvecklat ett arbetssätt där återanvändning av användningsfall utnyttjas, genom att spara relevanta användningsfall i databaser. Användningsfallen kan sedan analyseras och krav kan identifieras för det system som ska utvecklas. Verktøget BAM är ett verktyg framtaget för att återanvända krav från tidigare arbeten. BAM kan användas till att identifiera krav från tidigare använda processmodeller, formella krav och informella krav (Feja, Witt & Speck, 2011).

He och Antón (2009) har utvecklat ett verktyg, kallat SPRAT, som stödjer användaren att analysera och specificera säkerhets- och sekretesskrav. Romero-Mariona, Ziv och Richardson (2010) beskriver verktyget ASSURE som är en webbaserad databas för identifiering och specificering av säkerhetskrav och *felanvändningsfall* (eng. misuse cases).

Specificering

Specificering är den aktivitet i litteraturstudien som flest verktyg ger stöd för, totalt 16 stycken. Denna typ av verktyg stödjer sammanställningen av krav i form av modeller samt både naturligt och formellt språk.

Ofta skrivs krav i naturligt språk vilket innebär att språkliga tvetydigheter och vagheter kan smyga sig in i specificeringen av kraven (Mavin, Wilkinson, Harwood & Novak, 2009). Då naturligt språk kan orsaka tvetydigheter och andra defekter i krav kan och har ett flertal verktyg utvecklats för att hantera detta.

Bucchiarone, Gnesi och Pierini (2005) samt Lami, Gnesi, Fabbrini, Fusani & Trentanni (2005) har utvecklat ett verktyg som lingvistiskt granskar kravspecifikationer skrivna i naturligt språk. Verktøget använder metriker för att peka ut hur välskriven specifikationen är och ange svagheter i dokumentet.

Ett liknande verktyg för naturligt språk är Napkins (Garbers & Periyasamy, 2006). Verktøget stödjer författandet av kravspecifikationer och skapandet av kravdokument som bygger på standarden IEEE 830-1998. Napkins ger även stöd för att analysera hur ”bra” kravspecifikationer är utifrån metriker framtagna av Software Metrics Program hos Nasa.

Ghazel (2011) har utvecklat verktyget TGM där *temporal krav* (krav på händelsers inbördes ordning och tidsaspekter på deras relationer) hanteras. TGM tillhandahåller mallar för att skriva temporal krav på ett enkelt och tydligt sätt samt tillhandahåller ett grafiskt användargränssnitt där temporal krav kan analyseras för att identifiera motsättningar.

Förutom verktyg som direkt analyserar naturligt språk finns det även exempel på verktyg som först omvandlar krav skrivna i naturligt språk till formellt beskrivna krav för att sedan kunna utföra analyser. Ett exempel på detta är verktyget

MaramaAI (Kamalrudin, Hosking & Grundy, 2011), som transformerar krav skrivna i naturligt språk till användningsfall som sedan jämförs mot tidigare framtagna användningsfall.

SRSQAS är ett verktyg som hanterar krav uttryckta i en form av formellt språk (Jani & Mostafa, 2011). SRSQAS bygger på *maskininlärning* där verktyget lär sig bedöma kvaliteten på kravspecifikationer genom interaktionen med en användare som får besvara frågor om en aktuell kravspecifikation. Verktyget använder dessa svar för att bedöma specifikationens kvalitet och stödjer användaren att förbättra specifikationen. Verktyget använder sedan dessa förbättringar för att förfina analysen av framtida specifikationer.

Validering

I studien identifierades sex verktyg som stödjer validering av kravspecifikationer. Bland dessa finns Robinson-Mallett, Grochtmann, Köhnlein, Wegner och Kühn (2010) tillägg till kravhanteringsverktyget Rational Doors. Tillägget används för att validera *generella krav* tillhörande produktfamiljer. Generella krav är krav som gäller flera olika produkter inom samma produktfamilj, men som med hjälp av parametrar specificeras för varje enskild produkt. Verktyget stödjer därmed valideringen av dessa generella kravspecifikationer, då ett fel på ett generellt krav kan påverka på hela produktfamiljen.

Matos och Sousa (2010) har utvecklat ett verktyg som stödjer validering vid agil systemutveckling. Verktyget syftar till att stödja validering av intressenters behov genom att utföra en automatisk generering av testfall och prototyper av användargränssnitt från användningsfall.

Förvaltning

Hantering av identifierade krav är en viktig del av kravhanteringen och bland de vetenskapliga artiklarna tillhör sex verktyg denna kategori. De verktyg som identifierats omfattar exempelvis versionshantering av krav, hur krav relaterar till olika delar av systemet samt hur samarbete runt krav i globalt distribuerade enheter kan hanteras.

Hong, Kim och Lee (2010) har intresserat sig för hur spårbarhet och versionshantering kan utformas i kravhantering. Deras verktyg hanterar förändringar i olika krav och stödjer att krav kopplas till olika delar av det faktiska systemet för att upprätthålla en korrekt kravmängd.

Verktyget STORM stödjer förvaltningen av krav genom att underhålla användningsfall och scenarier (Dascalu, Fritzinger, Debnath & Akinwale, 2006). Verktyget stödjer även omvandlingen av kravspecifikation till en design av systemet.

5.2.2 Översiktsstudie av kommersiella verktyg

Utgångspunkten för översiktsstudien av kommersiella verktyg var de 15 högst värderade verktygen i artikeln av Carrillo de Gea et al. (2011). Tabell 7 visar en översiktlig beskrivning av verktygen samt kategoriseringen av vilka aktiviteter som varje verktyg anses stödja samt om det är webbaserat. Nedan ges en sammanställning av några verktyg inom studien.

Polarion Requirements Management är ett verktyg som stödjer samtliga aktiviteter i kravhanteringen. Verktyget är webbaserat och stödjer import av Word-dokument innehållande krav. Verktyget hanterar sedan de importerade kraven i dokumentformat, men de enskilda kraven är kopplade till en databas där bland annat spårbarhet stöds. Verktyget använder sig även av ett diskussionsforum där beslut, förändringar med mera kan dokumenteras.

GMARC är både en metod för kravhantering och ett verktyg som stödjer samtliga kravhanteringsaktiviteter. Verktyget stödjer analys av kravdokument gentemot diverse aspekter såsom konsekvens, kompletthet och korrekthet. Verktyget har stöd för att hantera naturligt språk och kan stödja transformationen från krav till diagram där kraven kan simuleras och valideras.

Cognition Cockpit stödjer samtliga aktiviteter inom kravhanteringen. Verktyget är webbaserat. Enligt Carrillo de Gea et al. (2011) är detta ett av de bästa verktygen då det gäller kravidentifiering och validering. Verktyget har ett brett användningsområde och kan användas av flera olika användargrupper, exempelvis projektledare och PR-team. Verktyget tillåter även att olika egenskaper associeras till krav, såsom risker och kostnader.

Tabell 7. Beskrivning av verktyg studerade i översiktsstudie av kommersiella verktyg (Granlund et al., 2012).

Verktyg	Egenskaper	Stödjer				
		Webbaserat	Identifiering	Specificering	Validering	Förvaltning
Acclaro DFSS	Använder <i>Six Sigma</i> -metodik och verifierar att kundens behov har omhändertagits i slutprodukten.		•	•	•	•
CASE Spec	Stödjer samarbete mellan grupperingar genom en central databas. Skapar dokument automatiskt med stöd av funktioner för filtrering, gruppering och sortering.				•	•
Cognition Cockpit	Importerar information från Microsoft Office, Matlab och DOORS. Stödjer hela produktutvecklingen.	•	•	•	•	•
Cradle	Ger möjlighet till distribuerad och webbaserad kravhantering.	•	•	•	•	•
GMARC	Kontrollerar kravspecifikationen mot aspekterna sammanhang, konsekvens, kompletthet och korrekthet.		•	•	•	•
inteGREAT	Automatisk generering av kravdokument och ett antal olika diagramtyper.		•	•	•	•
IRqA	Ger spårbarhet genom hela projektets livscykel. Stödjer återanvändning från tidigare projekt.				•	•
MKS integrity	Verktyg för mjukvarusystems hela utveckling och underhåll.		•	•	•	•
PACE	Stödjer samarbete och kommunikation genom bättre delning och tillgång till krav och förändringar.	•	•	•	•	•
Polarion Requirements Management	Interagerar med Microsoft Word för skapa och redigera krav i textdokument.	•	•	•	•	•
Psoda	Ger översikt av de krav som ännu inte validerats.		•	•	•	•
QPack	Ger projektledaren överblick av upparbetade krav.		•	•	•	•
ReqMan	Krav lagras i en databas och redigeras i textdokument.		•	•	•	•
Reqtify™	Stödjer projektledningen med konsekvensanalyser och spårbarhet.		•	•	•	•
TraceCloud	Integrerat med Microsoft Office. Projektledaren kan kontrollera vilka personer som får utföra vad.	•	•	•	•	•

5.3 Diskussion

För att lyckas med utvecklingen av system är kravhantering en avgörande aktivitet. Dessvärre är kravhanteringen ofta eftersatt vilket bidrar till att felaktiga system utvecklas. För att öka kvaliteten inom kravhanteringen kan automatiserade verktyg användas. Litteraturstudien tyder dock på att detta inte är ett särskilt prioriterat område inom forskningen om kravhantering. Flera av de verktyg som identifierats är inte färdigutvecklade och kan ses som konceptuella verktyg eller prototyper. De verktyg som återfinns i litteraturen är även verktyg som är gjorda inom ett intresseområde och fokuserar endast på enskilda aktiviteter av kravhantering. Detta står i kontrast till de verktyg som återfinns på den kommersiella marknaden där flertalet av verktygen täcker flera typer av kravhanteringsaktiviteter.

6 Förmågemönster för ledningssystem

Ledningssystem är komplexa system som utgör, alternativt utövar, ledning av andra system. Inom Försvarsmakten ses ledningssystem som sociotekniska system vilket innebär en sammansättning av teknik och människor som är organiserade och följer specifika arbetsprocedurer. På grund av komplexiteten som uppstår vid integrationen av teknik, människor, organisation och processer är ledningssystem inte undantaget de utmaningar och svårigheter som råder generellt vid systemutveckling, snarare tvärtom (Hallberg et al., 2011).

Ledningssystemets uppgift att leda andra system brukar schematiskt beskrivas genom att uttrycka att ledningssystemet ska samla in information, fatta beslut och delge information (Levchuk, Yu, Levchuk, & Pattipati, 2004). För att lyckas med detta behöver ledningssystemet inneha ett antal förmågor. Över ett flertal utvecklingsprojekt av ledningssystem går det att se hur liknande behov av förmågor identifieras gång på gång (Hallberg, Hallberg, Granlund, & Woltjer, 2012; Hallberg, Ölvander, & Törne, 2006; Lindell, Hallberg, Pilemalm, Ericson, & Andersson, 2004). För att underlätta och effektivisera framtida utvecklingsprojekt syftar detta kapitel till att presentera en generisk förmågetaxonomi för ledningssystem.

Taxonomin är tänkt att stödja utvecklingsprojekt genom att utgöra ett *förmågemönster* från vilket intressenter för systemet kan få en överblick över förmågor som generellt är intressanta att använda, och som kan utgöra en utgångspunkt för hur det aktuella ledningssystemet ska utformas.

6.1 Bakgrund

Förmåga som begrepp används inom Försvarsmakten, bland annat i spårbarhetsmodellen (Försvarsmakten, 2012) där Försvarsmaktens insatsförmågor preciseras. En entydig definition av begreppet är svår att hitta men Handbok Målsättningsarbete förband (Försvarsmakten, 2011) använder sig av definitionen från Svenska Akademiens ordbok:

förhållandet att någon förmår eller kan göra/uträtta något, kunnande; hos någon eller något befintlig (i hans eller dess natur/beskaffenhet grundad eller genom övning och därmed förvärvad) viss möjlighet/kraft att bliva/göra/uträtta något eller åstadkomma en viss verkan; färdighet.

I detta sammanhang ses således förmåga som den möjlighet eller kraft ledningssystemet innehar för att åstadkomma verkan – det vill säga ledning. I

och med att ledningssystem i denna kontext är sociotekniska system innebär det att förmågor kan realiserars av antingen människor eller av en kombination av människor och teknik.

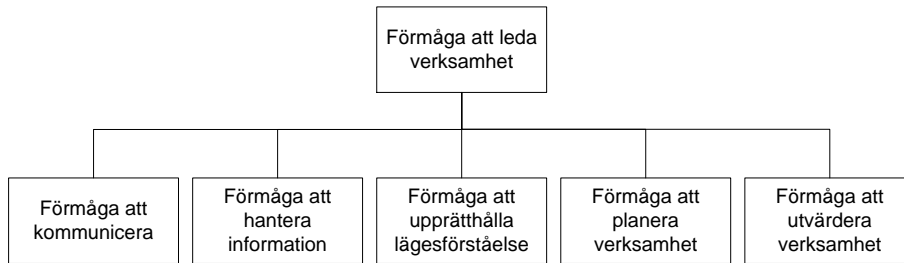
Förebilden till utvecklingen av det förmågemönster som beskrivs i detta kapitel härrör från konceptet *kravmönster* (eng. requirements pattern). Kravmönster är tänkta att användas för att utifrån en given problemställning få stöd i hur system ska kravställas samt vilka funktioner och egenskaper som system bör ha. På liknande sätt är denna taxonomi tänkt att användas. Taxonomin beskriver de generella förmågor som ledningssystem har och som behöver specificeras i utvecklingsprojekt. Taxonomin ger då stöd för att se vilka underliggande förmågor som också behöver undersökas och realiserars.

Den föreslagna taxonomin bygger på kunskap och erfarenhet förvärvad inom tidigare utvecklingsprojekt av ledningssystem. Kunskapen och erfarenheterna kommer från utvecklingen av såväl civila krishanteringssystem som militära ledningssystem. Inspiration har även erhållits från de i spårbarhetsmodellen definierade insatsförmågorna (Försvarsmakten, 2012).

Vidare har inspiration hämtats från en generisk processmodell av ledningssystem (Stanton et al., 2006). Denna modell är baserad på fallstudier genomförda inom en rad projekt inom såväl den militära som den civila domänen. I dessa studier identifierades aktiviteter som bygger upp ledningsförmågan. Dessa aktiviteter kategoriserades i sju grupper: (1) *mottagande aktiviteter*, (2) *planerande aktiviteter*, (3) *övande aktiviteter*, (4) *kommunicerande aktiviteter*, (5) *begärande aktiviteter*, (6) *övervakande aktiviteter* och slutligen (7) *utvärderande aktiviteter*.

6.2 Resultat

Detta avsnitt beskriver den förmågetaxonomi som utarbetats. Ledningssystemets övergripande förmåga anses vara *Förmåga att leda verksamhet*. Detta är kärnverksamheten för ledningssystem och realiserars genom fem underliggande förmågor. Dessa förmågor är: (1) *Förmåga att kommunicera*, (2) *Förmåga att hantera information*, (3) *Förmåga att upprätthålla lägesförståelse*, (4) *Förmåga att planera verksamhet* samt (5) *Förmåga att utvärdera verksamhet* (Figur 2). Dessa förmågor ska ses som tillräckliga och nödvändiga för funktionella ledningssystem. Fortsatt ges en övergripande beskrivning av dessa förmågor för att sedermera beskriva dessa lite mer ingående med deras underliggande förmågor.

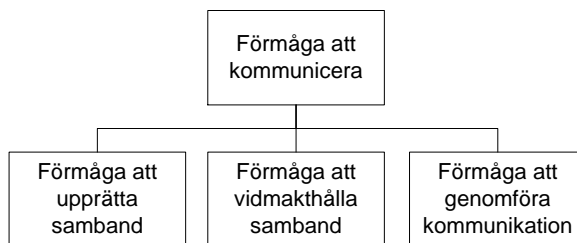


Figur 2. Förmågetaxonomins indelning i den övergripande förmågan samt de fem underliggande nödvändiga förmågorna för ledningssystem.

6.2.1 Förmåga att kommunicera

Ledningssystemets förmåga att kommunicera innebär att kunna förmedla egna och ta emot andras intentioner och planer likväl som information. Denna förmåga erhålls genom att ledningssystem har: (1) *Förmåga att upprätta samband*, (2) *Förmåga att vidmakthålla samband* och (3) *Förmåga att genomföra kommunikation* (Figur 3).

Skillnaden mellan samband och kommunikation består i att samband syftar på *möjligheten* till kommunikation, medan kommunikation är det faktiska *utbytet* av information.



Figur 3. Beskrivning av Förmåga att kommunicera.

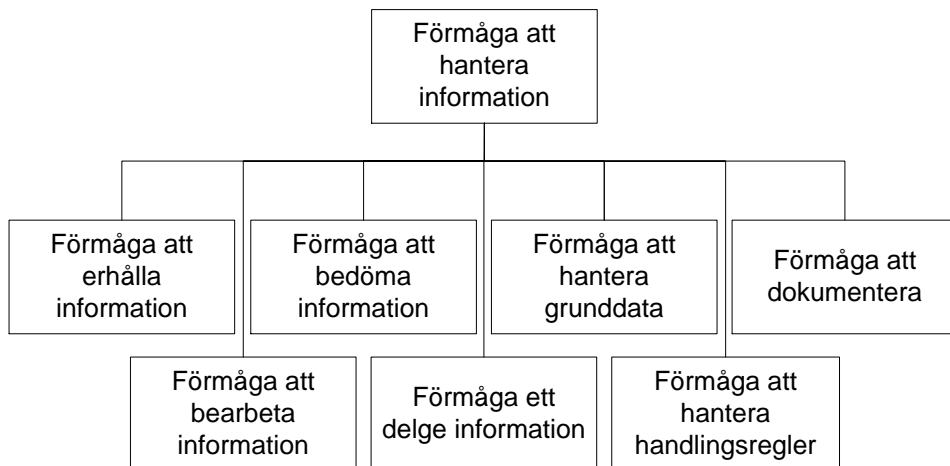
Förmåga att upprätta samband. Förmågan innebär att ledningssystem kan initiera och ta emot sambandsförfrågningar, identifiera sambandspartners, samt identifiera sig själv för andra.

Förmåga att vidmakthålla samband. Förmågan innebär att ledningssystem kan bibehålla upprättat samband.

Förmåga att genomföra kommunikation. Förmågan innebär att ledningssystem kan överföra information från en part till en annan, samt ta emot information. Kommunikation kan innefatta överföring av information både internt inom systemet, samt externt med andra parter.

6.2.2 Förmåga att hantera information

Ledningssystemets förmåga att hantera information innefattar det interna handhavandet av olika typer av information och kunskap för att tillgängliggöra och förfina information som erhållits. Denna förmåga erhålls genom att ledningssystemet har: (1) *Förmåga att erhålla information*, (2) *Förmåga att bearbeta information*, (3) *Förmåga att bedöma information*, (4) *Förmåga att delge information*, (5) *Förmåga att hantera grunddata*, (6) *Förmåga att hantera handlingsregler* och slutligen (7) *Förmåga att dokumentera* (Figur 4).



Figur 4. Beskrivning av Förmåga att hantera information.

Förmåga att erhålla information. Förmågan innebär att ledningssystem kan ta emot information. Denna förmåga skapas genom möjligheten till att information antingen aktivt inhämtas eller passivt tas emot. Aktiv inhämtning av information innebär att information efterfrågas. Passivt mottagande innebär att information erhålls utan att den efterfrågats.

Förmåga att bearbeta information. Förmågan innebär att ledningssystem kan förändra erhållen information på olika sätt för att den bland annat ska kunna användas som underlag för ledningssystemets lägesförståelse. Denna förmåga kan bestå av förmågor att sammanställa, ensa, jämföra och förfina information.

Förmåga att bedöma information. Förmågan innebär att ledningssystem kan bedöma innehållet och kvaliteten på information. Att bedöma innehållet innebär att avgöra hur relevant informationen är och vad den innebär. Att bedöma kvaliteten innefattar bedömning av relevans, korrekthet och känslighet hos information.

Förmåga att delge information. Förmågan innebär att ledningssystem kan delge information till specifika mottagare, men även möjligheten att sprida information till flera och i vissa fall ospecificerad mottagare samtidigt. Förmåga att delge information till specifika mottagare ger möjlighet att avkräva kvittens från mottagaren att informationen är mottagen och förstådd.

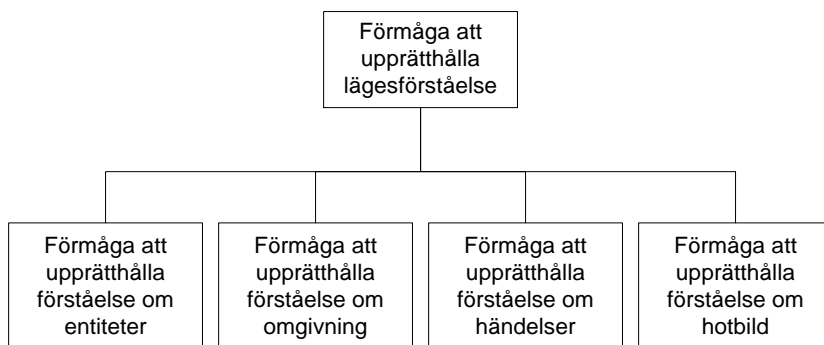
Förmåga att hantera grunddata. Förmågan innebär att ledningssystem kan hantera information kring den interna strukturen. Grunddata beskriver den interna strukturen och logiken i ledningssystemet, så som ledningshierarki, befogenheter och rättigheter.

Förmåga att hantera handlingsregler. Förmågan innebär att ledningssystem kan upprätta, vidmakthålla och säkerställa att handlingsregler följs. Handlingsregler innefattar exempelvis interna styrdokument, externa regler, lagar och etiska koder.

Förmåga att dokumentera. Förmågan innebär att ledningssystem kan registrera erhållen information, att lagra information samt att klassificera den. Klassificering kan exempelvis innebära taggning med metadata för att lättare organisera och hitta information.

6.2.3 Förmåga att upprätthålla lägesförståelse

Ledningssystemets förmåga att upprätthålla lägesförståelse innebär att utifrån tillgänglig information skapa förståelse för situationen, samt att kontinuerligt uppdatera denna förståelse. Denna förmåga innehas genom ledningssystemets: (1) *Förmåga att upprätthålla förståelse om entiteter*, (2) *Förmåga att upprätthålla förståelse om omgivning*, (3) *Förmåga att upprätthålla förståelse om händelser* och (4) *Förmåga att upprätthålla förståelse om hotbild* (Figur 5).



Figur 5. Beskrivning av Förmåga att upprätthålla lägesförståelse.

Förmåga att upprätthålla förståelse om entiteter. Förmågan innebär att ledningssystem har förståelse för de entiteter som är aktuella för situationen. Med

entitet avses aktörer i form av egna kontrollerade aktörer och icke-kontrollerade aktörer (neutrala och antagonister) samt entiteter i form av tekniska system. Förmågan innefattar förmåga att ha förståelse för entitetens status, position, operativ förmåga och så vidare.

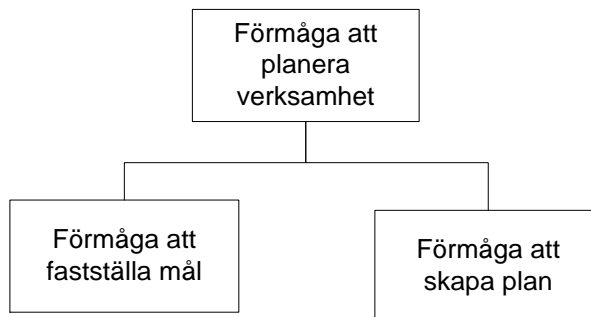
Förmåga att upprätthålla förståelse om omgivning. Förmågan innebär att ledningssystem har förståelse för den fysiska och virtuella omgivningen. Förmågan består av att ha förståelse för geografi, allmänhetens opinion, kulturella aspekter, meteorologiska aspekter, skyddsvärda objekt, byggnader/anläggningar/faciliteter etcetera.

Förmåga att upprätthålla förståelse om händelser. Förmågan innebär att ledningssystem har förståelse om vad som skett och sker, orsaker till detta samt vilka aktörer som varit involverade.

Förmåga att upprätthålla förståelse för hotbild. Förmågan innebär att ledningssystem har förståelse för vilka risker som finns i den aktuella situationen och vilka konsekvenser dessa risker har.

6.2.4 Förmåga att planera verksamhet

Ledningssystemets förmåga att planera verksamhet innebär att utifrån given situationen formulera mål och hur dessa ska uppnås. Förmågan innefattar att ledningssystem har: (1) *Förmåga att fastställa mål* och (2) *Förmåga att skapa plan* (Figur 6).



Figur 6. Beskrivning av Förmåga att planera verksamhet.

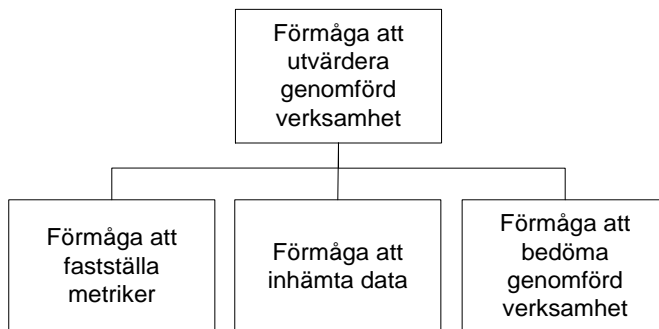
Förmåga att fastställa mål. Förmågan innebär att ledningssystem kan avgöra vilket målläge som önskas och vilka delmål som finns. Denna förmåga erhålls genom att ledningssystem har förmåga att tolka given uppgift, förmåga att bedöma läget och förmåga att formulera mål.

Förmåga att skapa plan. Förmågan innebär att ledningssystem kan skapa planer för att styra verksamheten. Denna förmåga erhålls genom att ledningssystem har

förmåga att identifiera handlingsalternativ, förmåga att välja handlingsalternativ samt förmåga att formulera en plan utifrån valda handlingsalternativ. För att identifiera handlingsalternativ behöver ledningssystem även ha förmåga att utvärdera och att jämföra alternativ.

6.2.5 Förmåga att utvärdera genomförd verksamhet

Ledningssystemets förmåga att utvärdera genomförd verksamhet innebär att följa hur väl genomförd plan fallit ut och hur omgivningen påverkats. Utvärderingen handlar om att följa upp genomförandet av plan och utvärdera dess effekt. Detta skapar en ny lägesförståelse och anledning för ytterligare planering. Denna förmåga innehas genom att ledningssystem har: (1) *Förmåga att fastställa metriker*, (2) *Förmåga att inhämta data*, och (3) *Förmåga att bedöma genomförd verksamhet* (Figur 7).



Figur 7. Beskrivning av Förmåga att utvärdera genomförd verksamhet.

Förmåga att fastställa metriker. Förmågan innebär att ledningssystem kan avgöra vad som ska mätas, på vilken skal, samt vilka värden som eftersträvas vid en utvärdering.

Förmåga att inhämta data. Förmågan innebär att ledningssystem kan genomföra mätningar.

Förmåga att bedöma genomförd verksamhet. Förmågan innebär att ledningssystem kan analysera inhämtad data gentemot de fastställda metrikerna för att bedöma hur väl verksamheten fungerar.

6.3 Diskussion

Detta kapitel presenterat en generisk taxonomi över förmågor hos sociotekniska ledningssystem. Taxonomin är baserad på tidigare studier från utveckling av ledningssystem med inslag från teoretiska modeller (Hallberg et al., 2012; Hallberg et al., 2006; Lindell et al., 2004; Stanton et al., 2006). Syftet med

taxonomin är att denna ska utgöra ett stöd vid utveckling av ledningssystem i form av ett förmågemönstret.

Utgångspunkten för arbetet var att konstruera en taxonomi med förmågor för ledningssystem som i utvecklingsprojekt kan användas för att välja ut de förmågor som är relevanta för just det aktuella utvecklingsprojektet. Taxonomin kan nyttjas som ett skelett med förmågor för att stödja framtagandet av detaljerade förmågor och krav som ett specifikt ledningssystem ska uppfylla.

I arbetet har flertalet perspektiv identifierats som behöver omhändertas i utvecklingen. Dessa perspektiv kan utgöra attribut på förmågor för att precisera vad förmågan medför. I nuvarande version av taxonomin finns inte attributen med, men vid framtida arbete med taxonomin bör dessa attribut införas. Exempel på möjliga generella attribut som gäller samtliga förmågor är *vem* som har behov av förmågan och *varför*. Ytterligare exempel på attribut kopplat till *Förmåga att kommunicera* är med vilka aktörer kommunikation ska ske, vilka dataformat samt typ av information som är aktuellt för förmågan.

I nuvarande version av taxonomin är uppdelningen av *Förmåga att upprätthålla lägesförståelse* avvikande jämfört med hur flera av de andra förmågorna har specificerats. Det görs inte heller någon skillnad på relationen mellan förmågor. Taxonomin är inte stringent när det gäller att specificera förmågor genom specialiseringar eller aggregat. Med specialisering menas att förmågan specificeras genom att ange olika specialfall av den överliggande förmågan i kontrast till aggregat som istället innebär att den överliggande förmågan byggs upp av de underliggande.

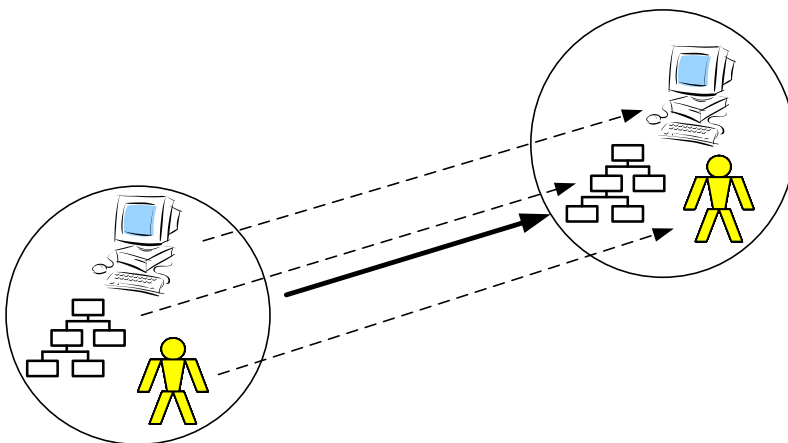
En viktig aspekt för ledningssystem är dess förmåga att samverka med andra aktörer. Samverkan finns dock inte uttryckt som en egen förmåga i denna version av taxonomin. Samverkan ses istället baserat på flera förmågor. Samverkan mellan aktörer ges till exempel genom att aktörerna har en förmåga att kommunicera, dela information och koordinera planering.

7 Metamodell för ledningssystem

Modellbaserad utveckling anses komma tillrätta med en del av de svårigheter som finns i systemutveckling. Ansatser för modellbaserad utveckling utgår generellt från modeller av den omgivning som systemet ska stödja och nyttjas i (Hallberg, et al., 2009). Dessa modeller används för att skapa de systemmodeller som specificerar vad systemet ska åstadkomma samt beskriver hur systemet ska realiseras. För att kunna göra transformation mellan de olika typerna av modeller, som beskriver omgivningen respektive system, krävs någon form av metamodell. Metamodeller beskriver de objekt som ingår i modeller och deras relationer. Därav kan dessa nyttjas för att automatiskt generera modeller utifrån tidigare skapade modeller. Metamodeller ger möjlighet till att modifieringar i en modell automatiskt får genomslag i övriga relaterade modeller. Detta kräver dock att modellerna hanteras i någon form av datorbaserat verktyg.

En speciell typ av system är *ledningssystem* vilket är ett exempel på ett *sociotekniskt system*. Sociotekniskt system består av människor och teknik som i samspel ska åstadkomma något förutbestämt. Det innebär att sociotekniska system kan beskrivas som bestående av människor, teknik och organisation (MTO). MTO kan ge sken av att det centrala i konceptet är att förstå och hantera de enskilda aspekterna M, T och O var för sig. Istället är det *helheten* och *relationerna* mellan dessa aspekter som är det centrala, tillsammans med en förståelse för den *kontext* som systemet ska fungera inom.

I Figur 8 exemplifieras hur utveckling av sociotekniska system sker i flera dimensioner, såsom kompetensutveckling, organisationsutveckling och teknikutveckling (Pilemalm, Lindell, Hallberg & Eriksson, 2007).



Figur 8. Vid utveckling av sociotekniska system finns det tre separata utvecklingsspår, teknik-, organisations- och kompetensutveckling som måste balanseras.

För att utveckla ledningssystem enligt en modellbaserad ansats finns det som tidigare nämnts ett behov av att kunna beskriva dem. MODAF och TOGAF är två exempel på arkitekturramverk som kan nyttjas för att beskriva ledningssystem utifrån olika *vyer* (ISO/IEC 15288, 2002). En stor fördel med *vyer* är att representationen av komplexa modeller kan underlättas genom att i olika *vyer* fokusera på olika typer av information (Lankhorst, 2009). Dessa arkitekturramverk är dock både relativt omfattande och krävande att tillämpa. Det finns heller inte alltid en föreskriven metod för hur de ska tillämpas.

I Hallberg et al. (2010) presenteras ett ramverk för att beskriva ledningssystem utifrån aspekterna *metod* och *teknik*. Ramverket var tänkt som stöd för att binda samman nivåerna operativ ledning, ledningssystem och ledningsstödsteknik.

Syftet med detta kapitel är att presentera en minimalistisk metamodell för att beskriva sociotekniska system. Skapandet av metamodellen utgår dels från ramverket av Hallberg et al. (2010), dels från att ledningssystem beskrivs som MTO-system.

7.1 Genomförande

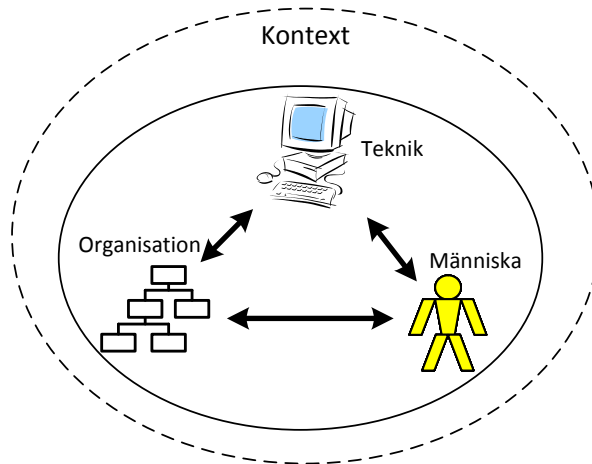
Metamodellen som beskrivs i detta kapitel är teoretiskt konstruerad och bygger på tidigare arbeten (Pilemalm et al. 2012; Hallberg et al., 2010; Pilemalm et al., 2007; Hansson et al., 2011). Arbetet med att skapa metamodellen för att beskriva sociotekniska system genomfördes i fyra steg:

1. De objekt som ska ingå i metamodellen identifierades och fastställdes.
2. De relationer mellan objekten som ska ingå i metamodellen identifierades och fastställdes.
3. Förslag på notationer för att beskriva objekten och relationerna identifierades.
4. Utvärdering och anpassning av metamodellen.

7.2 Resultat

Metamodellen som tagits fram består av fem objekt vars relationer beskrivs utifrån ett antal olika *vyer*. Objekten innefattar: *Kontext*, *System*, *Människa*, *Teknik* och *Organisation*.

Metamodellen innefattar fyra övergripande relationer: *Människa-Teknik*, *Människa-Organisation*, *Teknik-Organisation* samt *Kontext-System*. Vissa av dessa övergripande relationer innehåller flera relationer.



Figur 9. Beskrivning av förhållandet mellan Människa, Teknik, Organisation, Kontext och System.

7.2.1 Objekt i metamodellen

Nedan beskrivs de fem objekten som omfattas av metamodellen och Figur 9 visar relationerna mellan dessa objekt.

Kontext

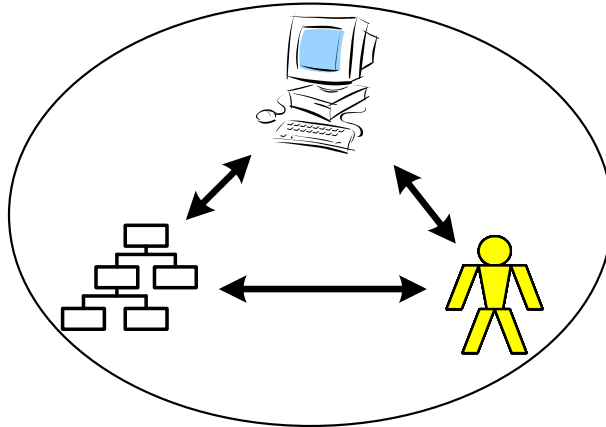
Kontexten är den omgivning i vilket systemet ska fungera. Det är viktigt att tydligt definiera och beskriva var gränsen går mellan system och kontext (Sommerville & Sawyer, 2007). I kontexten finns det tre typer av aktörer som är av intresse för utvecklingen av systemet. Den första typen är de vars behov som systemet är avsett att tillgodose. Den andra typen är de som bidrar till att systemet åstadkommer den effekt som är avsedd. Den tredje typen är de som inte är tänkta att nyttja eller påverka systemet, även om en del av dessa aktörer önskar göra det. Denna påverkan kan ske antingen antagonistiskt eller utan uppsåt.

Möjliga notationer för att beskriva kontexten är:

- Klassdiagram, för att beskriva vilka aktörer som ingår i kontexten.
- Relationsdiagram, för att beskriva relationer mellan olika aktörer i kontexten.

System

Med system avses i metamodellen det sociotekniska systemet (Figur 10). Systemet består av människor och teknik samt existerar i en systemomgivning.



Figur 10. Det finns tre relationer i sociotekniska system.

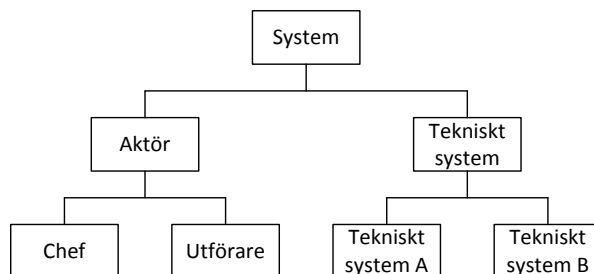
Både komponenter och systemomgivning kan betraktas som system. Vad som är vad avgörs av vilket system som är i fokus.

Möjliga notationer för att beskriva systemet är:

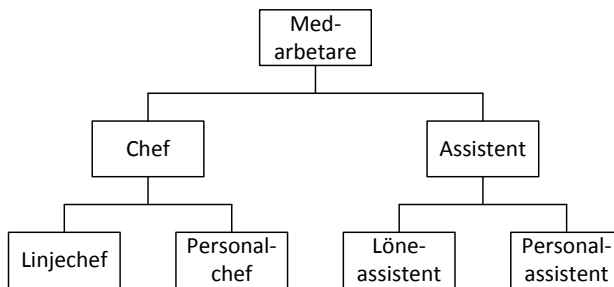
- Klassdiagram, för att beskriva vilka delsystem som ingår i systemet (Figur 11).

Människa

Med människa avses i metamodellen båda *roll* och *befattning*. Det är inom systemutveckling vanligt att relatera den mänskliga aktören till olika roller, vilka i sin tur relateras till befattningar i en många-till-många relation. Det vill säga en befattning kan beskrivas i ett antal roller. En roll kan ingå i flera olika befattningar. En befattning innehas av en individ (Figur 12).



Figur 11. Exempel på användning av klassdiagram som beskriver MTO-system.



Figur 12. Exempel på klassdiagram som beskriver befattningar.

Möjliga notationer för att beskriva roller och befattningar är:

- Klassdiagram, för att beskriva roller.
- Klassdiagram, för att beskriva befattningar.

Teknik

I metamodellen ingår teknik som ett objekt. Ingen uppdelning har dock gjorts av vilken typ av teknik det är.

Möjliga notationer för att beskriva teknik är:

- Klassdiagram, för att beskriva olika delar av det tekniska systemet.

Organisation

I metamodellen innefattar organisationen både den organisatoriska strukturen och de processer enligt vilka verksamheten utförs.

Möjliga notationer:

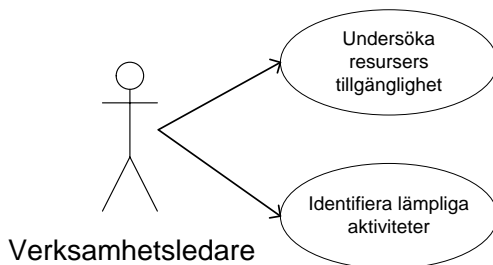
- Klassdiagram, för att beskriva den organisatoriska strukturen.
- Aktivitetsdiagram, för att beskriva verksamhetsprocesser.

7.2.2 Relationer i metamodellen

Nedan beskrivs de fyra relationer som metamodellen innehåller.

Människa – Teknik

Relationen Människa – Teknik beskriver hur olika roller nyttjar sig av teknik, det vill säga vilket stöd användare ges av tekniken.



Figur 13. Exempel på användningsfall. Rollen verksamhetsledare använder det tekniska systemet för att (a) undersöka resursers tillgänglighet och (b) identifiera lämpliga aktiviteter.

Möjliga notationer för att beskriva relationen Människa – Teknik är:

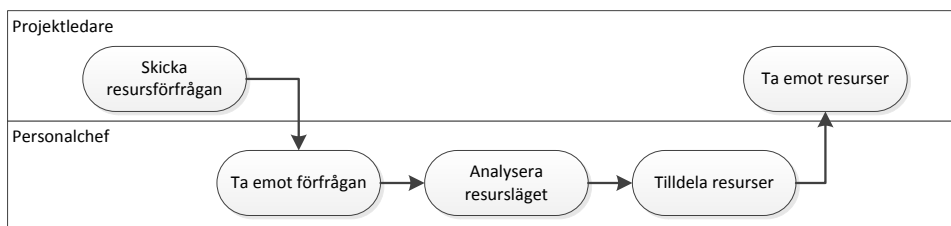
Användningsfall, för att beskriva hur olika roller interagerar med det tekniska systemet (Kulak & Guiney, 2003). Användningsfall består av en text som beskriver själva användningen, samt figurer som illustrerar aktörers interaktion med systemet (Figur 13).

Människa – Organisation

Relationen Människa – Organisation innefattar två typer av underrelationer. Den första underrelationen beskriver vilken roll som agerar i vilken process. Den andra underrelationen beskriver var i organisationen olika befattningar finns.

Möjliga notationer för att beskriva relationen Människa – Organisation är:

- Aktivitetsdiagram, med simbanor (eng. swimlanes), för att beskriva hur olika roller bidrar i verksamhetsprocesser (Figur 14).
- Relationsdiagram, för att beskriva i vilken del av organisationen olika befattningar finns.



Figur 14. Exempel på ett aktivitetsdiagram där så kallade simbanor nyttjas för att visa vilken roll som utför en aktivitet.

Teknik – Organisation

Relationen Teknik – Organisation består av två underrelationer. Den första underrelationen beskriver i vilka processer som en viss teknik nyttjas. Den andra underrelationen beskriver var i organisationen som en viss teknik nyttjas.

Möjliga notationer för att beskriva relationen Teknik – Organisation är:

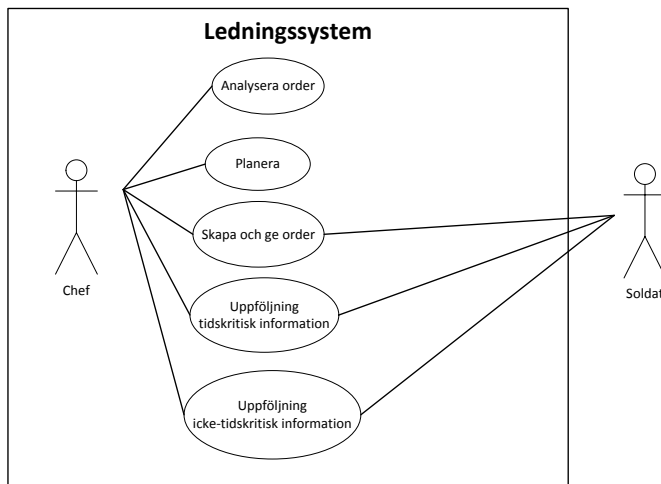
- Relationsdiagram, för att beskriva i vilken del av processer som viss teknik nyttjas.
- Relationsdiagram, för att beskriva i vilken del av organisationen som viss teknik nyttjas.

Kontext – System

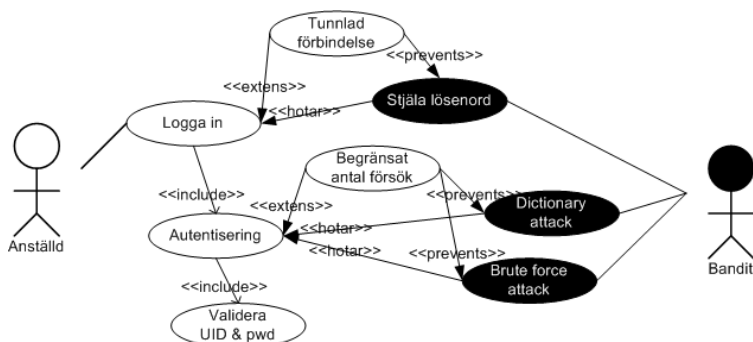
Relationen Kontext – System beskriver hur aktörer i kontexten ska nyttja, stödja samt kan missutnyttja systemet (Figur 15 & Figur 16).

Möjliga notationer för att beskriva relationen Kontext – System är:

- Verksamhetsanvändningsfall, för att beskriva hur aktörer i kontexten använder och stödjer systemet.
- Felanvändningsfall, för att beskriva hur aktörer försöker nyttja MTO-system på ett sätt som inte är avsett. Felanvändningsfall gör det också möjligt att beskriva funktioner som ska förhindra felanvändning (Sindre & Opdahl, 2000).



Figur 15. Exempel på ett verksamhetsanvändningsfall. Rollen Chef ingår i system, och använder det tekniska systemet för att ge order till rollen Soldat som ingår i kontexten, men inte i systemet.



Figur 16. Beskrivning av felanvändningsfall. Beskrivningen inkluderar här en aktör med rollen Bandit som utför aktiviteter för att få otillåten tillgång till systemet.

7.3 Diskussion

Detta kapitel presenterar en första version av en metamodel för att beskriva ledningssystem. Metamodellen är tänkt att vara så enkel som möjlig, men ändå vara tillräckligt uttömmande för att ge stöd vid systemutvecklingen. För att framöver vidareutveckla och fördjupa metamodellen krävs det i nästa steg empiriska studier där metamodellen tillämpas för att skapa beskrivningar av det sociotekniska systemet och att dessa beskrivningar används som grund för systemutveckling.

En fråga som måste studeras i den vidare utvecklingen av metamodellen är hur *information* ska hanteras och beskrivas. I alla typer av utveckling där informationssystem ingår är information centralt. Skälet till att inte redan nu införa information som ett objekt i metamodellen är att detta skulle medföra att ytterligare minst fyra relationer måste beaktas. Det bedömdes som bättre att basera metamodellen på färre objekt och vyer, och att dessa utvärderas innan ytterligare aspekter tillförs.

Ett steg i att undvika att göra metamodellen alltför komplex är också att inte dela på objekten Människa och Organisation. Människa består av både roll och befattning, medan organisation består av både process och struktur. Hur detta ska hanteras är en uppgift för vidare studier.

8 Slutsatser

För att vid systemutveckling utnyttja tillgängliga resurser så effektivt som möjligt och producera system inom givna ramar krävs att de ansatser som nyttjas ständigt förbättras (Ficalora & Cohen, 2009). Detta genom att identifiera och eliminera problematiska moment som hindrar utvecklingen. Forskningsprojektet Kvalitetsbaserad ledningssystemutveckling (2011-2012) har utifrån behovsanalyser avseende de svårigheter som finns i Försvarmaktens utveckling av ledningssystem försökt hitta lösningar på dessa (Hallberg, Pilemalm, & Westerdahl, 2008). Lösningarna har studerats och anpassats till de förutsättningar som råder inom Försvarmakten, samt kommunicerats till de verksamheter inom Försvarmakten där behoven funnits (Hallberg, et al, 2011; Hallberg, Hansson, Jungert, Westerdahl, Pilemalm, Granlund, Sundmark, Litsegård, Kylesten, Hunstad, Rankin, & Eriksson, 2009).

Arbetet i projektet har resulterat i ett antal rapporter och vetenskapliga bidrag som beskriver hur ledningssystem bättre ska tas fram. Vidare har en seminariedag genomförts för att vid sidan av rapporten kommunicera projektets resultat till Försvarmakten. Arbetet som bedrivits har bland annat resulterat i kunskap avseende hur krav ska identifieras och formuleras, hur modeller ska skapas och kvalitetssäkras, ramverk för att beskriva ledningssystem samt kunskapsöversikter. Dessutom har projektet bidragit till att bygga upp en kompetens inom FOI som Försvarmakten kunnat nyttja inom andra verksamheter.

Många av de utmaningar som finns inom området ledningssystemsutveckling kvarstår att tas sig an. För varje utmaning som tillämpliga lösningar identifieras, finns stor resurser att spara, genom att högre effekt av utvecklade system erhålls och medarbetares lidande orsakade av bristfälliga system undviks. Förhoppningen är att den kunskap och kompetens som utgörs av rapporter respektive medarbetare i projektet ska komma Försvarmakten till nytta lång tid framöver i deras utvecklingsprojekt.

9 Referenser

- Ambler, W.S. (2005). *The Elements of UML 2.0 Style*. Cambridge University Press.
- Arthur, J.L. (1992). *Improving Software Quality: An Insider's Guide to TQM*. Wiley, New York.
- Blankenship, J. & Dansereau, D.F. (2000) The Effect of Animated Node-Link Displays on Information Recall. *Journal of Experimental Education*, 68(4), pp. 292-309
- Bucchiarone, A., Gnesi, S., & Pierini, P. (2005). Quality analysis of NL requirements: An industrial case study. In *Proceedings of the 13th IEEE International Conference on Requirements Engineering (RE'05)*, pp. 390-394.
- Carr, R. & Will, D. (2006). *A Picture is Worth a Thousand Words: Best Practice in the Visual Presentation of Quantitative Information*. University of Nebraska-Lincoln.
<http://www3.airweb.org/images/pictureworth.pdf> (2012-11-27).
- Carrillo de Gea, J.M., Nicolás, J., Alemán, J.L.F., Toval, A., Ebert, C., & Vizcaíno, A. (2011). Requirements Engineering Tools, *IEEE Software*, 28(4), 86-91.
- Coleman, M.K. & Stott Parker, D. (1996). Aesthetics-based Graph Layout for Human Consumption. *Journal of Software: Practice and Experience*, 26(12), 1415-1438.
- Conradi, R., Mohagheghi, P., Arif, T., Hegde, L. C., Bunde, G. A., & Pedersen, A. (2003). Object-oriented reading techniques for inspection of UML models - an industrial experiment. In Cardelli, L. (ed.) *ECOOP 2003: LNCS 2743* (pp. 483-500), Heidelberg, Springer Berlin.
- Dascalu, S., Fritzinger, E., Debnath, N., & Akinwale, O. (2006). STORM: Software tool for the organization of requirements modeling. In *Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Electro Information Technology*, pp. 250-255.
- Eichelberger, H. (2002). Aesthetics of Class Diagrams. In *Proceedings of the First International Workshop on Visualizing Software for Understanding and Analysis*, pp. 23-31.
- Fagan, M.E. (1976). Design and Code inspections to reduce errors in program development. *IBM Systems Journal*, 15(3), 182– 211.

- Feja, S., Witt, S., & Speck, A. (2011). BAM: A requirements validation and verification framework for business process models. In *Proceedings of the International Conference on Quality Software*, pp. 186-191.
- Ficalora, J.P. & Cohen, L. (2009). *Quality Function Deployment and Six Sigma: A QFD Handbok*. Pearson Education, Boston.
- Ford, J.F. (2009). Complementary Colors.
<http://worqx.com/color/complements.htm> (2012-11-27).
- Försvarsmakten. (2011). Handbok Målsättningsarbete – Förband. H Mål Förb M7739-352030. Försvarsmakten Högkvarteret, Stockholm.
- Försvarsmakten. (2012). Uppgifter och insatsförmågor, underbilaga 2.5 till Försvarsmaktens utvecklingsplan 2013-2022 (FMUP 13). HKV 23 320:53070. Försvarsmakten Högkvarteret, Stockholm.
- Gansner, E.R. & North, S.C. (1998). Improved Force-Directed Layouts. In *Proceedings of the 6th International Symposium on Graph Drawing*, pp. 364–373.
- Garbers, B. & Periyasamy, K. (2006). A light-weight tool for teaching the development and evaluation of requirements documents. In *Proceedings of the Annual ASEE Conference and Exposition*.
- Ghazel, M. (2011). Using graph-based techniques for temporal requirements engineering. In *Proceedings of the 2011 IEEE GCC Conference and Exhibition (GCC 2011)*, pp. 124-127.
- Granlund, H., Hellgren, C., Haraldsson, J., Sundmark, T., Hansson, J., & Hallberg, N. (2012). *State-of-the-art: Automatiserad kvalitetssäkring vid kravhantering*. FOI-R--3479--SE. Linköping: Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI).
- Hallberg, N., Andersson, R., & Ölvander, C. (2010). Agile architecture framework for model driven development of C2 systems. *Systems Engineering*, 13(2), 175-185.
- Hallberg, N., Hallberg, J., Granlund, H., & Woltjer, R. (2012). Rationale for Emergency Management Systems for Local Communities. In Rothkrantz, L., Ristvej J., & Franco Z. (eds). *Proceedings of the 9th International ISCRAM Conference*.
- Hallberg, N., Hansson, J., Jungert, E., Westerdahl, L., Pilemalm, S., Granlund, H., Sundmark, T., Litsegård, P., Kylesten, B., Hunstad, A., Rankin, A., & Eriksson, H. (2009) *Ledningssystemsutveckling: Fallstudier kring kravhantering, modellering och kvalitetssäkring*, FOI-R--2892--SE. Linköping: Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI).

- Hallberg, N., Haraldsson, J., Lewau, N., Hansson, J., Granlund, H., Sundmark, T., & Nilsson, S. (2011). *Kravhantering: Best practice*, FOI-R--3264--SE. Linköping: Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI).
- Hallberg, N., Jungert, E., & Pilemalm, S. (2011). Ontology for Systems Development. Inskickad till *Int'l Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*.
- Hallberg, N., Lewau, N., Hansson, J., Granlund, H., Nilsson, S., Haraldsson, J., & Karlzén, H. (2011). *Kvalitetsbaserad ledningssystemutveckling: Metoder och principer*. FOI-R--3358--SE. Linköping: Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI).
- Hallberg, N., Pilemalm, S., Sparf, M., & Sjödin, L. (2009). *Modellbaserad utveckling: Omvärldsanalys*. FOI Memo 2842. Linköping: Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI).
- Hallberg, N., Pilemalm, S., & Timpka, T. (2012). Quality Driven Requirements Engineering for Development of Crisis Management Systems, *International Journal of Information Systems for Crisis Response and Management (IJISCRAM)*, Vol 4, Issue 2, 35-52.
- Hallberg, N., Pilemalm, S., & Westerdahl, L. (2008). *Behovsanalys avseende Försvarsmaktens utveckling av ledningssystem*. FOI Memo 2443. Linköping: Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI).
- Hallberg, N., Ölvander, C., & Törne, A. (2006). *Behovs- och kravanalys avseende tekniskt beslutsstöd för operationer i urban terräng*. FOI-R--2037--SE. Linköping: Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI).
- Hansson, J., Granlund, H., & Hallberg, N. (2012). Lightweight Approach for Quality Assurance of Requirements. Under produktion.
- Hansson, J., Granlund, H., Hallberg, N., Pilemalm, S., & Pilemalm, A. (2010). *Kvalitetssäkring vid kravhantering: Granskning av formuleringar*. FOI-R--3070--SE. Linköping: Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI).
- Hansson, J., Granlund, R., Hallberg, N., Lantz, F., & Jungert, E. (2011) A Reference Context Model for Development of Security Systems. In *Proceedings of the 17th International Conference on Distributed Multimedia Systems (DMS 2011)*.
- Haraldsson, J., Lewau, N., Nilsson, S., Hansson, J., & Hallberg, N. (2012). *Att skapa kognitivt effektiva modeller och diagram*, FOI-R--3497--SE. Linköping: Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI).
- Hay, D.C. (2003). *Requirements analysis: From business views to architecture*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

- He, Q. & Antón, A.I. (2009). Requirements-based access control analysis and policy specification (ReCAPS). *Information and Software Technology*, 51(6), 993-1009.
- Hong, Y., Kim, M., & Lee, S. (2010). Requirements management tool with evolving traceability for heterogeneous artifacts in the entire life cycle. In *Proceedings of the 8th ACIS International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications (SERA 2010)*, pp. 248-255.
- ISO/IEC/IEEE 24765 (2010). *Systems and software engineering – Vocabulary*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, US.
- ISO/IEC 15288 (2008). *System Engineering – System Life Cycle Processes*. Institute of Electrical and Electronics Engineers: New Jersey, US.
- Jani, H. M., & Mostafa, S. A. (2011). Implementing case-based reasoning technique to software requirements specifications quality analysis. *International Journal of Advancements in Computing Technology*, 3(1), pp. 23-31.
- Johnson, J. & Henderson, A. (2002). Conceptual models: begin by designing what to design. *Interactions*, 9(1), 25-32.
- Kamalrudin, M., Hosking, J., & Grundy, J. (2011). Improving requirements quality using essential use case interaction patterns. In *Proceedings - International Conference on Software Engineering*, pp. 531-540.
- Koning, H., Dormann, C. & van Vliet, H. (2002). Practical Guidelines for the Readability of IT-Architecture Diagrams. In *Proceedings of the 20th Annual International Conference on Documentation*, pp 90-99.
- Konrad, S. & Gall, M. (2008). Requirements Engineering in the Development of Large-Scale Systems. In *Proceedings of the 16th IEEE International Requirements Engineering Conference*, pp. 218-222.
- Krogstie, J. (2003). Evaluating UML Using a Generic Quality Framework. In Favre, L. (Ed.) *UML and the Unified Process*. IRM Press.
- Kulak, D. & Guiney, E. (2003). *Use Cases: Requirements in context*. Upper Saddle River: Addison-Wesley.
- Lami, G., Gnesi, S., Fabbrini, F., Fusani, M., & Trentanni, G. (2005). An automatic tool for the analysis of natural language requirements. *Computer Systems Science and Engineering*, 20(1), 53-62.
- Lankhorst, M. (2009) *Enterprise Architecture at Work: Modelling, Communication and Analysis*. Springer: Heidelberg.

- Larkin, J.H. & Simon, H.A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11, 65-99.
- Levchuk, G.M., Yu, F., Levchuk, Y., & Pattipati, K.R. (2004) Networks of Decision-Making and Communicating Agents: A new Methodology for Design and Evaluation of Organizational Strategies and Heterarchical Structures. In *Proceedings of the ninth International Command and Control Research and Technological Symposium (ICCRTS)*.
- Liddle, D. (1996). Design of the conceptual model. In Winograd, T. (ed) *Bringing design to software*, pp. 17-31. Addison-Wesley, Reading.
- Lindell, P.O., Hallberg, N., Pilemalm, S., Ericson, L., & Andersson, M. (2004). *Identifiering av arkitekturdrivande krav för FMA*. FOI-R--1502--SE. Linköping: Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI).
- Lohse, G.L., Min, D., & Olson, J.R. (1995). Cognitive evaluation of system representation diagrams. *Information & Management*, 29, 79-94.
- Matos, E.C.B., & Sousa, T. C. (2010). From formal requirements to automated web testing and prototyping. *Innovations in Systems and Software Engineering*, 6(1), 163-169.
- Mavin, A., Wilkinson, P., Harwood, A., & Novak, M. (2009). EARS (Easy Approach to Requirements Syntax). In *Proceedings of the 17th IEEE International Requirements Engineering Conference*, pp. 317-322.
- Mayer, R.E. & Moreno, R. (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist*, 38(1), s. 43-52.
- Mendling, J., Neumann, G. & van der Aalst, W. (2007). Understanding the occurrence of errors in process models based on metrics. In *Proceedings of the OTM Conference on Cooperative information Systems*, pp. 113-130.
- Mendling, J., Reijers, H.A. & Recker, J.C. (2010). Activity labeling in process modeling : empirical insights and recommendations. *Information Systems*, 35(4), 467-482.
- Moody, D.L. (2009). The “Physics” of Notations: Towards a Scientific Basis for Constructing Visual Notations in Software Engineering. *IEEE Transactions on Software Engineering*. 35(6), 756-763.
- Moody, D.L. (2011). The Physics of Notations: A Scientific Approach to Designing Visual Notations in Requirements Engineering. In *Proceedings of the Workshop vid 19th IEEE International Requirements Engineering Conference*.

- Moody, D.L. (u.å.). Why a Diagram is Only Sometimes Worth a Thousand Words: An Analysis of the BPMN 2.0 Visual Notation. <http://www.business.uq.edu.au/sites/default/files/event/supportingDocs/Analysis%20of%20BPMN%202.0%20Visual%20Syntax.pdf> (2012-11-27).
- Moody, D.L., Heymans, P., & Matulevicius, R. (2009). Improving the Effectiveness of Visual Representation in Requirements Engineering: An Evaluation of i* Visual Syntax. In *Proceedings of the 17th IEEE International Requirements Engineering Conference*, pp. 171-180.
- Moody, D.L. & Shanks, G.G. (1994). What Makes a Good Data Model? Evaluating the Quality of Entity Relationship Models. In *Proceedings of the 13th International Conference on the Entity-Relationship Approach*, pp. 94-111.
- Nielsen, J. & Mack, R. (1994). *Usability Inspection Methods*. John Wiley & Sons: New York.
- Nuseibeh, B. & Easterbrook, S. (2000). Requirements engineering: a roadmap. In *Proceedings of the Conference on The Future of Software Engineering (ICSE '00)*, pp. 35-46.
- Petre, M. (1995). Why Looking Isn't Always Seeing: Readership Skills and Graphical Programming. *Communications of the ACM*, 38(6), 33-44.
- Pierotti, D. (u.å.). Heuristic Evaluation – A system Checklist. Xerox Corporation. <http://www.stcsig.org/usability/topics/articles/he-checklist.html> (2012-11-27).
- Pilemalm, S., Hallberg, N., Sparf, M., & Niclason, T. (2012) Practical experiences of model-based development: Case studies from the Swedish Armed Forces. *Systems Engineering*, 15(4), 407–421.
- Pilemalm, S., Lindell, P.O., Hallberg, N., & Eriksson, H. (2007). Integrating the Rational Unified Process and participatory design for development of socio-technical systems: a user participative approach. *Design Studies*, 28(3), 263-288.
- Purchase, H.C., Allder, J., & Carrington, D. (2001). User Preference of Graph Layout Aesthetics: A UML Study. In *Proceedings of the 8th International Symposium on Graph Drawing*, pp. 5-18.
- Purchase, H.C., Carrington, D., & Allder, J. (2002). Empirical Evaluation of Aesthetics-based Graph Layout. *Empirical Software Engineering*, 7, 233-255.

- Robinson-Mallett, C., Grochtmann, M., Köhnlein, J., Wegener, J., & Kühn, S. (2010). Modelling requirements to support testing of product lines. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Software Testing, Verification, and Validation Workshops (ICSTW 2010)*, pp. 11-18.
- Romero-Mariona, J., Ziv, H., & Richardson, D. (2010). ASSURE: Automated support for secure and usable requirements engineering. In *Proceedings of the 2010 International Symposium on Software Testing and Analysis (ISSTA'10)*, pp. 279-282.
- Schekkerman, J. (2003) *How to Survive in the Jungle of Enterprise Architecture Framework: Creating or Choosing an Enterprise Architecture Framework*. Trafford, Victoria.
- Siau, K. & Tan, X. (2005). Improving the quality of conceptual modeling using cognitive mapping techniques. *Data & Knowledge Engineering*, 55(3), 343-365.
- Siau, K. (2004). Informational and computational equivalence in comparing information modeling methods, *Journal of Database Management*, 15(1), 73-86.
- Sindre, G. & Opdahl, A.L. (2000). Eliciting Security Requirements by Misuse Cases. In *Proceedings of the 37th International Conference on Technology of Object-Oriented Languages and Systems (TOOLS Pacific 2000)*.
- Sommerville, I. & Sawyer, P. (2007). *Requirements engineering: a good practice guide*, Wiley, Chichester.
- Stanton, N.A., Walker, G.H., Houghton, R.J. & Salmon, P. (2006). *Generic Process Model of C4I Activities*. HFIDTC/WP1.1.4/1 V.2. Human Factors Integration Defence Technology Centre, UK.
- Sternberg, R.J. (2003). *Cognitive Psychology* (3rd ed.). Thomsom Wadsworth.
- Udomchaiporn, A., Prompoon, N., & Kanongchaiyos, P. (2006). Software requirements retrieval using use case terms and structure similarity computation. In *Proceedings - Asia-Pacific Software Engineering Conference, APSEC*, pp. 113-120.
- Valderas, P., & Pelechano, V. (2007). Improving communication in requirements engineering activities for web applications. *Lecture Notes in Computer Science* (4607), pp. 242-247.
- Wieggers, K.E. (2003). *Software requirements*. Redmond, WA: Microsoft Press.

Zachos, K., Maiden, N., & Howells-Morris, R. (2008). Discovering web services to improve requirements specifications: Does it help? *Lecture Notes in Computer Science*, 5025, pp.168-182.

Bilaga 1: Sammanfattning av riktlinjer

Denna bilaga presenterar de riktlinjerna som beskrivits i kapitel 3, Att skapa kognitivt effektiva modeller. Riktlinjerna är indelade i kategorierna: *Visuella variabler*, *Utformning av symboler*, *Kommentarer och etiketter*, *Fokusering*, *Strukturering av diagram*, *Gruppering av element*, *Visualisering av flöden*, *Komplexitet i diagram*, *Konsekvent modellering*, *Överblick och navigering*, *Dokumentation av modellen* och *Anpassning efter målgrupp*.

Visuella variabler

Riktlinje 1. Utnyttja visuella variabler för att förenkla och öka läsbarheten

Form bör i första hand användas för att särskilja symboler, och färg kan med fördel komplettera formen för att effektivt särskilja eller koppla samman olika symboler i grupper, alternativt koda in information. Position kan användas för att exempelvis tydliggöra hierarki och/eller gruppering och storlek för att påvisa grad- eller storleksordning mellan symboler.

Riktlinje 2. Förklara betydelsen av visuella variabler när dessa används för kodning av information

Det kan vara svårt att göra den visuella kodningen självförklarande och det kan därför vara bra att på lämplig plats förklara betydelsen av de olika visuella variabler som använts för att koda in information.

Riktlinje 3. Använd visuella variabler med eftertanke

För hög användning av olika visuella variabler i ett diagram riskerar att göra diagrammet rörigt.

Utformning av symboler

Riktlinje 4. En symbol ska inte betyda flera olika saker

Det är risk för missförstånd om en och samma symbol står för olika begrepp.

Riktlinje 5. Ett begrepp bör inte representeras med flera olika symboler

Om det finns flera symboler som betyder samma sak bidrar det till onödig komplexitet och ställer högre krav på läsare att komma ihåg att det är samma sak och riskerar därmed att förvirra.

Riktlinje 6. Symboler ska vara tydligt åtskiljda utan risk för förväxling, men semantiskt närliggande symboler kan dela gemensamma drag

Symboler ska vara tydligt åtskiljda genom utnyttjande av de visuella variablerna, inte enbart genom text. Symboler som är allt för snarlika varandra är lätta att förväxla, men semantiskt närliggande symboler kan med fördel ges gemensamma drag för att visualisera släktskapet.

Riktlinje 7. En symbol bör inte ha ett missvisande utseende

Symbolens utformning och visualisering bör inte riskera att leda associationer till andra saker än vad symbolen är tänkt att symbolisera.

Riktlinje 8. Använda symboler bör vara konkreta och bekanta för målgruppen

Symboler anpassade efter målgruppens förutsättningar och förväntningar underlättar tolkande och läsning av diagrammet, exempelvis genom att vara semantisk genomskinliga.

Riktlinje 9. Symboler ska vara tydligt läsbara

För många detaljer i symbolen kan försvåra läsandet och bör undvikas. Likaså försvåra för liten storlek och dålig kontrast mot bakgrunden läsningen av diagrammet.

Kommentarer och etiketter

Riktlinje 10. Tydliggör och förklara betydelser genom välplacerade förklarande texter (t.ex. för symboler, grupperingar, flöden och relationer)

Förklarande texter kan underlätta förståelsen för innehållet i diagram, kortfattat genom namngivning i en etikett, i korta kommentarer i löptext eller i form av en teckenförklaring. Etiketter och kommentarer bör vara placerade nära den aktuella symbolen, grupperingen och relationen, så att det är tydligt vad de beskriver, och helst horisontellt orienterad.

Riktlinje 11. Varje diagram bör innehålla en beskrivning,

Varje diagram bör ges ett beskrivande namn, tydligt och enhetligt placerat. I en kortfattad kommentar, som är enhetligt placerad i alla diagram, bör det även framgå vem som äger diagrammet och när det senast uppdaterades.

Riktlinje 12. Text i etiketter och diagram ska vara relevant och välformulerad

För att minska både utrymmesbehov i diagrammet och tid för läsning och förståelse bör texten i etiketter vara kortfattad, enkel och tydligt formulerad, men samtidigt tillräckligt beskrivande. Innehållet bör vara relevant och konsekvent formulerat i hela modellen utifrån sedvanliga skrivregler och lämplig terminologi.

Riktlinje 13. Använd tydlig och lämplig formatering av texten

Välj typsnitt som i sammanhanget är tydligt och lämpligt för domänen och undvik överflödigt användande av versaler.

Fokusering

Riktlinje 14. Använd varierande visuella variabler för att lyfta fram betydelsefulla delar i diagrammet

Genom att med exempelvis placering, färg eller storlek betona diagrammets viktiga element ges stöd till läsaren i läsningen av diagram.

Riktlinje 15. Säkerställ att läsarens uppmärksamhet fokuseras på relevant information genom att endast representera det som krävs för budskapet

Irrelevant och överflödigt information distraherar läsare från diagrams egentliga budskap. Genom att eliminera onödiga element ges mer utrymme åt det diagrammen syftar till att illustrera.

Strukturering av diagram

Riktlinje 16. Välj en symmetrisk och justerad placering av element i ett diagram

Placera element justerade mot varande enligt ett rätvinkligt rutnät, och använd tomrum mellan element för att öka läsbarhet och vid behov påvisa samhörighet.

Riktlinje 17. Rita relationslinjer sparsamt och tydligt

Rita inte ut onödiga relationslinjer då det ökar komplexiteten i diagrammet. Låt relationslinjer utgå från mitten av symbolens kant och låt deras sträckning bli tydlig genom att inte vara för

långa, korsa andra relationer eller ha för många riktningförändringar.

Gruppering av element

Riktlinje 18. Gruppera element för att tydliggöra betydelse och relationer

När det finns behov av att visuellt illustrera att ett antal element hör samman kan de med fördel grupperas med hjälp av olika tekniker, såsom spatial placering, färg och/eller inramning. Gruppen kan namnges för att förtydliga vad som är den gemensamma nämnaren. Hierarkiska relationer kan förtydligas genom vertikal gruppering där över- och underliggande element centreras med varandra.

Visualisering av flöden

Riktlinje 19. Balansera flödet i processmodeller

För att öka läsbarheten och därmed förståelsen bör det vara tydligt var delade flöden går samman eller avslutas.

Riktlinje 20. Undvik flera start- och stoppsymboler samt OR-kopplingar

Användning av OR-kopplingar och flera start- och stoppsymboler ökar risken för feltolkningar. Använd hellre AND och XOR-kopplingar, samt endast en startsymbol och en stoppsymbol.

Riktlinje 21. Rita flöden vänster till höger eller uppifrån och ner

För att följa västerländska läskonventioner och utnyttja en naturlig tolkning bör flöden ritas från vänster till höger eller uppifrån och ner.

Komplexitet i diagram

Riktlinje 22. Säkerställ att antalet element i diagrammet inte blir för stort

I takt med att antalet element i ett diagram ökar, ökar även risken för map shock och minskad förståelse. Välj därför vid behov bort onödiga element och/eller dela upp stora diagram i flera mindre omfattande diagram.

Riktlinje 23. Undvik ett stort antal olika typer av symboler i samma diagram

Ett stort antal olika typer av symboler ställer höga krav på läsarens minne, försök därför att hålla nere antalet olika typer av symboler, alternativt gör dem mer intuitiva eller återge information textuellt.

Riktlinje 24. Undvik alltför informationsrika symboler

Symboler som innehåller ett stort antal informationsbärande element ger en hög kognitiv belastning. Försök därför att begränsa komplexiteten i enskilda symboler.

Riktlinje 25. Använd visuella variabler, gruppering och strukturering för att minimera komplexiteten

Röriga diagram riskerar att försvåra läsning och förståelse. Försök därför att hålla diagrammen tydliga, enkla och strukturerade.

Konsekvent modellering

Riktlinje 26. Var konsekvent i diagram och modell gällande exempelvis namngivning, grammatisk stil, symbolstil och färgkodning.

Att använda text, symboler och visuella variabler konsekvent underlättar förståelse och minskar risken för missförstånd.

Överblick och navigering

Riktlinje 27. Ta fram stöd för överblick av och översiktlig förståelse av modellen.

För att läsaren lättare ska kunna ta till sig modellen underlättar det att få möjlighet att överblicka modellen och dess ingående diagram, exempelvis genom sammanfattande eller abstraherande diagram.

Riktlinje 28. Ta fram stöd för navigering mellan diagram i modellen.

Det underlättar läsningen om det framgår hur de olika diagrammen i modellen är relaterade till varandra. Detta kan göras genom att ta fram ett navigationsdiagram för den översiktliga navigationen. Varje diagram som på något sätt är länkat till ett annat diagram, bör namnges och med fördel numreras på ett sätt så att relationen dem emellan tydliggörs. Om ett diagram innehåller element som har underliggande egna diagram bör det tydliggöras visuellt.

Riktlinje 29. Tydliggör diagrammets kontext

Genom att i det aktuella diagrammet synliggöra relaterade element i andra närliggande diagram kan förståelsen för sammanhanget och navigeringen underlättas.

Dokumentation av modellen**Riktlinje 30. Upprätta dokumentation vid sidan av modellen som beskriver modellen på ett bra och introducerande sätt.**

För att underlätta förståelsen för en modell kan introducerande information läggas i ett dokument som bl.a. beskriver modellens innehåll och syfte.

Riktlinje 31. Upprätta dokumentation som ger kompletterande information till enskilda diagram. Spårbarhet och koppling mellan diagram och dokumentation ska vara tydlig.

Då all information inte lämpar sig för grafisk återgivning kan viss information läggas i textuell form till diagrammet. Det är då viktigt att denna/dessa bilagor är tydliga med vilket/vilka diagram det tillför extra information till.

Anpassning efter målgrupp**Riktlinje 32. Utforma diagram utifrån målgruppens behov snarare än utifrån riktlinjer.**

Vid tillämpning av alla övriga riktlinjer bör hänsyn tas till målgruppen för modellen och dess diagram, exempelvis om det är många noviser. I fall det anses öka det kommunikativa värdet hos diagram ska avsteg från riktlinjer göras.

Bilaga 2: Checklista för godkännande av modeller

Detta dokument innehåller en instruktion samt två checklistor för granskning av hela modeller och diagram. Checklistorna ska stödja granskaren att identifiera potentiella problem i modeller/diagram. Checklistornas frågor fokuseras runt visualiseringen av informationen som presenteras i modeller/diagram och således inte på det innehåll som återfinns. För att granskare ska kunna utföra granskningen på bästa sätt är det en fördel om vederbörande är insatt i checklistorna och innebörden i de frågor som ställs. Vidare bör granskaren ha kännedom om ramverk och notation som används samt vara förtrogen med den verksamhet som beskrivs.

Dessa checklistor är utformade för att passa för att godkänna modeller i en beslutspunkt. De två checklistorna som återfinns är uppbyggda utifrån två nivåer där frågor särskiljs på modellnivå samt diagramnivå. Modellen är den övergripande strukturen som är uppbyggd av flera diagram. Frågorna på modellnivå kräver att alla, eller flera, diagram jämförs med varandra för att kunna svara på frågorna. Frågorna är även relevanta på diagramnivån men entydiga svar på diagramnivå innebär inte att det är ett entydigt svar på modellnivå. Frågor på diagramnivån besvaras enskilt för varje diagram som granskas.

Checklistorna består utav ett antal frågor där granskaren ska markera ett ”Ja”, ”Nej”, ”N/A” (inte relevant/applicerbart) eller ”Vet ej” för varje fråga.

Svarsalternativ	Förklaring
Ja	Modellen/diagrammet bedöms uppfylla frågan och ingen åtgärd/förbättring krävs.
Nej	Modellen/diagrammet bedöms undermålig och behöver åtgärdas/kompletteras.
N/A	Frågan bedöms ej relevant eller ej applicerbar för modellen/diagrammet.
Vet ej	Frågan går ej att bedöma utifrån tillgänglig information.

Checklistorna ger även utrymme för kommentarer i de fall granskaren behöver utveckla eller komplettera sin bedömning. I de fall då en fråga hamnar i

kategorin ”Vet ej” bör det i till exempel i kommentarsfältet kommenteras varför detta val gjorts.

Som stöd för de frågor granskaren ska besvara finns till de flesta frågor en kort text som förtydligar frågans innebörd.

Innan granskningen genomförs är det viktigt att *syfte och mål* med modellen är identifierat. Även *målgrupp* och det forum som modellen är tänkt att förstås i är viktigt att ha som utgångspunkt då frågorna besvaras. För att underlätta granskningen bör även den *dokumentation* som finns tillgänglig för modellen ha inhämtats och finnas tillgänglig under granskningen.

Checklista modell

# [RL ¹]	Fråga	Ja	Nej	N/A	Vet ej	Kommentar
1 [27]	Finns det tillräckligt med stöd för att ge läsaren överblick av modellen? (Till exempel genom ett sammanfattande diagram eller diagram på högre abstraktionsnivå.)					
2 [31]	Finns det hänvisningar till dokumentation med kompletterande information? (Finns det en tydlig koppling mellan diagram och dokumentation?)					
3 [4, 5]	Förklaras betydelsen hos symboler som används i modellen? (Genom till exempel text eller symbolförteckning?)					
4 [4]	Har varje symbol en unik betydelse? (Representerar varje symbol enbart en sak/begrepp genomgående i modellen?)					
5 [5]	Representeras ett begrepp med en, och endast en, symbol? (Undviks t.ex. att samma begrepp representeras av flera olika symboler i olika diagram?)					
6 [6]	Går det att särskilja symbolerna som används i modellen? (Undviks allt för lika symboler för begrepp som inte betyder samma sak?)					
7 [26]	Är modelleringen tillräckligt konsekvent genomförd? (Exempelvis genom namngivning, grammatisk stil, symbolstil och färgkodning.)					
8	Är modellens syfte förklarad?					
9	Är modellens målgrupp preciserad?					

¹ Siffran inom hakparenteserna i tabellen hänvisar till den riktlinje (RL) i rapporten "Att skapa kognitivt effektiva modeller och diagram" (FOI-R--3497--SE) som frågan kan härledas till.

Checklista diagram

Navigering

# [RL]	Fråga	Ja	Nej	N/A	Vet ej	Kommentar
10	Om det finns underliggande diagram, framgår det tillräckligt tydligt? (Exempelvis genom symbol eller text.)					
11 [28,29]	Finns det tillräckligt stöd för att se relationer till andra diagram? (Exempelvis genom användande av numrering, namngivning, navigeringsstöd.)					

Layout

# [RL]	Fråga	Ja	Nej	N/A	Vet ej	Kommentar
12 [16]	Är diagrammets element justerade i relation till varandra? (Är elementen placerade i räta linjer och vinklar för att stödja läsning?)					
13 [17, 18,25, 21,10]	Är relationer mellan element förstaeliga? (Framgår det om olika element har en relation och i så fall hur den är beskaffad?)					
14 [17]	Är relationslinjer tydligt utformade? (Undviks relationslinjer med många vinklar, onödiga och onödigt långa samt korsande relationslinjer?)					
15 [18, 25]	Är element grupperade för att förtydliga relationer? (Exempelvis genom placering, färg eller inramning.)					
16 [21]	Är riktningen på flöden antingen vänster till höger och/eller uppifrån och ner? (Till exempel genom att sekventiella händelser placeras från vänster till höger eller hierarkiska strukturer uppifrån och ner.)					

# [RL]	Fråga	Ja	Nej	N/A	Vet ej	Kommentar
17 [10]	Är förklarande texter i diagrammet lämpligt placerade i relation till det som förklaras? (Till exempel i nära anslutning till det som förklaras, dock utan att skymma andra element.)					

Kommentarer och text

# [RL]	Fråga	Ja	Nej	N/A	Vet ej	Kommentar
18 [11]	Har diagrammet ett tillräckligt beskrivande namn?					
19	Finns det tillräckligt med information för att förstå diagrammet? (Exempelvis genom förklarande text om det behövs.)					
20 [10,12]	Är text (inkl. namngivning) som används i diagrammet tydlig? (Är texten kortfattad, relevant och tillräckligt informativ för att förstås?)					

Komplexitet

# [RL]	Fråga	Ja	Nej	N/A	Vet ej	Kommentar
21 [22]	Består diagrammet av ett rimligt antal element? (Innehåller diagrammet lagom många, varken för få eller för många, element för att budskapet ska kunna förstås?)					
22 [23]	Består diagrammet av ett rimligt antal olika typer av symboler? (Innehåller diagrammet lagom många, varken för få eller för många, olika symboler för att budskapet ska kunna förstås?)					
23 [15]	Har överflödiga information undvikits? (Exempelvis information eller element som inte bidrar till förståelse av diagrammet.)					
24 [14]	Om det framgår att något element i diagrammet är av särskild betydelse, tydliggörs då det? (Exempelvis genom placering, färg eller storlek.)					

Symboler och element

# [RL]	Fråga	Ja	Nej	N/A	Vet ej	Kommentar
25 [8]	Används symboler som är kända för målgruppen?					
26 [2,4,5]	Förklaras betydelsen hos symboler och andra informationsbärande element som används i diagrammet? (Exempelvis genom text, symbolförteckning eller förklaring av ex användande av färger etc.?)					
27 [9]	Är symbolerna läsbara? (Har de, inkl. text, lämplig storlek, färg och kontrast/återgivning?)					
28 [4]	Har varje symbol en unik betydelse? (Representerar varje symbol enbart en sak/ett begrepp och har varje sak/begrepp enbart en symbol?)					
29 [6,7]	Är symbolerna utformade så att risken för missförstånd är låg? (Undviks allt för lika symboler för olika begrepp och för att undvika att de kan misstas för något annat än det de representerar?)					

Övrigt

# [RL]	Fråga	Ja	Nej	N/A	Vet ej	Kommentar
30 [26]	Är diagrammet konsekvent modellerat? (Exempelvis genom konsekvent namngivning, grammatisk stil, symbolstil och färgkodning?)					

Övriga kommentarer:

Bilaga 3: Checklista för förbättring av modeller

Detta dokument innehåller en instruktion samt två checklistor för granskning av hela modeller och enskilda diagram. Checklistorna ska stödja granskaren att identifiera potentiella problem i modeller/diagram. Checklistornas frågor fokuseras runt visualiseringen av informationen som presenteras i modeller/diagram och således inte på det innehåll som återfinns. För att granskare ska kunna utföra granskningen på bästa sätt är det en fördel om vederbörande är insatt i checklistorna och innebörden i de frågor som ställs. Vidare bör granskaren ha kännedom om ramverk och notationer som används samt vara förtrogen med den verksamhet som beskrivs.

Dessa checklistor är utformade för att stödja en granskning med syftet att förbättra modeller. De två checklistorna som återfinns är uppbyggda utifrån två nivåer där frågor särskiljs på modellnivå samt diagramnivå. Modellen är den övergripande strukturen som är uppbyggd av flera diagram. För att kunna svara på frågorna på modellnivå krävs att flera, eller alla, diagram jämförs med varandra. Dessa frågor är även relevanta på diagramnivån, men entydiga svar på diagramnivå innebär inte att det är ett entydigt svar på modellnivå. Frågor på diagramnivån besvaras enskilt för varje diagram som granskas.

Checklistorna består utav ett antal frågor där granskaren ska markera ”Grön”, ”Gul”, ”Röd”, ”N/A” (inte relevant/applicerbart) eller ”Vet ej” för varje fråga.

Svarsalternativ	Förklaring
N/A	Frågan är ej relevant, eller ej applicerbar, för modellen/diagrammet.
Grön	Modellen/diagrammet bedöms uppfylla frågan och ingen åtgärd/förbättring krävs.
Gul	Modellen/diagrammet bedöms ha förbättringspotential (kräver dock ingen åtgärd).
Röd	Modellen/diagrammet bedöms undermålig och behöver åtgärdas/kompletteras.
Vet ej	Frågan går ej att bedöma utifrån tillgänglig information.

Värt att notera är vissa frågor kan helt eller delvis stå i konflikt med varandra varför en ”grön” bedömning inte alltid går att uppnås på samtliga frågor inom ett

diagram. En avvägning måste i vissa fall genomföras då två eller flera alternativ jämförs mot varandra.

Checklistorna ger även utrymme för kommentarer i de fall granskaren behöver utveckla eller komplettera sin bedömning. I de fall då bedömningen ”Vet ej” har används på en fråga bör det i till exempel i kommentarsfältet kommenteras varför detta val gjorts.

Som stöd för de frågor granskaren ska besvara finns till de flesta frågor en kort text som förtydligar frågans innebörd.

Innan granskningen genomförs är det viktigt att *syfte och mål* med modellen är identifierat. Även *målgrupp* och det forum som modellen är tänkt att förstås i är viktigt att ha som utgångspunkt då frågorna besvaras. För att underlätta granskningen bör även den *dokumentation* som finns tillgänglig för modellen ha inhämtats och finnas tillgänglig under granskningen.

Checklista modell

# [RL ²]	Fråga	N/A	Grön	Gul	Röd	Vet ej	Kommentar
1 [27]	Finns det tillräckligt med stöd för att ge läsaren överblick av modellen? (Till exempel genom ett sammanfattande diagram eller diagram på högre abstraktionsnivå.)						
2 [31]	Finns det hänvisningar till dokumentation med kompletterande information? (Finns det en tydlig koppling mellan diagram och dokumentation?)						
3 [4-5]	Förklaras betydelsen hos symboler som används i modellen? (Genom till exempel text eller symbolförteckning?)						
4 [4]	Har varje symbol en unik betydelse? (Representerar varje symbol enbart en sak/begrepp genomgående i modellen?)						
5 [5]	Representeras ett begrepp med en, och endast en, symbol? (Undviks t.ex. att samma begrepp representeras av flera olika symboler i olika diagram?)						
6 [6]	Går det att särskilja symbolerna som används i modellen? (Undviks allt för lika symboler för begrepp som inte betyder samma sak?)						
7 [26]	Är modelleringen tillräckligt konsekvent genomförd? (Exempelvis genom namngivning, grammatisk stil, symbolstil och färgkodning.)						
8	Är modellens syfte förklarad?						
9	Är modellens målgrupp preciserad?						

² Siffran inom hakparenteserna i tabellen hänvisar till den riktlinje (RL) i rapporten ”Att skapa kognitivt effektiva modeller och diagram” (FOI-R--3497--SE) som frågan kan härledas till.

Checklista diagram

Navigering

# [RL]	Fråga	N/A	Grön	Gul	Röd	Vet ej	Kommentar
10	Om det finns underliggande diagram, framgår det tillräckligt tydligt? (Exempelvis genom symbol eller text)						
11 [28,29]	Finns det tillräckligt stöd för att se relationer till andra diagram? (Exempelvis genom användande av numrering, namngivning, navigeringsstöd.)						

Layout

# [RL]	Fråga	N/A	Grön	Gul	Röd	Vet ej	Kommentar
12 [16]	Är diagrammets element justerade i relation till varandra? (Är elementen placerade i rätta linjer och vinklar för att stödja läsning?)						
13 [17, 18,25, 21,10]	Är relationer mellan element förståeliga? (Framgår det om olika element har en relation och i så fall hur den är beskaffad?)						
14 [17]	Är relationslinjer tydligt utformade? (Undviks relationslinjer med många vinklar, onödiga och onödigt långa samt korsande relationslinjer?)						
15 [18,25]	Är element grupperade för att förtydliga relationer? (Exempelvis genom placering, färg eller inramning.)						
16 [21]	Är riktningen på flöden antingen vänster till höger och/eller uppifrån och ner? (Till exempel genom att sekventiella händelser placeras från vänster till höger eller hierarkiska strukturer uppifrån och ner.)						

# [RL]	Fråga	N/A	Grön	Gul	Röd	Vet ej	Kommentar
17 [10]	<p>Är förklarande texter i diagrammet lämpligt placerade i relation till det som förklaras?</p> <p>(Till exempel i nära anslutning till det som förklaras, dock utan att skymma andra element.)</p>						

Kommentarer och text

# [RL]	Fråga	N/A	Grön	Gul	Röd	Vet ej	Kommentar
18 [11]	Har diagrammet ett tillräckligt beskrivande namn?						
19	<p>Finns det tillräckligt med information för att förstå diagrammet?</p> <p>(Exempelvis genom förklarande text om det behövs.)</p>						
20 [10,12]	<p>Är text (inkl. namngivning) som används i diagrammet tydlig?</p> <p>(Är texten kortfattad, relevant och tillräckligt informativ för att förstås?)</p>						

Komplexitet

# [RL]	Fråga	N/A	Grön	Gul	Röd	Vet ej	Kommentar
21 [22]	<p>Består diagrammet av ett rimligt antal element?</p> <p>(Innehåller diagrammet lagom många, varken för få eller för många, element för att budskapet ska kunna förstås?)</p>						
22 [23]	<p>Består diagrammet av ett rimligt antal olika typer av symboler?</p> <p>(Innehåller diagrammet lagom många, varken för få eller för många, olika symboler för att budskapet ska kunna förstås?)</p>						
23 [15]	<p>Har överflödiga information undvikits?</p> <p>(Exempelvis information eller element som inte bidrar till förståelse av diagrammet.)</p>						

# [RL]	Fråga	N/A	Grön	Gul	Röd	Vet ej	Kommentar
24 [14]	Om det framgår att något element i diagrammet är av särskild betydelse, tydliggörs då det? (Exempelvis genom placering, färg eller storlek.)						

Symboler och element

# [RL]	Fråga	N/A	Grön	Gul	Röd	Vet ej	Kommentar
25 [8]	Används symboler som är kända för målgruppen?						
26 [2,4,5]	Förklaras betydelsen hos symboler och andra informationsbärande element som används i diagrammet? (Exempelvis genom text, symbolförteckning eller förklaring av ex användande av färger etc.?)						
27 [9]	Är symbolerna läsbara? (Har de, inkl. text, lämplig storlek, färg och kontrast/återgivning?)						
28 [4]	Har varje symbol en unik betydelse? (Representerar varje symbol enbart en sak/ett begrepp och har varje sak/begrepp enbart en symbol?)						
29 [6,7]	Är symbolerna utformade så att risken för missförstånd är låg? (Undviks allt för lika symboler för olika begrepp och för att undvika att de kan misstas för något annat än det de representerar?)						

Övrigt

# [RL]	Fråga	N/A	Grön	Gul	Röd	Vet ej	Kommentar
30 [26]	Är diagrammet konsekvent modellerat? (Exempelvis genom konsekvent namngivning, grammatisk stil, symbolstil och färgkodning?)						

Övriga kommentarer: _____