

**Visuell presentation, mentala modeller och  
operatörsgränssnitt  
(HS-IDA-EA-97-510)**

**Zayera Khan (a94zaykh@ida.his.se)**  
*Institutionen för datavetenskap  
Högskolan i Skövde, Box 408  
S-54128 Skövde, SWEDEN*

Examensarbete på det kognitionsvetenskapliga programmet under  
vårterminen 1997.

Handledare: Paul Hemeren

**Visuell presentation, mentala modeller och operatörsgränssnitt**

Examensrapport inlämnad av Zayera Khan till Högskolan i Skövde, för Kandidatexamen (BSc) vid Institutionen för Datavetenskap.

**970720**

Härmed intygas att allt material i denna rapport, vilket inte är mitt eget, har blivit tydligt identifierat och att inget material är inkluderat som tidigare använts för erhållande av annan examen.

Signerat: \_\_\_\_\_

## **Visuell presentation, mentala modeller och operatörsgränssnitt**

**Zayera Khan (a94zaykh@ida.his.se)**

**Key words:** Mentala modeller, operatörsgränssnitt, kärnkraftverk

### **Abstract**

Detta examensarbete behandlar operatörsgränssnitt som har konstruerats av ingenjörer på ABB Atom. De operatörer som skall arbeta med dessa operatörsgränssnitt har intervjuats i en undersökning för att undersöka den visuella presentationen genom bildelement, färg och text. Mentala modeller har studerats för att avgöra hur väl konstruerade operatörsgränssnitten är. Resultaten visar att undersökandet av mentala modeller är ett utmärkt verktyg för att undersöka och ta reda på hur man kan förbättra operatörsgränssnitten.

# Innehållsförteckning

<b>Förord</b> .....	<b>1</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>2</b>
<b>1 Inledning</b> .....	<b>3</b>
1.1 Operatörsgränssnitt hos ABB Atom.....	3
1.2 Teori och praktik .....	4
1.3 Syfte.....	4
1.3.1 Hypoteser.....	5
1.3.2 Mentala modeller.....	9
<b>2 Teoretisk bakgrund</b> .....	<b>10</b>
2.1 Artiklar .....	10
2.2 Brehmer .....	11
<b>3 Två personkategorier - 1 verktyg</b> .....	<b>13</b>
3.1 Konstruktörens arbete med operatörsgränssnitten.....	13
3.2. Operatörens arbete i kontrollrummet.....	14
3.2.1 Operatörens arbete med operatörsgränssnittet.....	14
3.2.2 Bildelement, färg och text i operatörsgränssnitten .....	14
<b>4 Metoder</b> .....	<b>15</b>
4.1 Kvalitativ undersökningsmetodik.....	15
4.2 Intervjustudie.....	16
4.2.1 Den visuella presentationen.....	16
4.2.2 Mentala modeller .....	17
4.3 Direktobservation .....	17
4.4 Tänka-högt-metod .....	18
<b>5 Genomförandet</b> .....	<b>19</b>
5.1 Intervjuer med konstruktörer.....	20
5.1.1 Utförande för fyra konstruktörer.....	20
5.1.2 Utförandet för tre ‘konstruktörer’ .....	21
5.2 Intervjuer med operatörer .....	21
5.2.1 Utförandet av första fasen.....	22
5.2.2 Utförandet av andra fasen.....	22
5.3 Direktobservation och tänka-högt-metoden .....	23
5.3.1 Direktobservation.....	23

5.3.2 Tänka-högt-metoden.....	24
5.4 Relevans av insamlat material.....	24
<b>6 Resultat och diskussion.....</b>	<b>25</b>
6.1 Resultat ur undersökningar.....	28
6.1.1 Konstruktörsintervjuer.....	29
6.1.2 Operatörsundersökning.....	30
6.2 Implikation av resultaten.....	31
6.3 Metoddiskussion.....	32
6.4 Resultatdiskussion.....	33
6.4.1 Reliabilitet.....	33
6.4.2 Ekologisk validitet.....	33
6.4.3 Generalitet.....	33
<b>7 Slutsatser.....</b>	<b>34</b>
7.1 Kognitionsvetenskaplig relevans.....	34
7.2 Riktlinjer för operatörsgränssnittsdesign.....	35
<b>8 Avslutning.....</b>	<b>36</b>
8.1 Fortsatt arbete.....	36
8.2 Framtiden för operatörsgränssnitt.....	36
<b>Referenser.....</b>	<b>37</b>
Bilaga 1: Beskrivning av ett kontrollrum och operatörsarbete	
Bilaga 2: Mentala modeller A, B, C, D.	
Bilaga 3: Hardcopies från system 532 och 332	
Bilaga 4: Konstruktörsfrågor	
Bilaga 5: Operatörsfrågor	
Bilaga 6: Fakta om de intervjuade	
Bilaga 7: Instruktionsmall för problemhantering	
Bilaga 8: Fyra faser-sammanställning av operatörssvaren	

## Förord

Detta examensarbete är ett 20-poängsarbete som har utförts under vårterminen 1997 på det kognitionsvetenskapliga programmet vid Högskolan i Skövde. Denna rapport har blivit möjlig tack vare ABB Atom i Västerås och de resurser som genom dem har utgjort underlag för detta arbete nämligen operatörsgränssnitten samt de personer som har medverkat i olika projekt angående operatörsgränssnitten.

Jag vill rikta ett tack till min handledare på ABB Atom, Jesper Olausson som har varit ett bollplank och väglett mig i detta arbete. Naturligtvis vill jag rikta ett tack till samtliga intervjuade personer på ABB Atom och till alla som har hjälpt mig i diverse ärenden.

Jag vill rikta ett tack till Ringhals 1 för deras samarbete och samtliga intervjuade personer där, speciellt Gunnar Englund som fick 'jaga' intervjuoffer åt min undersökning.

Jag vill även rikta ett tack till KärnkraftSäkerhet och Utbildning(KSU) och de skiftlagen från Forsmark som blev drabbade av min närvaro i Studsvik.

På högskolan vill jag rikta ett tack till min handledare Paul Hemeren för vägledning och guidning i arbetsprocessen under denna termin.

Sist men inte minst tackar jag alla människor som har inspirerat mig och varit närvarande under denna tidsperiod, både i realtid och 'chattid'. *"The Sun is shining"*

TACK !!

Skövde 20 Juli 1997

Zayera Khan

## Sammanfattning

Denna rapport behandlar operatörsgränssnitt i en specifik kontext, nämligen i kontrollrummet på ett kärnkraftverk. Arbetet utgår från två operatörsgränssnitt som har konstruerats av ingenjörer på ABB Atom. Dessa skall installeras i kontrollrummen på två kärnkraftverk och användas av främst reaktor- och turbinoperatörer i ett skiftlag<sup>1</sup>. Målet för undersökningen har varit att utvärdera och analysera operatörsgränssnitten samt finna generella rekommendationer för hur man bör utforma ett operatörsgränssnitt i denna kontext. Detta har utförts genom att undersöka tre aspekter:

- Operatörsgränssnitten i sig, där specifikt färg, bildelement och text i dem har undersökts. Färg, bildelement och text utgör den visuella presentationen här.
- Konstruktörer—hur de har designat operatörsgränssnitten och vilka riktlinjer de har följt angående färg, bildelement och text.
- Operatörer—hur de arbetar i ett kontrollrum och hur de skall sköta sitt arbete genom ett operatörsgränssnitt.

Det tillvägagångssätt som jag har tillämpat för att analysera operatörsgränssnitten har varit att undersöka operatörens mentala modeller som inverkar i arbetet med operatörsgränssnitten. Den visuella presentationens inverkan genom bildelement, färg och text samt relationen till mentala modeller som återspeglas och används i operatörers arbete med operatörsgränssnittet har undersökts.

Undersökningen har utförts genom intervjuer med konstruktörer och operatörer. De resultat som jag har funnit underlag för genom denna undersökning är att de nya mentala modeller som uppkommer då operatören arbetar med operatörsgränssnitt anpassas till de redan existerande(gamla) mentala modeller som operatören har, vilka utnyttjas i operatörens övriga arbete, det vill säga operatörens arbete i kontrollrummet. De redan existerande(gamla) mentala modeller som används av operatörer i deras arbete skaffas genom erfarenhet och många års träning i anläggningen. För att uppnå ett optimalt operatörsgränssnitt som stödjer operatörer i deras arbete måste man ta hänsyn till deras mentala modeller som de använder dagligen i sitt arbete. Detta innefattar både de 'gamla' mentala modeller och de nya mentala modeller som uppkommer hos operatören. Hur väl utformad ett operatörsgränssnitt är avspeglas i hur väl operatörsgränssnittet stödjer operatörer i deras arbete och reflekterar de mentala modeller som används i arbetet. Detta kriterium för att utvärdera ett operatörsgränssnitt har jag utformat och följt i detta arbete. Detta inverkar i hur färg, bildelement och text måste presenteras i operatörsgränssnitten, det vill säga den visuella presentationen i operatörsgränssnitten. Enligt detta kriterium visade sig de undersökta operatörsgränssnitten vara bristande på flera punkter. Jag hoppas genom detta arbete kunna ge förslag på hur man skulle kunna förbättra operatörsgränssnitten samt vilka faktorer som man måste beakta i detta sammanhang.

---

<sup>1</sup> Skiftlag-ett skiftlag består av skiftingenjör, reaktoroperatör, turbinoperatör, eloperatör och stationstekniker. Dessa arbetar på ett pass som är ca åtta timmar långt.

# 1 Inledning

Detta examensarbete har utförts i samarbete med ABB Atom, för att undersöka, analysera och utvärdera operatörsgränssnitt som har utformats av dem. Det finns två utgångspunkter att beakta i detta, den ena är konstruktörer, det vill säga ingenjörer som har utformat dessa operatörsgränssnitt. Den andra är dess användare, det vill säga operatörer som skall använda operatörsgränssnittet i sitt vardagliga arbete i kontrollrummet på ett kärnkraftverk. Med hänsyn till dessa två synvinklar har jag utformat en undersökning för att finna svar på mina frågor och ett sätt att analysera och utvärdera operatörsgränssnitten.

## 1.1 Operatörsgränssnitt hos ABB Atom

Kärnkraftverksindustrin är en konservativ bransch, speciellt konservativ har den varit vad gäller datoriseringen av kärnkraftverken. Datoriseringen är en långsam process i denna industri men eftersom alla delar av dagens industrisamhälle är mer eller mindre datoriserade så har även kärnkraftsindustrin tagit ett steg i denna riktning. I ett kärnkraftverk är kontrollrummet hjärtat i all verksamhet. I kontrollrummet, som är bemannad dygnet runt, finns ett arbetslag så kallat *skifflag*, som övervakar och kontrollerar viktiga processer i ett kärnkraftverk. Här finns främst operatörer som övervakar processer i anläggningen, utför manöveråtgärder i specifika situationer, agerar för att åtgärda oförutsedda händelser och driver ett kärnkraftverk i både normal och onormal drift. ABB Atom har stått för datoriseringen av några svenska kärnkraftverk och i detta fall specifikt för två system som skall installeras i kontrollrummet och för utformandet av deras operatörsgränssnitt. Dessa operatörsgränssnitt arbetar i en datorsystemmiljö med operatörssystemet Nuclear Advantage. Operatörssystemet installeras i Advant operatörsstationer och på dessa operatörsstationer som har 20/21 tums bildskärmar visas operatörsgränssnittet. De operatörsgränssnitt som används som underlag för undersökningen är två system som kallas 532 och 332, vilka har utvecklats i Nuclear Advantagemiljön. Dessa operatörsgränssnitt har utformats av ingenjörer men det finns ingen specifik yrkeskategori som endast utformar operatörsgränssnitt.

Datoriseringen innebär ett paradigmskifte för operatören, därför att operatören har hittills arbetat utifrån kontrolltavlor, pulpeter och annan konventionell utrustning som finns i ett kontrollrum. I framtiden kommer operatören att arbeta och sköta specifika arbetsuppgifter genom ett operatörsgränssnitt istället. Naturligtvis finns en övergångsperiod då bägge sätten får samsas i kontrollrummet. Den konventionella utrustningen(KU) skiljer sig åt från operatörsgränssnittet(OG) på ett antal punkter:

1. I KU visas instrument som signallampor, visarinstrument, reläer, flaggor, MK-ställare<sup>2</sup> samt tryckknappar med direktiv. Mätarna representerar fysiska objekt, det vill säga direkta mätpunkter som visar analog information på exempelvis en pump eller en ventil. Dessa är sammankopplade med varandra och visar hur processflödet flyter genom de olika systemen i anläggningen. Knapparna är start- och stoppknappar för åtgärder och direktiv till systemen. Relä och flaggor visar tillstånd i systemet. KU har 'fixed location' det vill säga en given spatial plats där främst mönsterigenkänning är ett väldigt effektivt verktyg som används av operatörer. I KU har operatörer allting framför sig, de skaffar sig en översiktsbild och

---

<sup>2</sup> Se bilaga 1 för mer information om den konventionella utrustningen och arbetsprocessen i kontrollrummet.



- information om processens status genom att 'kasta ett öga' på KU och genom detta bearbetas den visuella informationen automatiskt.
2. I OG representeras utvalda fysiska objekt som symboler och processflödet genom systemet följer flödesscheman i anläggningen. Dessa symboler påkallar uppmärksamhet genom färg, form och beteende. Det finns även mätpunkter som visar digital information som exempelvis hur trycket är i en pump. En viss del av processinformationen visas genom staplar och trendkurvor som innehar oftast både analog och digital information. I OG tas bilder fram sekventiellt eller överlappande med hjälp av fönsterteknik. Skärmbilder presenteras ofta på två skärmar som finns bredvid varandra. Här är operatörer tvungna att behålla viktig och relevant information i korttidsminnet för att kunna göra jämförelser med andra bilder i OG. Översikt bilderna är svårare att överblicka här då dessa har en tendens att antingen vara bristande eller vara väldigt kompakta som innebär att det är svårt att extrahera nödvändig information ifrån dessa bilder.
  3. Skillnaden emellan KU och OG kan exemplifieras så här, operatören säger att en ventil i KU visar information genom att visaren står i läget 'klockan 7(min), klockan 12(mitten) eller klockan 5(max)'. I OG visas tillståndet genom att ventilen ändrar färg från grön till röd, likaså ändras mätvärdet över ventilen med färg och blinksignal tillämpas också.

## 1.2 Teori och praktik

De teoretiska och kognitionsvetenskapliga aspekter av detta arbete består i att jag vill genom denna undersökning finna relationen mellan den visuella presentationen och mentala modeller över de kunskapsprocesser som används av operatörer i deras arbete med ett operatörsgränssnitt. I ett större sammanhang innebär detta att undersöka hur människor hanterar och relaterar information som representeras genom ett gränssnitt. Den visuella informationen utgör underlaget som människor gör en tolkning ifrån, finner en betydelse i eller skapar en betydelse från det de varseblir. Den visuella informationen innehåller byggstenar för kunskapen som utgör modeller för hur man kan hanterat objekt i verkligheten. Den visuella presentationen i detta fall utgör konkret representationen i operatörsgränssnittet av objekt i anläggningen samt en abstrakt representation av händelser och processer i ett kärnkraftverk. Det jag vill undersöka specifikt är relationen mellan den visuella presentationen och mentala modeller över de kunskapsprocesser som används av operatörer. Det mest intressanta begreppet i detta sammanhang är mentala modeller som diskuteras i kapitel 2.

Van der Schaaf (1989, s.265) säger att ett 'interface mismatch' uppkommer då "the mental models of the operator task as held by the designer differs too much from that of the user, that is the operator." Ett annat citat är från Brehmer (1989, s.7) som säger följande angående mentala modeller: "I olika sammanhang har det visat sig att mentala modeller har starka visuella inslag och att de har sin grund i varseblivningsprocesser snarare än i verbalt tänkande." Dessa citat används som antaganden i studien, vilka skall bekräftas av undersökningen och förklaras i resultatdelen.

## 1.3 Syfte

Mitt syfte för detta arbete har varit att kunna analysera och utvärdera operatörsgränssnitt genom att undersöka om mentala modeller hos operatörer har getts någon betydelse i utformandet av operatörsgränssnitten. De kognitionsvetenskapliga

aspekter som jag vill undersöka är mentala modeller hos operatörer i operatörsgränssnittskontext, och hur utformningen eller den visuella presentation av objekt eller annan information påverkar dessa. Med mentala modeller menar jag enligt Johnson-Laird (Lundh, 1992, s.70) “ett slags analog representationer som bevarar strukturen hos den situation som de är en modell av”<sup>3</sup>. I denna kontext vill jag diskutera de betydelser som anges av Brehmer<sup>4</sup> angående mentala modeller hos operatörer. Jag vill undersöka huruvida dessa mentala modeller gäller i arbetet med operatörsgränssnitt och dess kontext. Jag begränsar undersökningen och analysen av operatörsgränssnitten till bildelement, text och färg i operatörsgränssnitten.

### 1.3.1 Hypoteser

Utifrån mitt syfte har jag format två hypoteser och två förslag som gäller för undersökningen. Dessa hypoteser kompletteras med de två förslag som skall påvisa relationen mellan den visuella presentationen och de mentala modeller över kunskapsprocesser som används av operatörer i operatörsgränssnittskontext. Följande hypoteserna sätts mot varandra och jag vill undersöka vilken av dessa som gäller:

1. Operatörsgränssnittet bör utformas utifrån specifika guidelines(kognitiva) som utgör ett grundlag för designen men behöver kompletteras av operatörers aktiva medverkan för att få bekräftan på rätt utformning och funktionalitet i systemet. Dessutom måste man ta hänsyn till mentala modeller som ligger till grund för kunskap hos operatörer. Genom att undersöka mentala modeller hos operatörer kan man utforma bättre operatörsgränssnitt.
2. Operatörsgränssnittet kan utformas såsom det har gjorts hittills, det vill säga med hjälp av standards och normer, samt ‘privata regler’, det vill säga privat standard som används av konstruktörer. Underlaget utgörs av en kravspecifikation, funktionsbeskrivning från kunden. Operatörer medverkar till en viss begränsad del i denna process. *I denna process saknas det en specifik metod eller tydlig fas där konstruktörer samarbetar med operatörer och tar reda på det som behövs.*

De kunskapsprocesser som omtalas är tanke- och perceptionsprocesser som används i kunskapsuppbyggnad. Med den visuella presentationen menas representationen av objekt i anläggningen som visas i operatörsgränssnittet samt en överordnande representation av händelser och processer i de olika system som finns i anläggningen. För att veta hur förhållandet mellan de ovan beskrivna hypoteser och operatörens arbete med operatörsgränssnitt har jag utformat två förslag. Relationen mellan den visuella presentationen och mentala modeller kan tänkas vara som presenteras i dessa förslag.

#### ***Förslag A***

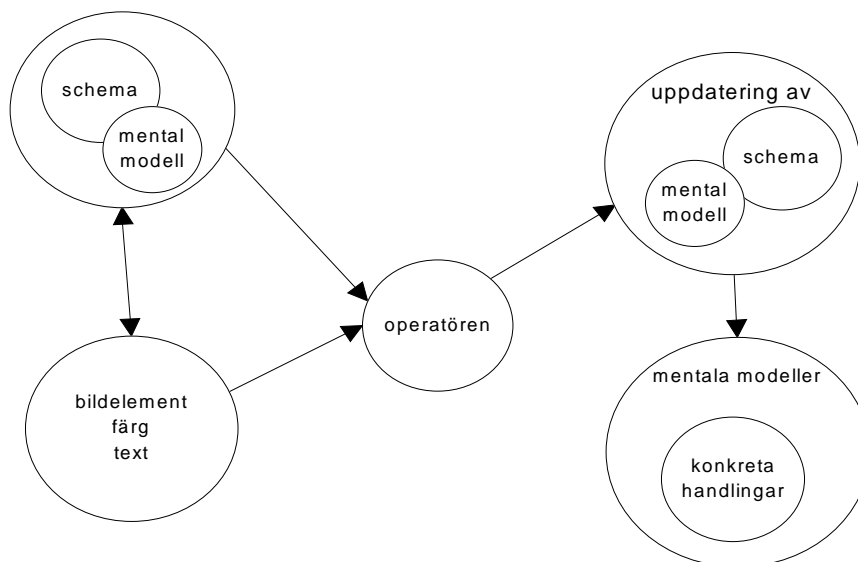
Detta förslag utgår ifrån att det existerar handlingsscheman och mentala modeller över arbetsprocessen som operatören använder sig av i sitt arbete. När operatören kommer i kontakt med bildelement, färg och text genom operatörsgränssnitt krävs en uppdatering av dessa handlingsscheman och mentala modeller. Detta resulterar i modifierad handlingsscheman som baseras på mentala modeller, där konkreta arbetsuppgifter på operatörsgränssnitt utförs med hjälp av mentala modeller. Det är så att de existerande(gamla) mentala modeller används för att hjälpa operatören i sitt

---

<sup>3</sup> Ur Kognitiv Psykologi, s.70 (se ref)

<sup>4</sup> Brehmers artikel Processoperatörernas arbete i moderna kontrollrum (se ref)

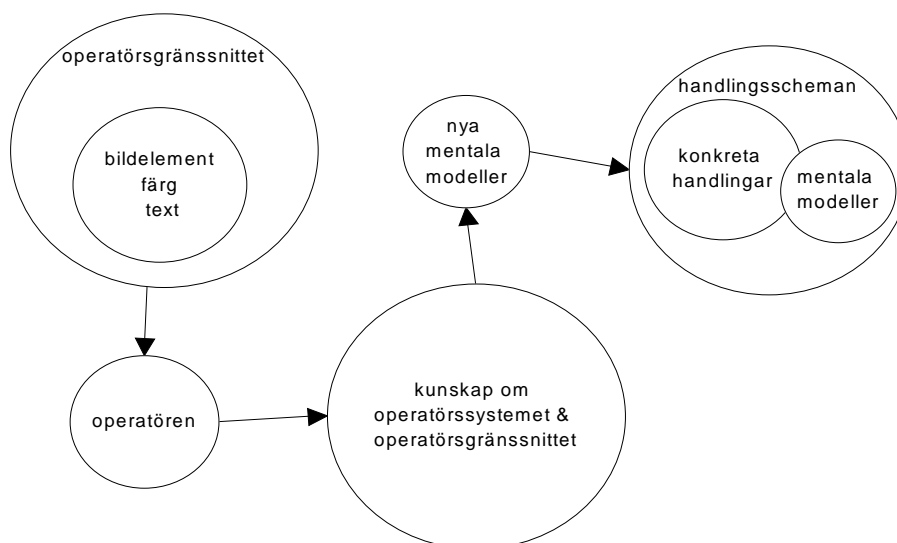
arbete med operatörsgränssnitt. De nya mentala modeller som uppkommer hos operatören är modifierad efter de 'gamla' mentala modellerna, det vill säga grunden för de nya mentala modeller finns i de gamla mentala modeller. Detta förslag illustreras här i figur 1.



Figur 1. Skiss över förslag A

### Förslag B

Detta förslag utgår ifrån att när operatören kommer i kontakt med bildelement, färg och text ger dessa operatören kunskap om operatörssystemet(OS) och operatörsgränssnitt, vilket i sin tur ger upphov till helt nya mentala modeller. Detta resulterar i handlingsscheman och mentala modeller över hur konkreta arbetsuppgifter på operatörsgränssnitt skall utföras. Genom dessa skapar sig operatörer en förståelse för arbetsprocessen som tillämpas i deras fortsatta arbete med operatörsgränssnitten. Detta förslag illustreras här i figur 2.



Figur 2. Skiss över förslag B

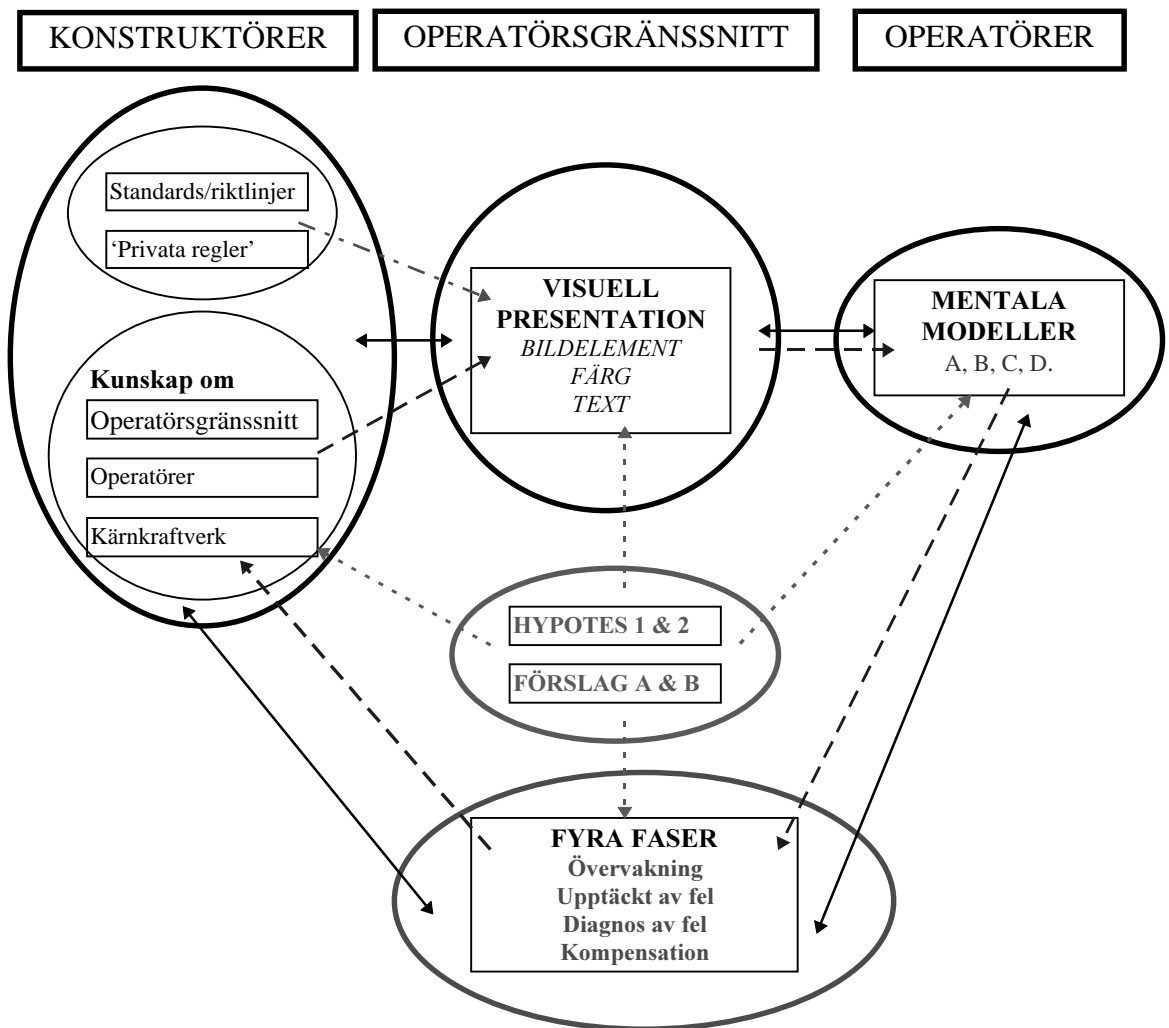
Skillnaden mellan förslag A och B är att i B uppkommer mentala modeller hos operatören som är *helt nya*, det vill säga de är baserade på kunskaper hos operatörer från operatörsgränssnittet. Denna kunskap fås i mötet med, det vill säga genom arbetet med operatörsgränssnittet. Dessa mentala modeller i B har ingen grund i operatörens tidigare kunskaper. Operatörer är tvungna att skapa *helt nya* mentala modeller då operatörsgränssnittet är så pass svåra eller dåligt anpassade till operatörer för att de skall kunna arbeta med ett nytt operatörsgränssnitt.

För att enklare förklara vad jag menar har jag gjort en skiss över hur de olika komponenter och faktorer i undersökningen samverkar och påverkar varandra (se figur 3). Mina förningar är att hypotes 1 och förslag A ger bättre operatörsgränssnitt och underlättar konstruktörens arbete vid skapandet av operatörsgränssnitt. För operatörer innebär detta att de kan utnyttja sin kunskap och enklare utföra sitt arbete genom operatörsgränssnittet. Medan hypotes 2 och förslag B innebär att man kan fortsätta utforma operatörsgränssnitt som de har gjorts hittills och att de *helt nya* mentala modeller över operatörsgränssnittet som operatörer skaffar sig, vilka saknar kontext och erfarenhet som operatören har sedan tidigare, kan fungera i deras arbete med operatörsgränssnittet. Vad jag gör helt enkelt är att jag sätter hypotes 1 och förslag A mot hypotes 2 och förslag B. Vilket antagande som gäller skall bekräftas genom undersökningen.

Undersökningen går ut på att undersöka i vilken utsträckning den visuella presentationen, det vill säga det nya operatörsgränssnittet fångar upp operatörernas mentala modeller i deras arbete inom kärnkraftindustrin med hänsyn till de fyra olika faser som deras arbete kan delas upp i. De fyra faserna är övervakning, upptäckt av fel, diagnos av fel och kompensation (se 2.2 för utförligare beskrivning). Det nya operatörsgränssnittet är utformat enligt fyra olika sorters kunskap hos konstruktörer. Den första kunskapen innehåller kunskap om standards/riktlinjer och 'privata regler' som används av konstruktörer då de skall utforma operatörsgränssnitt. Den andra kunskapen är kunskap över operatörsgränssnittet. Den tredje är kunskap om operatörer och hur de arbetar. Den fjärde är kunskap om ett kärnkraftverk och hur operatörer arbetar i dess kontext. De hypoteser jag har angående konstruktörens arbete är att hypotes 1 leder till bättre operatörsgränssnitt och att konstruktörer har i nuläget bristande kunskaper. Vilka kunskaperna (enligt ovan) hos konstruktörer som är bristande kommer att visa sig genom undersökningen och genom mina hypoteser och förslag. Hos operatörer undersöks hur den visuella presentationen påverkar mentala modeller i sammanhanget av de fyra faserna. Jag använder mig av tre olika metoder, intervjumetoden, direktobservation och tänka-högt-metoden, men främst i intervjumetoden (se 4.2) tillämpas ett antal konkreta frågor som är uppdelade enligt de fyra faserna. Operatörernas svar på dessa frågor ger mig en bild över hur deras mentala modeller kan vara utifrån Brehmers teorier (se 1.3.2 & 2.2) och hur de har påverkats av det nya operatörsgränssnittet, det vill säga den visuella presentationen med hänsyn till tre element: bildelement, färg och text. Dessutom hoppas jag kunna klargöra relationen emellan den visuella presentationen och mentala modeller i undersökningen.

Genom figur 3 vill jag illustrera hur de olika faktorer och komponenter i undersökningen påverkar varandra. Det finns tre aspekter i undersökningen, nämligen konstruktörer, operatörer och operatörsgränssnitt. Hos konstruktörer skall det undersökas vilken kunskap (se ovan) som påverkar eller är kritisk och bristande som

påverkar den visuella presentationen i operatörsgränssnitten genom bildelement, färg och text. Den visuella presentationen påverkar i sin tur operatörens mentala modeller och en fråga som skall besvaras i undersökningen är hur relationen är mellan just specifikt den visuella presentationen och mentala modeller. Övergripande indelas operatörens arbete i fyra faser, dessa fyra faser har utformat hela undersökningen genom att frågorna som har ställts till både konstruktörer och operatörer har indelats enligt dessa fyra faser. Metoden som jag har tillämpat för min undersökning har följt dessa fyra faser och har utgjort en mall för att utforma frågor och analysera data som har erhållits. Den visuella presentationen, det vill säga operatörsgränssnittet har också indelats enligt de fyra faserna. De olika komponenterna, teorin, metoder och resultat redovisas i varsitt kapitel i denna rapport.



Figur 3. Skiss över hur de olika komponenter påverkar varandra i undersökningen.

- ←—————→ Den heldragna linjen visar relationen mellan de olika komponenterna
- .....▶ Denna linje visar hur hypoteserna & förslagen inverkar
- ▶ Denna linje visar hypotes 2
- ▶ Denna linje visar hypotes 1

I undersökningen såsom beskrivit i figur 3 avspeglas de fyra faserna genom att frågor ställs till operatörer och konstruktörer angående de fyra olika faserna. Hos operatörer är det viktigt att se om operatörers svar kan kopplas till A, B; C; D, det vill säga att dessa mentala modeller existerar och agerar hos operatörer men de tas inte upp specifikt eller i detalj i mitt arbete. Hos konstruktörer är det viktigt att se vilken kunskap som är avgörande eller bristande som påverkar operatörsgränssnittet. Dessa mentala modeller behandlas i följande avsnitt.

### 1.3.2 Mentala modeller

Mentala modeller är ett begrepp som i detta sammanhang utgår från Brehmer och de betydelser som jag finner kan vara intressanta redovisas här, för att ta reda på i vilken utsträckning de gäller för operatörer i deras arbete med operatörsgränssnittet samt i kontexten av ett kontrollrum och kärnkraftverk. Dessa är främst antaganden jag gör för att tangera och ta reda på om mentala modeller existerar och hur de möjligen kan fungera hos operatörer. Jag skall inte ta reda på hur dessa mentala modeller är specifikt eller i detalj, utan endast att deras möjliga betydelser som anges här existerar hos operatörer i någon form och påverkas av den visuella presentationen i operatörsgränssnittet.

Enligt Brehmer består operatörens mentala modell av aspekter som gäller specifikt för det arbete som operatören utför och för att lösa de problem som operatören bemöter. Det diskuteras fyra möjliga betydelser av mental modell i denna artikel och dessa beskrivs i egentolkad och modifierad form här:

- A. *Mental modell* kan vara den kunskap som operatören har i långtidsminnet
- B. *Mental modell* kan vara den kunskap som betecknar den aktuella bilden utav systemets tillstånd i korttidsminnet
- C. *Mental modell* kan vara den kunskap som operatören utnyttjar i sina försök att styra ett dynamiskt system
- D. *Mental modell* kan bestå av en modell för normal process samt en modell för onormal process och detta tillsammans ger en adekvat helhetsbild<sup>5</sup>

Dessa möjliga betydelser skall jag undersöka genom att tillämpa dem i fyra faser som ett operatörsarbete kan indelas i, vilket tas upp i 2.2. Dessa faser är angivna av Brehmer i samma artikel. Genom undersökningen hoppas jag kunna finna om de fyra ovan beskrivna betydelser av begreppet *mental modell* gäller för operatörer i ett kärnkraftverk och specifikt i deras arbete med operatörsgränssnittet. Brehmer (1993, s.136) säger att "Studiet av operatörers mentala modeller måste därför begränsas till hur de löser specifika någorlunda definierade problem" och detta använder jag för att undersöka mina frågeställningar. Genom att undersöka hur specifika problem löses av operatörer med hjälp av operatörsgränssnittet och för att underlätta detta arbete gör jag en kategorisering av händelser i normal-, varning- och larmtillstånd enligt de fyra faserna. Operatörsgränssnittet visar olika tillstånd och händelser i anläggningen med hjälp av bildelement, färg och text, vilket ger operatörer information om processer och tillstånd i kärnkraftverket. Detta utgör den visuella informationen från vilken operatörer utvinner kunskap och information om anläggningen som de använder i sitt arbete för att lösa olika arbetsuppgifter, situationer och problem.

---

<sup>5</sup> Se bilaga 2 för en skiss över mentala modeller

## 2 Teoretisk bakgrund

Den teoretiska bakgrunden i detta arbete har utgjorts av både akademisk litteratur och facklitteratur. Den akademiska litteraturen har jag använt för att utforma min undersökning och få en bakgrund till detta arbete. Facklitteraturen har främst behandlat operatörsgränssnitten och dess kontext, dessa har funnits främst i dokument från ABB Atom och myndigheter som har angett normer och riktlinjer.

De teorier som har influerat mitt arbete samt vilka jag har funnit en användning för i min undersökning kommer från Berndt Brehmer i hans arbete och hans teorier om operatörer av olika slag. I artikeln ”Processoperatörernas arbete i moderna kontrollrum” (Brehmer 1993) diskuterar Brehmer processoperatörers arbete och diskuterar bland annat mental modeller som operatörer innehar och använder i sitt arbete. Mentala modeller skall jag försöka diskutera och tangera i min undersökning vad gäller operatörens arbete med operatörsgränssnittet och detta behandlas i 2.2 men har även tagits upp i 1.3.2.

### 2.1 Artiklar

I följande artiklar har jag funnit intressanta aspekter som berör tidigare forskning i området, vilka jag kan använda i min undersökning på något sätt. Dessa används främst som inspiration och har gett mig synpunkter på vad som kan vara intressant att undersöka och hur man skulle kunna göra detta.

***”Providing Decision Support in Westinghouse Nuclear Power Plant Man-Machine Interface Systems” (Carrera, Easter & Watson, 1991)*** - I denna artikel används Rasmussens ‘Operators Decision-Making Model’ uppsom har modifierats av Woods. Övervakning, planering, kontroll och feedback är fyra huvud aktiviteter från vilka en designer kan ställa frågor för att samla data, material och undersöka hur den skall presenteras för att understödja beslutsfattande modeller.

I min undersökning är övervakning och kontroll två huvuduppgifter i operatörens arbete. Jag har utifrån artikeln fått uppslag på hur undersökning skulle kunna utformas och utföras, samt har haft nytta av artikeln för att utforma de frågor som jag har ställt till operatörer och konstruktörer.

***”Dealing with the dilemma of disparate mental models” (Garland, 1993)*** - I denna artikel sägs att operatörens mentala modell över ett kärnkraftverk är bättre än teknikerns/ingenjörens. Rasmussen tas upp här också och enligt honom är den allmänna algoritmen för problemlösning: att observera, identifiera situationen, tolka, utvärdera, planera handling/åtgärd och utföra åtgärden (jfr Brehmer). Expertkunskap ligger i att både ha kunskap och kunna manipulera denna kunskap. Operatörens handlingar baseras för det mesta på procedurrell kunskap och de använder måttlig slutledningsförmåga. Denna kunskapsbas som utgörs av fakta och heuristik är därför väldigt viktig. Operatören jobbar mest på de regelbaserade (taktiska) och yrkesbaserade (operationella) nivåer.

Denna artikel har också använts i utformningen av undersökningen. Rasmussens problemlösning har tagits hänsyn till vid utformandet av frågorna.

***”Designing for the future of Nuclear Power Plants: International Perspectives on Advanced Control Room Design and Philosophy” (Wachtel & Correia, 1991)*** - I denna artikel sägs att utvecklingen av kontrollrum och teknologin som används i

*kärnkraftverk kommer att påverka operatörens roll, det vill säga vad de behöver veta om kraftverket, dess system och hur de kan interagera med dessa system. De påpekar att en huvudfaktor som påverkar mänsklig pålitlighet i kontrollrummen är gränssnittsdesign. De gränssnitt som används måste ge operatören: information om statusdata, underlätta kommunikation med processdatan och mjukvaran, presentera datan i ett format som stödjer operatörens tolkning och handlingsförmåga, samt generera den faktiska informationen och data display som operatören faktiskt ser. Den makt som ett datorbaserat operatörsgränssnitt besitter är att den kan visa data och information på en mängd olika sätt och detta kan uppfattas på ett antal sätt. Om designen är dålig blir konsekvenserna stora. Alltså har designen en signifikant effekt på mänsklig pålitlighet och datorsystemets säkerhet.*

Denna artikel poängterar gränssnittsdesignen och synpunkter gällande själva gränssnittsdesignen har jag tagit hänsyn till i min undersökning och vid utformandet och uppläggningsen av undersökningen.

Dessa tre artiklar används som komplettering till Brehmer och de teorier samt idéer som används i min undersökning.

## **2.2 Brehmer**

Utifrån de teorier som Brehmer uttrycker i artikeln har jag funnit frågeställningar som kan hjälpa mig i min undersökning förutom de som jag har beskrivit tidigare, som jag vill besvara och undersöka om de gäller för mitt arbete. I kärnkraftverk är övervakning enligt Brehmer en grundläggande process som är väl definierad och de modeller som ligger till grund för processen är tillförlitliga. Ingenjörer skapar (konstruktörer hos ABB Atom) ett system som operatörer arbetar med. I detta fall är det ett system/operatörsgränssnitt som operatörer skall hantera. Då finns det två kategorier av kunskap om systemet/operatörsgränssnittet, ena kategori står för konstruktörernas kunskap och den andra för operatörernas. Denna kunskap vill jag undersöka och vill veta hur den bildas hos bägge aktörer. Vilka kunskaper måste exempelvis operatörer ha för att klara sin uppgift? I detta fall för att hantera och arbeta med hjälp av operatörsgränssnittet? Ett konkret exempel är ett bildelement som larmas och blinkar i röd färg. När larmet har kvitterats<sup>6</sup> visas bildelementet endast i fast röd färg. För att åtgärda detta larm krävs kunskap om systemet och en förmåga att sätta händelsen i sin kontext och vidta de specifika åtgärder som är nödvändiga för att hantera larmet.

Brehmer gör en uppdelning av operatörens arbete som jag finner att jag vill tillämpa för att besvara de ovan beskrivna frågeställningarna, mina antaganden och hypoteser som specificerats tidigare. I denna undersökning vill jag tillämpa fyra av fem faser som följer Brehmers uppdelning av operatörens arbete. Dessa faser är *Övervakning*, *Upptäckt av fel*, *Diagnos av fel*, *Kompensation* och *Optimering*. Genom dessa faser indelas både operatörens arbete i kontrollrummet och operatörsgränssnittet. Hur mentala modeller inverkar hos operatörer undersöks genom dessa faser också. Konstruktörernas kunskap skall undersökas om det kan indelas enligt dessa faser eller rättare sagt om konstruktörer använder sig av dessa faser vid utformandet av ett operatörsgränssnitt. Konstruktörernas kunskap om operatörer, operatörsgränssnittet, och kärnkraftverket relateras också till dessa frågor. Frågorna och utformningen av undersökningen följer dessa faser som nämnts tidigare, då den visuella presentationen

---

<sup>6</sup> Kvittera larm-innebär att man visar att man har uppmärksammat ett larm och man gör detta genom en konkret handling som att exempelvis trycka på en knapp.



tillämpas där i alla skeenden, det vill säga genom färg, bildelement och text i normalt-, varnings- och larmtillstånd. Dessa faser används övergripande för min undersökning vilket har förklarats med hjälp av figur 3. Dessa faser har också påverkat min metod vilken diskuteras i kapitel 4. De fem faserna redovisas här:

1. *Övervakning*—I denna fas följer operatören systemet och ser till att det fungerar som det skall. Till sin hjälp här har operatören *larmfunktionen* som åkallar uppmärksamhet. I operatörsgränssnittet anges olika sorters larm och jag skall ta reda på vilka olika sorters larm det finns för att kunna ställa frågor till konstruktörer och operatörer om dessa.
2. *Upptäckt av fel*—I denna fas kan operatören avgöra om ett fel är befogat, om något är felaktigt i en process eller avgöra om det beror på en felaktig mätning/värde i processen. Till sin hjälp här har operatören sin egen erfarenhet att lita på. Hur operatören upptäcker ett fel och vilka ledtrådar som används tänker jag ta reda på genom undersökningen.
3. *Diagnos av fel*—I denna fas kan operatören avgöra vad felet beror på, åtgärda detta själv eller utnyttja skiftlaget och skrivna dokument. Till sin hjälp här måste operatören ha erfarenhet av problemlösning, det vill säga ha löst tidigare problem, kunna angripa ett problem och finna en lösning. Här är det viktigt att ta reda på hur de diagnosticerar ett problem och om de gör någon sorts indelning av fel genom att exempelvis använda manualer, riktlinjer eller följer föreskrivna procedurer för att hantera olika sorters fel.
4. *Kompensation*—I denna fas skall operatören kunna eliminera effekter av olika fel. Till sin hjälp här måste operatören ha en sammanhängande översiktsbild för att kunna ha någon översikt över effekter för olika sorters händelser och fel. Operatören har nytta av att ha en sammanhängande översikt över sitt arbete och de inblandade processerna. Hur kan operatörsgränssnittet stödja denna översikt och hur kan det underlätta operatörens arbete? I denna fas behöver jag ta reda på hur operatören skaffar sig en sådan översikt.
5. *Optimering*—I denna fas skall operatören kunna förbättra kvaliteten och kvantiteten i processen. Till sin hjälp här har operatören sin egen kunskap. Denna fas undersöks inte i detta arbete därför att operatörsgränssnitten inte har någon funktion för detta.

Hur operatörer diagnosticerar ett problem finns angivet i samma artikel av Brehmer, i vilken Rasmussen och Jensen har angett två diagnostiska strategier. Dessa är en topologisk sökningsstrategi och en funktionell sökningsstrategi. I undersökningen skall jag ta reda på vilken strategi som operatörer använder för att diagnosticera problem, det vill säga i fasen *Diagnos av fel*.

- Topologisk sökning innebär att man söker efter platsen där felet finns. Här har man en spatial bild av systemet.
- Funktionell sökning innebär att man söker efter den funktion som systemet inte längre fyller. Här har man en modell av de olika funktioner som finns i systemet.

De fyra första faserna är viktiga för min undersökning då både teorier, bakgrunden, utformningen av undersökningen, metodvalet, genomförandet och de erhållna resultaten ur det insamlade materialet knyts samman av dessa fyra faser. Man kan säga att dessa är undersökningens kärna. Figur 3 kommer att hänvisas till i de följande kapitel för att förklara de olika komponenternas roll i undersökningen men även de fyra faserna kommer jag att hänvisa till genom figur 3.

### 3 Två personkategorier - 1 verktyg

De finns 2 personkategorier, ingenjörer(konstruktörer) hos ABB Atom och operatörer på ett kärnkraftverk som arbetar med 1 verktyg—operatörsgränssnittet. Operatören skall arbeta med hjälp av operatörsgränssnittet och utföra olika arbetsuppgifter som exempelvis övervaka processen, manöveråtgärder och larmhantering. Operatörens dagliga arbete påverkas av operatörsgränssnittet, då de hanterar problem som uppstår i ett kärnkraftverk med hjälp av ett specifikt gränssnitt. Konstruktörer som skapar operatörsgränssnitten arbetar utifrån helt andra premisser. Dessa arbetar i ett projekt med ett specifikt operatörsgränssnitt och skapar detta utifrån en kravspecifikation och en funktionsspecifikation. Konstruktörens problem uppkommer vid skapandet av skärmbilder. Konstruktören handlar på en detaljnivå, löser praktiska problem som exempelvis hur stort ett bildelement kan vara och var den skall placeras på skärmen och samtidigt ha i åtanke de krav som finns på bildelements funktion.

Dessa 2 olika personkategorier arbetar utifrån olika premisser och krav, vilket påverkar det gemensamma verktyget nämligen operatörsgränssnittet. I undersökningen skall denna skillnad undersökas och jag hoppas kunna redogöra för hur de inverkar på min undersökning och påverkar mina frågeställningar.

#### 3.1 Konstruktörens arbete med operatörsgränssnitten

Konstruktörernas arbete med operatörsgränssnitten innebär att de utformar och designar ett system med ett operatörsgränssnitt genom att följa en kravspecifikation, regler och riktlinjer för olika komponenter av ett system. Det finns riktlinjer, guidelines och styleguides som behandlar aspekter av hur ett operatörsgränssnitt bör se ut, reagera och agera i sitt sammanhang. En begränsning är att operatörsgränssnitt kan inte utformas precis som konstruktörer vill, utan de måste hålla sig inom standard som finns i verktyget Advant och följa rekommendationer angivna av IEEE<sup>7</sup> och CEI/IEC<sup>8</sup>. Dessa ingenjörer som designar operatörsgränssnitt är ej utbildade designers eller MMI-experters utan är enbart ingenjörer som arbetar från ett ingenjörs perspektiv. Skärmbilderna utformas utifrån det syfte de fyller, det vill säga översikt, manöver, processanalys, signalering, prov och underhåll. Dessa följer även anläggningens indelning i system och funktioner för att exempelvis kunna stödja en given uppgift och ge analysstöd i särskilda bilder. I de fall som jag har undersökt är designprocessen en sorts kompromissprocess, där förslag från konstruktörer prövas av operatörer och ändringar föreslås. Sedan undersöker konstruktörer om det är möjligt att implementera förslaget och därefter kommer man överens om hur skärmbilderna skall se ut och fungera. Konstruktörerna uppmanas att följa kundens/operatörernas krav, vilket inte alltid innebär att det är den 'bästa' lösningen enligt konstruktörerna som implementeras i skärmbilderna, det vill säga operatörsgränssnittet och datorsystemet. Ett problem som man har stött på är att de regler och standards som följs och slutresultatet, det vill säga applikationen(operatörsgränssnittet), är svår att verifiera gentemot normer och designkriterier som används av konstruktörer. Man har ingen överblick över arbetsprocessen, det vill säga hur ett gränssnitt utformas.

---

<sup>7</sup> IEEE står för 'The Institute of Electrical and Electronics Engineering'

<sup>8</sup> CEI/IEC står för 'International Electrotechnical Commission'

## 3.2. Operatörens arbete i kontrollrummet

Operatörernas arbete i kontrollrummet är fördefinierat genom att de har specifika arbetsuppgifter som skall utföras och de har specificerade ansvarsområden att övervaka. I kontrollrummet finns idag konventionell utrustning som består av kontrolltavlor, översiktstavlor, pulpeter och annan utrustning. Presentationen genom denna är på olika sorters visarinstrument, signallampor som visar analoga värden, och tavlorna representerar händelser i anläggningen systemvis genom ett förenklat flödesschema. Operatörer har till sin hjälp och förfogande stationstekniker som är ute i anläggningen och utför arbetsuppgifter åt operatören. Operatören själv befinner sig i kontrollrummet och sköter allt sitt arbete härifrån. För att bli en operatör krävs många års erfarenhet och detta skaffas genom att arbeta i ett antal år som stationstekniker.

### 3.2.1 Operatörens arbete med operatörsgränssnittet

Operatörens arbete med operatörsgränssnittet innebär att sköta vissa arbetsuppgifter genom operatörsgränssnittet. Idag finns dessa funktioner dubbelt representerade genom både den konventionella utrustningen och operatörsgränssnittet. Detta skall finnas i en övergångsperiod i ett antal år. Innan produkten installeras ges användaren utbildning på datorsystemet och operatörsgränssnittet. Denna innebär 2-3 dagars genomgång och efter detta får skiftingenjören och operatörer ur ett skiftlag öva sig på specifika situationer och händelser i simulatorer hos KärnkraftSäkerhet och Utbildning(KSU).

### 3.2.2 Bildelement, färg och text i operatörsgränssnittet

I mitt arbete har jag begränsat undersökningen till bildelement, färg och text<sup>9</sup> som anges på olika sätt i operatörsgränssnittet. Dessa kan kategoriseras enligt följande:

*Bildelement*—hur olika sorters användning av bildelement är kopplad till olika funktioner i systemet. Dessa är representationer av fysiska objekt i anläggningen. De visar olika tillstånd som larm, varning/blockering och normalläge. Dessa tillstånd presenteras genom färg, storlek, form, placering och beteende. De bildelement som används i operatörsgränssnittet är både standard bildelement som finns i verktyget Advant och 'egendesignade' av konstruktörer.

*Färg*—används för att indikera olika tillstånd, ge information och påkalla uppmärksamhet. Färgerna som används har givna betydelser. Rött står för larm, gul står för varning/blockering och grönt står för normal läge. Dessutom används färger i bakgrunden för att ge statiska och dynamisk information. Statisk information presenteras i grått medan dynamisk information presenteras i grönt, rött eller gult beroende på tillstånd. Naturligtvis förekommer fler färger i operatörsgränssnittet och dessa är vit, svart, grått, blått, magenta, cyan, guldgul mm.

*Text*—gäller i kontexten av de två första punkterna, det vill säga bildelement och färg. Det finns olika användningsområden för text, dessa är: rubriktext, meddelandetext, dialogtext, knapptext, brödtext och text till bildelementen. Dessa tar olika former och visas i några olika typsnitt, teckenstorlekar och färg.

Dessa tre komponenter utgör den visuella presentationen och skall undersökas för att få svar på vilken kunskap operatören utvinnet genom dessa, samt för att få svar på hur relationen är mellan den visuella presentationen och mentala modeller. Med hjälp av dessa komponenter undersöks huruvida den visuella presentationen är tillräcklig eller kan förbättras för att stödja de mentala modeller som operatören använder i sitt arbete.

<sup>9</sup> Se bilaga 3 för hardcopies-papperskopior från system 532 och 332

## 4 Metoder

De metoder som man skulle kunna använda för att finna resultat och underlag för hypoteserna är många men en del begränsningar i form av tidsramar, åtgång till operatörsgränssnitt, operatörer och konstruktörer spelar en väsentlig roll i vilka metoder jag har kunnat tillämpa. De metoder som man tillämpar i undersökningen påverkar undersökningen uttryckligen och med tanke på de begränsningar som fanns och faktorer som inverkade fann jag det lämpligt och möjligt att kunna utföra min undersökning och få svar på mina frågeställningar genom de metoder som redovisas i detta kapitel. De metoder som jag ansåg vara möjliga i denna kontext och med hänsyn till de begränsningar som finns i undersökningen är följande:

- Intervjustudie
- Direktobservation
- Tänka-högt-metod

Dessa metoder ska tillämpas för att erhålla svar på mina frågeställningar och för att bekräfta vilken hypotes och förslag som är gällande. De teorier som används i utformandet av undersökningen och som specifikt inverkar i dessa är de som redan har tagits upp i tidigare, dessa skall tillämpas för alla tre metoder i undersökningen. De fyra faserna och Brehmer har använts för att utforma undersökningen konkret. Metoden kopplas till den teoretiska bakgrunden och mitt syfte för undersökningen. Dessa är sammanknutna på det sättet att metoden som tillämpas använder sig utav de fyra faserna och utformats explicit, till exempel de frågor som har ställs till operatörer och konstruktörer, som skall besvara mina frågeställningar, det vill säga den teoretiska bakgrunden följs och vidare utvecklas i undersökningen(se figur 3).

Tänka-högt-metoden, direktobservation och intervjustudien skall tillämpas i undersökningen för att besvara mina frågeställningar och bekräfta mina antaganden. Alla tre metoder sätts i sammanhanget av figur 3 där jag har försökt att förklara hur de olika komponenter i undersökningen påverkar och samverkar med varandra. Med dessa metoder vill jag förklara och finna relationen mellan den visuella presentationen och mentala modeller samt besvara mina frågor angående de inverkan faktorerna som utgörs av operatörsgränssnitt, konstruktörer och operatörer. Metoderna knyts till frågeställningen genom de fyra faserna och alla dessa tre metoderna skall tillämpas med tanke på de fyra faser och den teoretiska bakgrunden som spelar en viktig del i undersökningen. Metoderna skall också ge mig material som utgör underlaget för någon hypotes och något förslag som har angivits i 1.3.1. Mina förhoppningar är att finna tillräcklig material genom dessa tre metoder för att kunna visa att mina antaganden var korrekta eller inte. Genom metoderna har jag också valt ett konkret sätt att utforma min undersökning och genomföra den på ett specifikt sätt, vilket i sin tur påverkar de resultat som jag erhåller, det vill säga vilka resultat som jag erhåller genom att tillämpa dessa specifika metoder. Detta tas upp och diskuteras i metoddiskussionen(se 6.3).

### 4.1 Kvalitativ undersökningsmetodik

Den kvalitativa undersökningsmetoden skiljer sig ifrån den kvantitativa genom att den kvantitativa metoden använder sig av statistiska bearbetningar och analysmetoder. Den kvalitativa använder sig av verbala analysmetoder men detta innebär inte att dessa två olika undersökningsmetoder är oförenliga utan de kan snarare ses som

ändpunkter i en analog skala. Det avgörande är hur man har formulerat undersökningsproblemet, vad vill man veta och vilken kunskap som sökes. Mina frågeställningar ansåg jag kunde bäst besvaras genom den kvalitativa metoden och därför valde jag att utforma undersökningen utifrån denna. De flesta av mina frågor rör sig inom den kvalitativa området och därför uppfyller den kvalitativa undersökningsmetodiken mina krav bättre än den kvantitativa. De enskilda variabler bildelement, färg och text hade varit svåra att förstå utan sitt specifika sammanhang i operatörsgränssnittet. Metodens relevans för undersökningen är viktig att påpeka och för att kopplingen mellan mina frågeställningar, de fyra faserna och hur svaren kan utvinnas angående mentala modeller och den visuella presentationen är viktig att åskådliggöra genom metoden. Genom metoden utformar jag konkreta frågor som skall undersöka frågeställningar jag har och svaren ifrån de konkreta frågorna skall relateras tillbaka till frågeställningarna, hypoteserna och förslagen, det vill säga till mina antaganden som har gjorts i detta arbete.

## **4.2 Intervjustudie**

Intervjustudien innebär att man ställer strukturerade frågor till operatörer och konstruktörer utifrån frågeställningarna, hypoteserna och förslagen. Dessa frågor utformas utifrån de fyra faserna och skall ge mig svar samt bekräfta mina antaganden. Strukturerad intervju vill jag använda för att ställa frågor till konstruktörer angående operatörsgränssnitt och varför operatörsgränssnitt är utformat som det är, för att ta reda på deras kunskaper om operatörsgränssnitt, om operatörer, om kärnkraftverket och de standards/riktlinjer och 'privata regler'(se s.10) som de har använt på något sätt(se figur 3). I operatörsfrågorna ställs frågor angående de fyra faserna och specifikt om fel- och larmhantering som antas vara ett viktigt moment i operatörens arbete. Det ställs också frågor som indirekt eller direkt besvarar frågan om hur den visuella presentationen påverkar mentala modeller hos operatörer samt om de betydelser av mentala modeller som diskuteras i 1.3.2 existerar hos operatörer, det vill säga om de kan tangeras och kan finnas i undersökningen.

Frågorna har utformats genom att granska operatörsgränssnitten och finna de nedan beskrivna kategoriseringar för att kunna ställa relevanta frågor. Naturligtvis har jag utformat frågorna utifrån de frågeställningar och teorier som har angetts tidigare, det vill säga de fyra faserna och Brehmer(se figur 3). Dessa aspekter har stått för huvuddelen av utformningen, men för att veta praktiskt vilka frågor man kan ställa och skall vara möjliga att bevara av de intervjuade behövdes en utgångspunkt ifrån operatörsgränssnitten. Teorierna och frågeställningarna har konkretiserats i en mall och då har jag kunnat utforma frågorna rent praktiskt med utgångspunkten att dessa skall kunna besvaras av de intervjuade.

### **4.2.1 Den visuella presentationen**

Intervjustudien har utformats så att de strukturerade frågorna har följt en mall. Dessa frågor har kategoriserat likstämmt för både konstruktörer och operatörer. Mallen innebär en uppdelning av operatörsgränssnittet enligt bildelement, färg och text som ytterligare kategoriseras för att täcka relevanta aspekter och angränsande områden. Bildelement har uppdelats i bildstruktur, bildhierarki, ikoner, symboler, knappar och bildyta. Färg har uppdelats i objektfärg, färgkontraster, bakgrundsfärg samt färg som används för att indikera normalläge, larm, varning och blockering. Text har uppdelats i fonter, statisk/dynamisk text och text som visas med bildelement eller i någon färg. De frågor som ställs till konstruktörer(se bilaga 4) innehåller frågor angående den

visuella presentationen genom den ovan beskrivna kategoriseringen. Denna kategorisering innebär att frågor som har ställts till konstruktörer har gjorts med hänsyn till figur 3 och specifika frågor har ställts som exempelvis “hur skapas egna bildelement?”, “hur väljs en färg/bakgrundsfärg?”, “hur larmas och varnas något?”. De frågor som ställs till operatörer (se bilaga 5) är utformade på samma sätt som för konstruktörer men har anpassats till operatörerna. Kategoriseringen är densamma och exempel på frågor som ställs är “Är bildelement utformade så att de liknar objekt i verkligheten?”, “Upplevs skärmbilder som väldigt packade på information eller vill man ha mer tomyta?”, “Visas larm på ett adekvat sätt eller behövs ytterligare förstärkning?”, “Anser du att texten är läslig i skärmbilderna?”, “Är textformuleringarna sådana som ni är vana vid?”, “Hjälper färgen dig att komma ihåg något?”. Frågorna som ställs till både konstruktörer och operatörer är direkt relaterade till mina hypoteser, förslag, följande de fyra faserna och figur 3, det vill säga de är utformade för att ge mig konkreta belägg och svaren på dessa frågor utgör mina resultat i resultatdelen.

#### **4.2.2 Mentala modeller**

Frågor och påståenden angående mentala modeller hos operatörer som jag har specificerat tidigare i 1.3.2, i mina hypoteser och förslag samt i figur 3 skall besvaras genom att jag ställer frågor till operatörer om mentala modeller genom de fyra faserna (se bilaga 5). Dessa frågor är specifika frågor som har direkt relevans till de fyra faserna och hur mentala modeller inverkas/påverkas av operatörsgränssnittet som illustrerats i figur 3. Exempel på dessa frågor är “Vad gör man vid de vanligaste larmen?”, “Hur påkallas operatörens uppmärksamhet?”, “Hur upptäcker operatören ett fel?”, “Hur skiljer sig upptäckten av fel genom den konventionella utrustningen och operatörsgränssnittet?”, “Vilka hjälpmedel används för att diagnosticeras ett fel?”, “Hur tror du att du har fått en översiktsbild över arbetet och kärnkraftverkets processer?”. Svaren på dessa frågor skall bekräfta om jag har rätt i mina antaganden och hypoteser angående hur mentala modeller påverkas av operatörsgränssnittet, det vill säga relationen mellan den visuella presentationen och mentala modeller.

Fördelar med intervjustudien är att man utformar den självständigt och ansvarar för upplägget för att genom detta få några resultat. Detta kan ju också vara till dess nackdel då det kan bli svårt att överblicka studien för att det kräver större uppmärksamhet vid utformandet och utförandet. Jag anser att en strukturerad intervjumetodik är ett sätt att utföra undersökningen på därför att man kan utföra denna oavsett yttre förhållanden som kan råda och påverka undersökningen.

#### **4.3 Direktobservation**

Direktobservation innebär i det här fallet att man observerar operatörer i arbetet med operatörsgränssnittet i kontrollrummet. Här kan man observera hur operatörer utför olika arbetsuppgifter, hur de interagerar med operatörsgränssnittet samt observera specifikt hur bildelement, färg och text behandlas. Dessutom ser man hur operatören arbetar i ett kontext med andra operatörer och sitt skiftlag. Här får man reda på faktorer som inverkar indirekt och som möjligen slåss om operatörens uppmärksamhet. Genom direktobservation kan man inte simulera händelser utan här gäller det att iaktta och främst observera händelser och arbetsuppgifter som utförs av operatörer. Genom denna teknik kan jag observera hur operatörer använder sina mentala modeller (se figur 3 för att se hur mentala modeller inverkar i undersökningen) i sina konkreta arbetsuppgifter och huruvida de hanterar olika sorters

problem i sina arbeten eller hanterar eventuella diskrepanser mellan arbetet med operatörsgränssnittet och den konventionella utrustningen.

En nackdel med direktobservation är att jag ser endast det som sker och händer framför mig. Jag innehar inte kunskap angående om en åtgärd är det enda sättet att utföra en handling på eller om ett implicit val har gjorts och vilka de specifika bakomliggande orsakerna är. Därför kan studien lätt bli väldigt subjektiv då jag måste observera skeenden, tyvärr finns det också risk för att inte hinna och kunna observera allt som sker och på det sätt gå miste om något relevanta eller göra felaktiga antaganden om vad som har skett.

#### **4.4 Tänka-högt-metod**

Tänka-högt-metoden innebär att ge operatörer en uppgift att lösa som de berättar högt om hur de löser, det vill säga de beskriver vad som sker, talar om sina egna handlingar, varför de utför en handling samt vad de försöker åstadkomma. Helt enkelt att de tänker högt medan de utför en åtgärd och löser ett problem. Med denna metod får man tillgång till operatörens egen beskrivning av sin kunskap och hur denna tillämpas. Genom detta vill jag veta hur operatören reagerar på specifika faktorer hos bildelement, färg och text samt hur deras mentala modeller över dessa är.

Genom att presentera hypotetiska situationer kan jag ställa frågor om de faktorer jag undersöker och få specifik information angående dessa. Exempelvis kan jag ställa frågor om varför ett viss bildelement beter sig som det gör och vilken information operatören utvinnet genom den eller vilken information färgen ger i en specifik situation. Man kan också testa förslag där bildelement har en annan färg eller beter sig på ett annat sätt för att se hur detta skulle påverka operatörens handlingar.

Denna metod är en relativt enkel metod men har en viss begränsning för att informationen som man får blir lätt subjektiv och kan vara selektiv, det vill säga det kan vara svårt för operatören att berätta exakt vad han gör och tänker. Detta kan åtgärdas genom att operatören får ställa frågor för att klargöra problemet och jag kan ställa frågor för att verifiera det som är otydligt.

## 5 Genomförandet

Undersökningen har genomförts följande de teorier och metoder som har angetts i de tidigare avsnitten. Dessa har tillämpats på det sättet att utifrån mina frågeställningar har jag utformat specifika och konkreta frågor som skall besvaras genom att tillämpa de tre metoderna, det vill säga intervjustudien, direktobservation och tänka-högt-metoden. Dessa frågor är utformade utifrån de fyra faserna och den visuella presentationen som utgörs av färg, bildelement och text i operatörsgränssnittet.

Genomförandet av undersökningen har gjorts genom att tillämpa intervjustudier på konstruktörer och operatörer. På operatörer tillämpades även direktobservationer och tänka-högt-metoden men på grund av olika orsaker inkluderas dessa inte i analysen och resultatdelen. En orsak för att utförandet inte blev som planerat är på grund av den dynamiska miljön, då några variabler inte kunde kontrolleras och därför uppfylls inte det vetenskapliga kriteriet i dessa delar av undersökningen. En annan orsak är att det insamlade materialet från dessa kunde inte registreras så pass bra att de skulle kunna användas senare för analysdelen eller kunna hänvisas till då vissa delar var för vaga eller bristande. Det var svårt att analysera enskilda variabler och autonomt undersöka en specifik aspekt i dessa delar.

I min undersökning har jag tagit till hjälp ett existerande operatörsgränssnitt som finns installerad på Ringhals 1. Utifrån denna har jag undersökt aspekter på operatörsgränssnitt, då 532 och 332 som skall utvärderas och analyseras ej är på plats eller i drift än(rättare sagt var det inte då undersökningen utfördes). Systemet som finns på plats i Ringhals 1 är ett operatörsgränssnitt som är utformat av konstruktörer på ABB Atom. Principer och regler som har följts i utformningen är desamma. Det som skiljer sig åt är att detta system är uppbyggt ifrån standardverktyget Advant mer än de övriga, det vill säga innehåller inte lika många 'egendesignade' element. Genom detta system har operatörer erfarit de aspekter jag undersöker. Därför fann jag det lämpligt att kunna utföra undersökningen i denna kontext. Naturligtvis hade det varit bättre om 532 och 332 hade befunnits på plats och operatörerna hade arbetat och kunnat skaffa sig erfarenheten ifrån dem.

I kontrollrummet på Ringhals 1 finns idag ett system 534 som har varit i bruk ca ett år, vilket har utvecklats av ABB Atom. Detta system följer standardverktyget Advant och just för att de har använt detta system och kommit i kontakt med operatörsgränssnitt som har formats i samma verktyg, ville jag intervjua operatörerna som har arbetat med operatörsgränssnitt och de operatörer som har varit inblandade i någon projekt eller arbete angående operatörsgränssnitt. Jag valde denna målgrupp, det vill säga både operatörer som arbetar i kontrollrummet och operatörer som på något sätt är inblandade i arbetet kring operatörsgränssnitt, för att få relevant material till min undersökning och ansåg de som mest lämpade att kunna besvara mina frågor. Vad gäller Forsmark har jag inte intervjuat några operatörer därifrån eftersom detta system inte finns på plats än<sup>10</sup> och operatörerna har fått en begränsad träning på de delar av operatörsgränssnitt som finns i simulatorer hos KSU. Dessa operatörer har ingen verklig erfarenhet av operatörsgränssnitt och därför hade det varit svårt för dessa

---

<sup>10</sup> Då undersökningen utfördes i mars, april var 532 & 332 ej klara för leverans, det vill säga de fanns ej heller på plats i kontrollrummen på respektive kärnkraftverk. System 332 skall användas i Ringhals 1 medan system 532 skall användas i Forsmark 1 & 2.



operatörer att svara på mina frågor. Förmodligen hade man kunnat intervjua dessa om det gällde frågor generellt om deras arbete men jag gjorde avvägningen att inte göra detta.

## **5.1 Intervjuer med konstruktörer**

Intervjuerna utfördes på konstruktörer som har varit inblandade i utformandet av operatörsgränssnitten. Totalt intervjuades sju konstruktörer. Utav dessa var specifikt fyra konstruktörer intressanta då dessa har varit inblandade i olika projekt och utformat operatörsgränssnitt. De övriga tre har varit inblandade genom att ha olika roller i olika projekt som har utfört arbetet kring operatörsgränssnitten. Dessvärre kunde jag inte intervjua fler konstruktörer på grund av tidsbrist men eftersom jag utför en kvalitativ undersökning ansåg jag att jag inte behövde intervjua alla konstruktörer som någonsin har utformat operatörsgränssnitt för att finna relevant data och material till min undersökning. De konstruktörer som jag intervjuade har utformat operatörsgränssnitt under den senaste tiden och har medverkat på ett eller annat sätt i system 332 och 532. Genom denna metoddel kommer jag att få svar på mina frågeställningar rörande konstruktörer (se figur 3) där jag har fått tagit reda på konstruktörernas kunskap (se s.7), vari deras styrka eller brister ligger som påverkar den visuella presentationen och mentala modeller hos operatörer. Genom detta kommer jag att få material angående konstruktörer som har varit tillräcklig för att dra slutsatser angående de frågeställningar som rör konstruktörer. Detta redovisas i resultatdelen.

### **5.1.1 Utförande för fyra konstruktörer**

Intervjun började med en introduktion där jag berättade om att jag skulle ställa ett antal generella frågor och efter det skulle jag ställa specifika kategoriserade frågor, där jag läste upp rubriken först. Dessa konstruktörer visste mer eller mindre om att jag utförde ett examensarbete men inte i detalj om vad jag undersökte. De intervjuade kunde ställa frågor för att få en frågeställning mer uppklarad eller förklarad på ett annat sätt. De fick friheten att avbryta och undra om någonting var oklart. Intervjutiden varierade beroende på de intervjuade, det vill säga beroende på hur mycket de hade att säga, hur utförligt de svarade på frågorna och de själva avgjorde tidsbegränsningen. För min del fanns ingen tidsbegränsning men de intervjuade hade ibland en viss tidspress även om de flesta intervjuerna varade i ca 60-90 minuter. Dessa intervjuer utfördes på deras arbetsplats, i någon sorts konferensrum och spelades in på band. Frågorna ställdes i ordning enligt intervjufrågorna (se bilaga 4). Frågeordningen följdes inte slaviskt, utan om det var så att jag tyckte att jag hade fått svaret på en fråga tidigare så ställde jag inte frågan senare i intervjun. Jag gav ett fritt spelrum i intervjuerna för att få en informell attityd till undersökningen och uppmuntra diskussion snarare än att få direkta svar hänvisade till frågorna och hålla de innanför ramarna. Genom detta fick jag underlag och svar på implicita frågor som inte ställdes direkt.

Intervjuerna flöt utan problem och jag följde intervjumallen väldigt väl trots det fria spelrummet. De flesta frågorna kom naturligt i varandra så jag tror inte att frågorna upplevdes som konstlade. Jag upplevde att jag fick bra kontakt med de intervjuade och de svarade så gott de kunde på mina frågor och ställde frågor om något var oklart. Vid ett intervjutillfälle hade den intervjuade en gäst med sig under intervjun, i form av sitt barn en 2-årig flicka som krävde den intervjuades uppmärksamhet då och då samt fick min uppmärksamhet också. Men detta inverkar inte i frågorna utan jag kunde ställa dessa och fick adekvata svar på min frågor.

### 5.1.2 Utförandet för tre ‘konstruktörer’

Dessa intervjuer som utfördes på tre så kallade konstruktörer följde inte intervjumallen utan dessa var snarare utfrågningar för att få beskrivning på specifika saker. Tidsmässigt varade dessa i ca 20-40 minuter. Ena intervjun beskrev en ‘guideline för bildbyggnad’ som har inverkat på konstruktörer som de fyra övriga hänvisade till samt har påverkat operatörsgränssnittsdesignen. Den intervjuade har kännedom om operatörsgränssnitt och har skrivit denna guideline. Intervjun berörde mina frågor även om de inte ställdes direkt efter intervjumallen. Den andra avvikande intervjun behandlade funktionalitet för att den intervjuade har skrivit funktionsspecifikationen till system 532. Denna person försökte jag intervju efter intervjumallen men insåg ganska fort att han inte kunde svara på alla mina frågor eftersom han inte var en designer(konstruktör) utan snarare en teknisk samordnare som behandlade funktionalitet för gränssnittet. Men jag fann det ändå intressant att undersöka vilka kunskaper han hade om operatörsgränssnittsdesign för att se hur funktionalitet inverkade på operatörsgränssnitt. Den tredje avvikande intervjun gjordes för att få en insikt i hur ett annat system (NEMO) som är främst textbaserat designades och huruvida samma principer för de övriga operatörsgränssnitten gällde här. Det gjorde de inte, utan denna system följde Advant standard väldigt mycket förutom några avvikelser, där vissa saker var ‘egendesignade’. Detta system skilde sig väldigt mycket främst i aspekter av bildelement från de två system jag har tittat på. Detta gav mig en inblick i alternativa sätt att använda verktyget Advant, där främst text och siffror men även egen utvecklade staplar används i stor utsträckning.

## 5.2 Intervjuer med operatörer

Dessa intervjuer utfördes i två faser på åtta operatörer vid Ringhals 1. Första fasen innebar att intervjufrågor ställdes till operatörer. Andra fasen innebar att papperskopior(hardcopies)<sup>11</sup> från 532 och 332 visades för sex operatörer i anslutning till intervjuerna. Denna metod gav svar på frågeställningar rörande operatörer, deras arbete med operatörsgränssnittet, specifikt hur de hanterar de undersökta element i den visuella presentationen och huruvida de använder mentala modeller i samband med dessa aspekter. De fyra faserna har använts för att utforma frågorna som ställdes till operatörerna. Dessa har givit mig svar på mina frågeställningar kompletterande konstruktörernas svar i undersökningen. Dessa redovisas i resultatdelen.

Första fasen gällde system 332 och utfördes på Ringhals 1, i närheten av kontrollrummet men inte i själva kontrollrummet. De frågor som ställdes här var direkt relaterade till de frågor som ställdes till konstruktörer (se bilaga 5). Jag fick tillgång till åtta operatörer på Ringhals 1. De som intervjuades kunde uppdelas i olika kategorier, erfarenhetsmässigt, utbildningsmässigt, samt om de har medverkat i olika projekt och har direkt erfarenhet av operatörsgränssnittsdesign i någon form<sup>12</sup>. De intervjuade kan indelas yrkevis:

- två reaktoroperatörer som arbetar i kontrollrummet
- en skiftingenjör som har medverkat i projekt MARS och system 534 som finns installerad sedan ca ett år tillbaka som används främst av reaktoroperatörer och turbinoperatörer

---

<sup>11</sup> Se bilaga 3 för hardcopies på system 532 och 332

<sup>12</sup> Se bilaga 6 för sammanställning av uppgifter

- två turbinoperatörer som arbetar i kontrollrummet, dessa var de svåraste intervjuerna och jag utförde endast intervjudelen med dem
- en reaktoroperatör som har medverkat i tidigare projekt och som medverkar i RAMP<sup>13</sup>, det vill säga i system 332 som har undersökts
- en blivande turbinoperatör i övergångsfas mellan stationstekniker och operatör
- en reaktoroperatör som medverkar i RAMP och representerar sina kollegers åsikter i denna projekt

### 5.2.1 Utförandet av första fasen

Intervjuerna utfördes enskilt i ett rum med de intervjuade på deras arbetstid och tidsbegränsningen bestämdes av den intervjuade. De bestämde hur mycket tid de hade för att svara på frågorna och som tidigare gällde att jag gav ett fritt spelrum för att främja en informell stämning. Jag följde mina intervjufrågor<sup>14</sup> och ställde frågorna som kategoriserats och läste upp rubriken först. Jag gav en introduktion också men de intervjuade visste väldigt lite om mina intentioner och vilka frågor jag skulle ställa. Detta orsakade osäkerhet och nervositet i vissa fall. Här blev det också så att jag avvek ibland från mina frågor, det vill säga jag ställde inte alla frågorna slaviskt utan om jag kände att jag hade fått svaret indirekt så ställdes inte frågan. Vid tillfällen då några av de intervjuade inte kunde svara på någon fråga, vilket var fallet i några intervjuer, berodde detta på det faktum att de saknade tillräcklig erfarenhet från detta moment i operatörsgränssnitten.

### 5.2.2 Utförandet av andra fasen

Denna del av intervjumetoden innebar att jag visa de papperskopior i färg (hardcopies). Intervjuerna med operatörer följde av att jag visade hardcopies från system 532 och 332. Dessa visades för sex av de intervjuade men visades inte för två turbinoperatörer då dessa hade bristande kunskaper om operatörsgränssnitt. Dessa bilder visades för att testa operatörens kunskaper, det vill säga mentala modeller samt för att undersöka hur självklara gränssnitten är. Tyvärr upptäckte jag ganska sent att denna fas innebar svårigheter och det kunde vara problematiskt att få tolkbara resultat och feedback från de intervjuade. En orsak var att de hade inte tillräckligt med tid och en annan orsak var att de hade blivit trötta genom att svara på ett antal intervjufrågorna först och sedan säga något om några bilder de aldrig hade sett förut, vilket blev ganska ansträngande. Vad jag däremot fick var spontan respons på bilderna, reaktioner, frågor och att de i en begränsad form kunde förklara bilderna. Så jag fick testat operatörens kunskaper och mentala modeller till en viss del även om utförande kunde ha gjorts på ett mer strukturerat sätt.

Denna del inkluderar jag i min undersökning i en begränsad form även om analysen blir väldigt svår och resultaten ifrån den kan ifrågasättas. Tidsmässigt varade intervjuerna med båda faserna mellan 30-90 minuter. Här skilde sig responsen till frågorna från konstruktörsintervjuerna genom att några var något osäkra på mig som intervjuare och förmodligen 'klassade' mig som ABB-människa. I tre intervjuer fick jag väl utförliga svar, både idérika och detaljerade. I två intervjuer fick jag utförliga svar som täckte frågorna. Två intervjuer var något svaga i sina svar, fastän jag fick svar på de flesta frågor saknade jag något här från de intervjuades sida. En intervju var

---

<sup>13</sup> RAMP står för Ringhals1 Analys och Moderniserings Projekt

<sup>14</sup> Se bilaga 5 för intervjufrågor

bristande då den intervjuade inte kunde svara på alla frågorna och jag fick inte tillräcklig respons eller kontakt från den intervjuade.

### **5.3 Direktobservation och tänka-högt-metoden**

Direktobservation och tänka-högt-metoden genomfördes i undersökningen men av olika orsaker som nämnts tidigare, anser jag att det vetenskapliga kriteriet har inte uppfyllts. Dessa orsaker utgörs av okontrollerbara variabler i den dynamiska miljön, och svårigheter att utföra dessa metoder som planerat. Därför redovisas dessa metoder endast här och det påpekas att de har gett mig väsentlig kunskap men inkluderas inte i analysen och implicerar inga direkta resultat. Dessa har utgjort en bakgrund för mig och intervjustudien som är nödvändig.

#### **5.3.1 Direktobservation**

Direktobservationen utfördes på operatörer i två olika miljöer, dels i kontrollrummet direkt och dels i en simulator för kontrollrummet. Denna metod tillämpades vid två tillfällen, i kontrollrummet på Ringhals och på KSU i Forsmarks simulatorer, det vill säga i ett likadant kontrollrum som i verkligheten. Vad gäller dessa direktobservationer har jag inget insamlat material som är registrerat. Här har jag främst egna anteckningar från direktobservationerna och korta svar på de få frågor som jag ställde hos KSU. På Ringhals tillämpades metoden genom att jag tillbringade ett helt arbetsskift med ett skiftlag i kontrollrummet. Det var ett eftermiddag/kvällspass från 14.45 till 22.45. Då observerade jag hur ett skiftlag arbetar både i kontrollrummet och utanför kontrollrummet, det vill säga jag följde med en stationstekniker på en av hans 'rondning'<sup>15</sup> och en eloperatör på en av hans 'rondning'. Denna metod gav mig en insyn i hur ett skiftlag arbetar och hur operatörer sköter sitt arbete, både utan och med operatörsgränssnitt. Denna del har varit väldigt viktig för mig för att förstå hur allting hänger ihop och vilka fysiska och psykiska krav som finns på operatörer. Genom detta har jag fått se konkret hur de arbetar, vilket har gett mig en kompletterande bild över operatörsgränssnittets inverkan på operatörens arbete, information om de olika system som finns på en anläggning, och kunskap om hur en anläggning fungerar. Utan denna kunskap tror jag att jag hade haft väldigt svårt att förstå och relatera svaren som jag har fått i mina intervjuer.

Tyvärr har direktmetoden inte bevarats på varken band, film eller anteckningar. Därför att det inte hanns med då jag var en 'aktiv' person i skiftlaget och inte satte mig i ett hörn bara för att observera från en utgångspunkt. Direktobservationen i detta fall innebar att jag som en aktiv komponent i undersökningen undersökte specifika aspekter, ställde frågor, gick med stationstekniker och eloperatör, samt på ett sätt medverkade i deras arbete för att få en bättre förståelse av den. Dessutom var jag tvungen att interagera för att veta varför de utförde en viss handling vid en specifik tidpunkt, vilka implikationer dessa handlingar hade samt hur de hanterade olika situationer och problem. Jag hade kunnat utföra en ren direktobservation om jag hade en utförlig kunskap om operatörens arbete och hur ett skiftlag fungerar för att förstå varför operatörer gör som de gör men då dessa saknades var det enda sättet att skaffa detta genom att vara interaktiv i undersökningen.

På KSU utfördes direktobservation genom att jag såg hur ett skiftlag arbetade på träningar och simulering av olika saker för att lära sig att dels arbeta med system 532

---

<sup>15</sup> Se bilaga 1 för operatörens arbetsprocess

och dels att öva på andra rutiner som exempelvis händelsen brand samt nerkörning och uppkörning av effekt. Skiftlagen var där för att få en träning och utbildning på operatörsgränssnitt och öva sig på olika händelser som 'brandlarm' samt 'effekt uppkörning och nerkörning'. Här befann jag mig för det mesta i ett observationsrum där KSU-tränare satt och simulerade samt observerade övningarna. Vid några tillfällen var jag ute i kontrollrummet för att specifikt observera handhavandet genom operatörsgränssnitten. Dessa två tillfälle då jag var i simulatorer och observerade skiftlaget i aktion liknade mer direktobservation än det på Ringhals. Vad jag observerade specifikt var två olika skiftlag vid två olika tillfällen på ca sex timmar, som tränade sig på olika händelser och situationer som kan ske i ett kontrollrum. Vid slutet av båda passen ställde jag enkla frågor till skiftlagen gemensamt för att få information om deras arbete i simulatorer och operatörsgränssnitt. Dessa skiftlag hade tidigare haft en väldigt begränsad kontakt med operatörsgränssnitt och därför skulle de inte ha kunnat svara på mina frågor enligt intervjumallen. Frågorna som ställdes här var främst av en sådan natur att de var relaterade till det som jag hade observerat under simuleringarna.

### **5.3.2 Tänka-högt-metoden**

Tänka-högt-metoden utfördes på tre personer i kontrollrummet och det blev väldigt begränsat och kortfattat på grund av tidsbrist och på grund av det faktum att ett skiftlag faktiskt utför sitt arbete, så då är det i princip omöjligt att inverka eller störa arbetet. Vad jag fick fram genom denna metod är hur de hanterar och arbetar genom operatörsgränssnittet konkret och vilken information som är den viktigaste för dem och hur de bearbetar den. Dessutom fick jag även en inblick i hur operatörer använder sina mentala modeller konkret för att lösa problem och hur de använder dessa i sitt arbete med operatörsgränssnitt. På skärmen togs olika bilder fram och bildelement, färg, synlighet, operatörens arbetsmetodik och förfarandet med detta system förfrågades. Detta spelades in på band och det tog ca 20 minuter vid varje tillfälle.

### **5.4 Relevans av insamlat material**

Relevansen av insamlat material är en fråga som är väldigt viktig att behandla, speciellt när det gäller att jag har samlat in material med hjälp av olika metoder och i olika mängder. För intervjumetodiken och specifikt konstruktörer är fyra intervjuer väldigt uttömmande och viktiga, där har alla frågor från intervjumallen behandlats och jag har fått värdefulla svar. De tre avvikande intervjuer används som kompletterade till helhetsbilden från de fyra första intervjuerna som följer intervjumallen. Relevansen här är att jag behövde mer kunskaper från andra inblandade i projektet som inte är direkta designare eller konstruktörer.

Vad gäller operatörer är fem intervjuer väldigt vältäckande och följer intervjumallen utan större avvikelser. Utifrån dessa samlar jag det främsta materialet och underlag för analysen. De tre övriga följer inte riktigt intervjumallen och är i vissa aspekter bristande. Trots att jag inte har lika utförlig data från dessa jämfört med de fem första intervjuerna anser jag att de tillför en del till undersökningen som är viktig att behandla och därför inkluderas de i undersökningen och analysen.

Resultaten från direktobservation och tänka-högt-metoden inkluderas inte som specificerats tidigare men det material som samlades genom dessa har spelat en stor roll i min förståelse för det väsentliga materialet som erhållits genom intervjuerna.

## 6 Resultat och diskussion

I detta kapitel redovisar jag mina resultat samt diskuterar dem. Först redovisar jag här allmänna resultat, därefter redovisas resultaten angående mina hypoteser och förslag och de fyra faserna. I det efterföljande avsnittet 6.1 redovisar jag konkreta resultat och problem som har erhållits genom de olika undersökningsmomenten. Därefter tar jag upp implikationen av mina resultat i 6.2 och metoddiskussion i 6.3.

De resultat som jag redovisar här har jag funnit belägg för i intervjuerna med konstruktörer och operatörer. Intervjuerna med konstruktörer och operatörer följde min redovisade teori, metod och genomfördes såsom beskrivits i de föregående kapitel. Analysen av intervjuerna utfördes med hjälp av mallen som användes vid utformandet av frågorna. Svaren på dessa frågor relaterades till mallen och resultaten analyserades enligt de fyra faserna. Mina antaganden har bekräftats genom hypotes 1 och förslag A i undersökningen (se figur 3). Genom min undersökning som har följt den teoretiska bakgrunden och de angivna metoderna har jag besvarat de frågor som har ställts i detta arbete. Resultaten som har erhållits är följande:

Ett allmänt resultat är att operatörsgränssnitten är inte tillräckligt stödjande för operatörer i deras arbete. Detta för att konstruktörer har bristande kunskap om operatörer. Operatörsgränssnittet är också bristande för att en rigid grund för operatörsgränssnittsdesign saknas och konstruktörer är inte tillräckligt insatta i de processer som sker i ett kärnkraftverk, eller rättare sagt kärnkraftverks specifika regler och tillvägagångssätt, det vill säga hur felhantering går till, och hur arbetet enligt de fyra faser utförs i ett kärnkraftverk. Att operatörer arbetar enligt de fyra faserna kan utnyttjas av konstruktörer då de utformar ett operatörsgränssnitt. Den visuella presentationen och relationen emellan den och mentala modeller har visat sig vara viktig och de fyra olika betydelserna av mentala modeller A, B, C, D existerar hos operatörer och används av dem i deras arbete. Enligt detta och som jag har förklarat i figur 3 så gäller hypotes 1 och förslag A. Mina antaganden har bekräftats! Dessa antaganden har visat sig vara tillräckliga och korrekta och genom dessa har jag fått belägg och material för att bekräfta min hypotes och förslag.

Hypotes 1 är som har bekräftats säger följande att “operatörsgränssnittet bör utformas utifrån specifika guidelines(kognitiva) som utgör ett grundlag för designen men behöver kompletteras av operatörers aktiva medverkan för att få bekräftan på rätt utformning och funktionalitet i systemet. Dessutom måste man ta hänsyn till mentala modeller som ligger till grund för kunskap hos operatörer. Genom att undersöka mentala modeller hos operatörer kan man utforma bättre operatörsgränssnitt”. Förslag A som samverkar med hypotes 1 säger följande att “det existerar handlingsscheman och mentala modeller över arbetsprocessen som operatören använder sig av i sitt arbete. När operatören kommer i kontakt med bildelement, färg och text genom operatörsgränssnitt krävs en uppdatering av dessa handlingsscheman och mentala modeller. Detta resulterar i modifierad handlingsscheman som baseras på mentala modeller, där konkreta arbetsuppgifter på operatörsgränssnitt utförs med hjälp av mentala modeller. Det är så att de existerande(gamla) mentala modeller används för att hjälpa operatören i sitt arbete med operatörsgränssnitt. De nya mentala modeller som uppkommer hos operatören är modifierad efter de ‘gamla’ mentala modellerna, det vill säga grunden för de nya mentala modeller finns i de gamla mentala modeller.”

Relationen mellan den visuella presentationen och mentala modeller som har varit huvudfrågan i detta arbete besvaras med hjälp av att hypotes 1 och förslag A har bekräftats. Det har visat sig att denna relation är högst kontextberoende och byggs upp av operatörens erfarenheter och kunskaper från operatörens dagliga arbete. Relationen reflekteras i att den visuella presentationen blir lidande då mentala modeller hos operatören inte överensstämmer och är enhetliga, det vill säga operatörsgränssnittet innehar aspekter som utgör den visuella presentationen genom bildelement, färg och text som 'stör' operatören och påverkar de mentala modeller som används i en specifik fas. Här är några citat från operatörer som visar detta:

- "alldeles för svårt att avgöra var nånstans larmet kommer ifrån, bara genom den lilla raden, måste ha mer information..."
- "konstruktören har en helt annan bild av processen...jag tror inte alls att han har samma bild som vi processkillar har...vi lever på flödesscheman och jobbar med dem"
- "KA-tavlan gick dit och visste var pumpen fanns, nu måste jag sätta mig och bläddra mig fram till den å hitta rätt bild"
- "alla operatörer har börjat som stationtekniker, med att springa runt på stationer och lära sig lokaler, lär sig system, hur de ser ut i verkligheten"
- "nu vet jag inte det i digitala mätvärden, man får inte den känslan utan skulle behöva nån slags indikator, nån pil som visade det, betecknade status"
- "kunskap..kan ju hela processen hur den fungerar...jag har kännedom om hur processen fungerar"

Konstruktörernas kunskap om operatörsgränssnittet skiljer sig åt från operatörernas genom att deras kunskap är 'erfarenhetslös', det vill säga de kan inte sätta den i dess sammanhang, och de innehar inte samma orsak-verkan kunskap som operatören besitter. Kunskapen hos konstruktörer bildas genom deras arbete med operatörsgränssnittet, det vill säga genom att de utformar och designar operatörsgränssnitt. Operatörernas kunskap däremot uppkommer genom att de arbetar *igenom* operatörsgränssnittet och stöter på diverse problem.

För att besvara frågan om operatörens mentala modeller och vilka kunskaper de har samt måste ha för att kunna arbeta med operatörsgränssnittet, är svaret att operatören har väl grundade kunskaper om anläggningen, det vill säga kärnkraftverket, vilken i viss mån är väldigt detaljerad. Det viktigaste är att de kan förstå samt sätta saker och ting i sitt rätta sammanhang och se orsak-verkan i händelser och processer som sker och därigenom åtgärda de problem som uppstår. Denna kunskap är nödvändigt för att de skall kunna sköta sina arbetsuppgifter. Grundläggande kunskap om anläggningen, de olika systemen, kontrollrummet och hur allting samverkar är essentiell. Operatörer måste ha en bred kunskap och förmåga att reagera på stimuli, det vill säga information som presenteras på olika sätt, exempelvis genom operatörsgränssnittet eller kontrolltavlan. De skall även kunna analysera och fatta beslut utifrån den informationen de erhåller genom olika medium. På frågan om hur väl detaljerad och utarbetad denna kunskap måste vara för att operatören skall kunna förstå orsaker till felfunktioner genom operatörsgränssnittet, är svaret att denna kunskap måste vara elaborerad och detaljerad. Operatörerna måste i praktiken ha erfarenhet av alla fel som uppstår.

Hur kan jag få svar på mina frågeställningar? Denna fråga besvarade jag genom att tillämpa de fyra faser översiktligt (se figur 3), det vill säga att operatörens arbete indelas enligt dessa, och genom att ta reda på om dessa fyra faser är grundade hos konstruktörer när de utformar operatörsgränssnitt kan man fastställa att denna kunskap kan relateras till dessa fyra faser. Detsamma gäller för operatörer att deras mentala modeller tangeras och används av dem då de arbetar med operatörsgränssnittet och i så fall i vilken utsträckning. De resultat som har utvunnits genom uppdelning av materialet genom de fyra faserna *Övervakning*, *Upptäckt av fel*, *Diagnos av fel*, *Kompensation* finns sammanställd i bilaga 8. Denna uppläggning har varit till stor hjälp för att finna resultaten och sätta ihop de olika delarna. I min metoddel, kapitel 4 gav jag exempel på några frågor som ställdes till konstruktörer och operatörer i intervjuerna och svaren på dessa frågor genom min intervjumall redovisas här genom de fyra faserna. I 4.2.2 gavs även exempel på frågor som ställdes till operatörer angående deras mentala modeller och dessa besvaras också här samt även de frågor som ställdes i 2.2 angående de fyra faser besvaras här:

*Övervakning*—sker främst via larm som påvisas genom olika larmsystem, larmlistor och processbilder. Operatören behöver kunskap och erfarenhet om larmen. De vanligaste larmen är enklast att behandla då operatören har välutvecklad kunskap om dessa. De ovanligaste larmen är svåra att förbereda sig på men detta kan göras till en viss utsträckning på KSU. Citat som visar exempel på hur viktigt larmfunktionen är:

- “med hjälpa av larm jag får, tittar på nivåer, trycker, försöker lägga ihop olika upplysningar man får”
- “så fort man har fått ett larm, man vet ju precis vad det är för pump som har stannat å som inte har stannat-direkt när ett larm kommer”

Dessa svar visar att operatörer har utförlig kunskap om larmen och övervakningsprocessen är beroende av denna funktion. Operatörer får väldigt kortfattad men detaljerat information via larmen som de sedan bearbetar för att vidta adekvata handlingar.

*Upptäckt av fel*—operatören upptäcker fel genom rondning, operatörsgränssnitten, larmsystemet, skrivare, larmlistor, händelselistor och trendbilder. Färgen spelar en väsentlig roll här. Mönsterigenkänning är väldigt viktig i denna fas. Som stationstekniker har operatören fått visuell information ‘inpräntat i skallen’<sup>16</sup> som utnyttjas vid mönsterigenkänning. Citat från denna fas är:

- “färgen skiljer åt larmen, hur viktiga de är färgen talar om det”
- “larm, skrivare, händelselistor....går runt å tittar”

Hur operatören upptäcker ett fel är väldigt viktigt att ta reda på för att kunna införa och implementera denna funktion i operatörsgränssnittet. Mönsterigenkänning och färg är utmärkta medel som man kan använda för att förstärka denna funktion.

*Diagnos av fel*—diagnosticering görs via larmsystemen som är färgkodade men denna funktion finns ej i operatörsgränssnittets larmlistor och händelselistor. Dessutom utnyttjas skiftlaget och man följer driftinstruktioner för en prioritering av fel<sup>17</sup> med

---

<sup>16</sup> Citat från en operatör

<sup>17</sup> Se bilaga 7 för en mall om felhantering



aspekter på tiden. Man följer även inarbetade tillvägagångssätt för att ta hand om olika sorters fel. Mindre fel tar operatören hand om men vid större och allvarliga fel används instruktioner. I denna fas skulle det också tas reda på vilken diagnostisk strategi(se s.12) som operatörer använder för att diagnosticera ett problem. Det har visat sig att operatörer använder sig utav den topologiska sökningsstrategin till en viss nivå där de själva får och kan åtgärda problem. Denna har visat sig i då operatörer har en starkt förankrad spatial bild som de använder i sitt arbete. Efter denna nivå, det vill säga då operatörer är 'tvungna' att följa instruktioner för att lösa ett problem använder operatörer snarare av den funktionella sökningsstrategin. Gränsen emellan dessa har jag inte kunnat undersöka i mitt arbete. Citat från denna fas är:

- “är det störningar har vi då instruktioner som jag tar hjälp av, mindre grejer fixar jag, större grejer använder instruktioner”

Skillnaden mellan vilka saker, störningar som operatören klarar av att 'fixa' själv eller behöver instruktioner för att kunna lösa, är en fråga som kan ge ytterligare information angående operatörers mentala modeller. Operatörens självinsikt om sin egen kunskap och dess begränsning är intressant att undersöka och huruvida deras mentala modeller påverkas av den.

*Kompensation*—översikt bilden som operatören använder sig av i denna fas skaffas genom arbetserfarenhet i stationen, där operatören relaterar objekt direkt i verkligheten, det vill säga de refererar till processer och tidigare händelser. Citat från denna fas är:

- “man klarar inte en operatörstjänst om man inte har varit ute å sprungit på station. Vi ska ju vägleda dem och de skall tala om vad de ser, hör, luktar, såna grejer, så det är ett samarbete och man måste kunna vägleda dem”

Operatörer anser att man måste ha erfarenhet från anläggningen för att kunna vara en operatör i kontrollrummet. Denna erfarenhet 'sitter i ryggmärken' hos operatörer som de använder i alla sammanhang av sitt arbete och utgör deras översikt bild.

För att summera dessa fyra faser så har de hjälpt mig att bekräfta mina hypotes och mitt förslag. Genom att besvara frågor som ställts här visar det sig att de fyra mentala modellerna som används i dessa fyra faser är samverkande. Mentala modeller som inverkar i operatörens arbete visar att alla fyra sorter(enligt s.8) finns närvarande även i operatörens arbete med operatörsgränssnittet. Den visuella presentationen innehåller kritiska faktorer som inverkar i operatörens arbete och mentala modeller som används av operatörer påverkas av dessa, därför är de viktiga att beakta vad gäller operatörsgränssnittets utformning. Processtatusen innefattar väldigt mycket och viktig information som utgör grunden i dessa mentala modeller. Den visuella presentationen genom bildelement, färg och text kan förbättras för att stödja de mentala modeller som operatören använder i sitt arbete. Dessa svar har funnits i operatörernas svar angående mentala modeller och den visuella presentationen.

## **6.1 Resultat ur undersökningar**

Konkreta resultaten och exempel på problematik som uppstår när operatören arbetar med operatörsgränssnittet är följande:

- Undersökningarna och arbetsprocessen har gett mig belägg för att operatörsgränssnittet är ej välanpassade till den konventionella utrustningen

som finns i kontrollrummet. Detta visar sig i de problem som uppkommer då operatören arbetar med operatörsgränssnitten. Ett problem är exempelvis systemnummer, namn och beteckningar som används i operatörsgränssnitten vilka inte stämmer överens med hur de visas i den konventionella utrustningen och skapar svårigheter då operatören skall samköra sina arbetsuppgifter i bägge miljöer.

- Operatörsgränssnittet är ej heller anpassat till situationen i kontrollrummet vad gäller bildelement, färg och text. Här är det en fråga om två olika representationssätt, det vill säga det konventionella versus det nya. Representationen av bildelement, färg och text borde följa de givna reglerna och konventionerna som finns angående dessa, som till exempel bildelementen bör se ut som de gör i pappersritningar(flödesscheman) som operatören använder, men problemet är att dessa liknar inte verkligheten utan är just specifikt en konvention om hur man ritat och avbildat fysiska föremål som exempelvis pumpar och ventiler.

Operatörsgränssnitten bör påkalla operatörens uppmärksamhet med avseende på färg, bildelement och text på ett bättre sätt än idag, samt stödja operatören i hans arbete med operatörsgränssnitt. Vad gäller färg så är detta ett effektivt hjälpmedel i mänsklig perception, då man automatiskt refererar en färg och utnyttjar den utan ansträngning. Detsamma gäller för bildelementen att de skall symboliseras och kodas på ett lika effektivt sätt som färg. Vad gäller text är detta svårare då det inte finns något självklart koncept att följa men man kan automatisera denna process genom att hänvisa till operatörens speciella 'språk' som består av olika sorters förkortningar, kodade uttryck och specifika termer som operatören arbetar med dagligen.

Genom intervjuerna har några aspekter uppmärksammats, ett av dem är att det är svårt för operatörerna att snabbt hitta till rätt bild vid rätt tidpunkt i skärmbilderna. Om man vill hitta en specifik ventil som man har fått ett larm på blir man tvungen att leta efter den själv genom skärmbilderna, det vill säga det finns inget stöd i operatörsgränssnitten som underlättar sökandet för operatören. En annan viktig aspekt är larmhanteringen som är det viktigaste momentet i operatörens arbete enligt de fyra faserna. Detta bör ges mer vikt och stöd i operatörsgränssnitten för att underlätta operatörens arbete och anpassas till den miljö det skall användas i. Den tredje aspekten är avståndet till bildskärmarna. Bildskärmen och operatörsgränssnitten är anpassade till kontorsbordsavstånd medan operatören sitter sällan framför samma skärm under en längre period. Operatörens arbetsätt innebär att gå runt omkring och titta på olika saker, utföra arbetsuppgifter i kontrollrummet genom olika instrument, paneler, och kontrolltavlor som är utspridda i hela kontrollrummet, vilket i sig är ganska stort. Dessa aspekter är viktiga problem som har uppmärksammats men de kan åtgärdas utan svårigheter och till operatörens tillfredsställelse.

### **6.1.1 Konstruktörsintervjuer**

Ur konstruktörsintervjuerna har jag funnit belägg för att konstruktörer har följt Advant standard i grund och botten, med dess begränsningar och möjligheter men de har även följt avdelningens egen 'standard' och regler för operatörsgränssnitt. Dessutom har de följt egna 'privata regler', som ej är inkluderade i de två ovannämnda kategorier, som lösning på specifika situationer och problem. Konstruktionsmodellen över operatörsgränssnitt är väldigt detaljerad, och finns specificerad i olika dokument på ABB Atom. Trots detta finns det vaga områden, exempelvis utformning och design,

där avdelningen inte har en *egen* specificerad standard utan använder de ovannämnda tre sätten.

Konstruktörerna har en operatörsmodell som består av översikt-kunskap om operatörens arbete. På några områden har några konstruktörer detaljerad kunskap, därför att de har varit en tid på något kärnkraftverk. För övrigt skaffas denna kunskap genom att 'fråga sig fram'. Konstruktörerna har varierande och skiljande mentala modeller över operatörens arbete (jfr Van der Shaffs citat på s.4). Detta kan förbättras genom att tidigt införa en samarbetsfas, där dialogen mellan operatörer och konstruktörer är en väsentlig del av samarbetet. Citat som exempel på detta är:

- "frågat mig fram genom folk i kontrollrummet eller andra människor och använt kunskaper från tidigare.."

Konstruktörens kunskap är bristande främst vad gäller operatörer vilket påverkar den visuella presentationen som i sin tur influerar operatörernas mentala modeller (se figur 3).

### 6.1.2 Operatörsundersökning

Ur operatörsundersökning är några detalj resultat som stödjer mina antaganden och hypoteser följande: det har visat sig att operatörens kunskap om anläggningen byggs ifrån de fysiska objekten i varje system och dessa påvisas genom olika sorters instrument som reläer, flaggor och tryckknappar, det vill säga analoga värden i stationen<sup>18</sup>. Denna kunskap skaffas då operatören börjar som stationstekniker och får arbeta i olika stationer genom att utföra olika arbetsuppgifter. Operatören har välutvecklade och detaljerade mentala modeller som skaffas i detta skede. Erfarenheten och kunskapen härifrån utnyttjas av operatörer i allt arbete som de utför, både direkt och indirekt, för att se en orsak-verkan i processerna. Citat som exempel på detta är:

- "vi tittar på bägge, de som är nya tittar bara på bildskärm inte tavlan"
- "tar upp en bild för att titta på nåt specifikt, ja, det är svårt att säga normalt tittar man ju på 3-4 grejer kanske, mer tittar man inte direkt på"
- "vid störningar tittar på knappar, varvtal, effekt inte operatörsgränssnittet"
- "tittar på mätvärden som jag vill ha tag i, ett par stycken värden, tittar på effekten (termisk)"

Operatörers kunskap om kontrollrummet uppkommer från den konventionella kontrollutrustningen, med pulpeter, översiktstavlor, kontrolltavlor, larmhanterings-system, knappar, och synliga 'flödesscheman' med instrument som visar analoga värden. Dessutom finns det ofta annan utrustning i kontrollrummet som inte är synlig från operatörens 'arbetsbord', utan denna finns i angränsande rum. I sitt arbete i kontrollrummet använder operatören mentala modeller som har skaffats i sitt tidigare arbete som stationstekniker och i anläggningen. Dessutom har operatören nya mentala modeller för specifikt arbetet, händelser och situationer i kontrollrummet.

Operatörers kunskap om operatörsgränssnittet uppkommer genom att den är uppbyggd på ett specifikt sätt. Systemet har tre olika nivåer, anläggning, system och komponent. På komponentnivån finns bildelement, färg och text som jag har behandlat i detta

---

<sup>18</sup> Station är en avgränsad del av anläggningen, dvs fysiskt lokaliserat på ett ställe

arbete. Färg och form är ett hjälpmedel för att presentera mätvärden, processinformation och tillstånd. I processbilder presenteras mätvärden i digitalform, men det finns trendbilder och andra bilder som innehåller staplar och diagram där både analoga och digitala presentationsteknik används. Representationen följer riktlinjer för de flödesscheman som finns över anläggningen och som operatören arbetar med, även om dessa inte alltid är exakta avbildningar i operatörsgränssnitten. Operatören får information om exempelvis ett bildelement genom att se dess beteckning(identitet), det vill säga genom att se det i ett system sammanhang i en processbild, samt genom att erhålla information om tillståndet som färgen, texten och bildelementet visas i. De mentala modeller som finns här har tangerats specifikt i sammanhanget av den visuella informationen som utgörs genom bildelement, färg och text.

Operatörens kunskap är regelbaserad och de använder heuristik i sitt vardagliga arbete. Den topologiska sökningsstrategin som har behandlats tidigare är dock enbart begränsad till fasen *Diagnos av fel*, i övrigt är operatörens kunskap regelbaserad. Dessa regler är uttryckta i instruktioner som gäller för specifika åtgärder, situationer och händelser (se bilaga 7). Dessa instruktioner och regler är till för att användas av operatörer om de behöver vägledning, förslag eller ett beprövat sätt att åtgärda ett problem, det vill säga ett konkret handlingssätt att tillämpa på problemet. Operatörer har en bild över processen i anläggningen som är en spatial bild och visuella bilder bevarar spatiala relationer(se citat från Brehmer s.4). Dessa visuella bilder består av dels en bild av såsom det faktiskt ser ut på anläggningen. Denna bild är en översiktsbild, det vill säga är inte en detaljerad bild över var exakt alla komponenter finns, men snarare hur det ser ut enligt flödesscheman förenat med de synliga objektet i anläggningen systemvis som operatören har kommit i kontakt med genom sin arbetsperiod som stationstekniker. Den andra delen består av en spatial processbild, det vill säga hur flödet går igenom olika system och påverkar anläggningen. Detta stämmer överens med Brehmers citat (se s.4) att operatörer har en spatial bild, vilket de orienterar sig efter, det vill säga de använder sig av visuella signaler och visuell information samt sin egen varseblivningsprocesser. Detta gäller för alla faser men främst för övervakningsfasen.

## **6.2 Implikation av resultaten**

Resultaten i sin kontext med hänvisning till de som jag har beskrivit ovan innebär att operatörer använder sina redan existerande(gamla) mentala modeller i arbetet med operatörsgränssnitt. Dessa utnyttjas väldigt mycket och processbilden som de arbetar med är uppbyggd av kunskap och erfarenhet från deras arbete i anläggningen. Grunden byggs upp genom att börja arbeta som stationstekniker och efter många års erfarenhet har man skaffat sig en bred och detaljerad kunskap om anläggning. Denna kunskap utnyttjas vardagligen av operatören i sitt arbete i kontrollrummet. De mentala modeller som råder i denna kontext hos operatören anpassas och uppdateras då operatören arbetar med operatörsgränssnitt. Därför är det viktigt att operatörsgränssnittet är anpassat till operatörens 'verklighet', det vill säga operatörens dagliga arbete, de processer som dom kommer i kontakt med och för detta finns ett utmärkt verktyg, nämligen operatörens mentala modeller.

Den visuella presentationen idag i operatörsgränssnitt är ett mellanting mellan flödesscheman som operatören använder i sitt arbete och verkligheten som representeras för operatören genom flödesscheman. Men dessa är inte exakta, utan just

specifikt en representation som är viktig för operatören. I operatörsgränssnitt borde dessa flödesscheman förankras mer än vad de gör idag samtidigt som de bör uppfylla samma kriterier, det vill säga samma slags bildelement(symboler), färgkodning och text(beteckningar och formuleringar). Det har visat sig att då det redan finns kodade regler för färg, bildelement och text bör dessa användas för att förenkla och automatiskt trigga<sup>19</sup> operatören. I de fall då dessa flödesscheman saknas borde dessa aspekter utformas efter noggranna undersökningar på dess användare i sitt kontext.

Naturligtvis kan dessa flödesscheman(representationen av dem) förbättras och utformas i en nyare version i operatörsgränssnitt, men då är det desto viktigare att testa dessa på operatörer och ta hänsyn till deras mentala modeller i operatörsgränssnittsdesign. Operatörens kunskap och erfarenhet om anläggningen och dess processer är essentiell i operatörens arbete som byggs upp från den tiden operatören är stationstekniker. Denna används av operatörer i deras arbete i kontrollrummet och utnyttjas också i arbetet med operatörsgränssnittet. Operatörsgränssnittet är stödande om representationer är utförliga och adekvata.

### **6.3 Metoddiskussion**

De metoder som jag har använt i min undersökning kan diskuteras om de är pålitliga för att ge underlag och besvara mina frågeställningar. Jag har utgått ifrån den kvalitativa metoden för att jag ansåg mig besitta tillräckliga kunskaper för att kunna utforma en undersökning enligt den. Jag tillämpar denna metod i intervjustudien, direktobservationer och tänka-högt-metoden. Detta har gjorts för att jag ansåg dessa metoder adekvata för att besvara mina frågeställningar. Naturligtvis hade jag kunnat använda en kvantitativ metod och tillämpat denna genom att utforma undersökningen enligt den men då jag insåg att detta skulle innebära användandet av kunskaper i den kvantitativa metoden som jag inte besitter samt skulle implicera svårigheter i utförandet av undersökningen rent praktiskt främst på grund av resurser och tidsfaktorer. Därför valdes den kvalitativa metoden.

De metoder från vilka jag har dragit mina slutsatser är intervjumetoden utförd på konstruktörer och operatörer. Direktobservation och tänka-högt-metoden har inte inkluderat i mina slutsatser därför att det vetenskapliga kriteriet i dessa utförandet är bristande då dessa kan inte redovisas. Direktobservationen har iakttagits av mig och har gett mig värdefull information som kompletterar min helhetsbild i undersökningen. Utan denna del hade jag haft väldigt svårt att förstå sammanhanget och kunna tolka intervjustudien i dess kontext. Vad gäller tänka-högt-metoden finns de bevarat på band men dessa är väldigt svåra att tolka då utförandet inte blev som planerat på grund av praktiska begränsningar.

Hur metoden har påverkat resultatet kan diskuteras, för att undersökningen utformades utifrån ett specifikt syfte och metoden som användes har givit mig svar på mina frågeställningar. Metoden som har tillämpats anser jag har varit adekvat och har gett mig de relevanta resultat som jag har behövt för att bekräfta hypoteser, förslagen och antaganden. De tillämpade metoderna har följt de angivna teorierna och den teoretiska bakgrunden väldigt väl samt som undersökningen har illustrerats i figur 3.

---

<sup>19</sup> trigga från engelskans trigger

## **6.4 Resultatdiskussion**

De resultat som jag har fått i denna undersökning utgår ifrån frågeställningar om operatörsgränssnitten och specifikt färg, bildelement och text. Detta gäller för konstruktörernas arbetssätt och vilka riktlinjer de har följt angående färg, bildelement och text. De viktigaste resultaten har erhållits ur operatörsstudien där hur operatörer arbetar i ett kontrollrum, hur de skall använda och sköta sitt arbete genom ett operatörsgränssnitt samt de teoretiska aspekter och frågeställningarna har undersökts.

Alla dessa tre delar av studien har utgjort en väsentlig komponent för helhetsförståelsen och presenterat resultat i en kontext och perspektiv som inte kunde ha förbisetts. Om undersökningen har koncentrerats på enbart en del och kategori, hade resultaten inte kunnat impliceras generellt och kunnat besvara mina frågeställningar och bekräftat hypotesen.

### **6.4.1 Reliabilitet**

Reliabilitet innebär att undersöka konsistentfaktorer i en studie, det vill säga om man kan erhålla samma data och utslag om ett försök upprepas. Min studie har utförts utifrån ett kvalitativt undersökningsmetod och jag anser att det är möjligt att upprepa undersökningen och få samma resultat om det utförs i samma kontext. Dessa resultat skulle antagligen inte vara enhetliga i detalj men med största sannolikhet skulle dessa resultat överensstämma översiktligt och generellt. Dessa skulle skilja sig åt därför att människor är individer och de individuella skillnaderna skulle antagligen ge sitt uttryck, samt en annan faktor är att jag som undersökaren har implicit inverkan på undersökningen och resultaten. Det kan även vara svårt att uppnå exakt samma miljö, uppläggning och utförandesätt.

### **6.4.2 Ekologisk validitet**

Ekologisk validitet innebär att avgöra ett resultats giltighet i en specifik miljö. Det finns miljö specifika faktorer som inverkar i en undersökning och dessa är viktiga att påpeka. De faktorer som har inverkat i min undersökning har redogjorts och deras inverkan på resultaten har också visats i detta arbete.

Studien har en hög ekologisk validitet vad gäller operatörens arbete i kontrollrummet. Bekräftande operatörsgränssnitt kan man anta att validiteten är hög men man måste beakta faktumet att kärnkraftverk skiljer sig från varandra och detta inkluderar kontrollrummen. De skiljer sig åt strukturmässigt och rent visuellt, därför bör operatörsgränssnitten följa dessa. Man skulle utan tvekan tillämpa resultaten i övriga kärnkraftverk men vad gäller operatörer i annan industri är detta inte rekommenderat. Det existerar liknande problem i andra kontexter, miljöer och industrier, men då mina resultat är högst kontextberoende skulle detta innebära diskrepanser då dessa tillämpades på andra områden.

### **6.4.3 Generalitet**

Generalitet innebär att kunna generalisera resultaten på andra områden. Mina resultat kan generaliseras till andra områden eller åtminstone användas för att reflekteras över och ta hänsyn till dessa i utformandet av undersökningar vad gäller operatörsgränssnittsdesign. Dessa kan också impliceras vad gäller mentala modeller hos operatörer i andra områden och utnyttjas för att behandla relevanta aspekter.

## 7 Slutsatser

Slutsatser angående arbetet och undersökningen är att de teorier från Brehmer som har tillämpats har varit givande. Förhoppningsvis har jag givet svar på några frågor som ställs där samt presenterat material och resultat som kan användas i fortsatta studier på området. Genom undersökningen har jag funnit den visuella presentationens inverkan på mentala modeller och kunnat analysera operatörsgrenssnitten genom detta. Dessutom har jag även kunnat finna mentala modeller som uttryckts i Brehmer med hjälp av de fyra faserna. En hypotes(1) och ett förslag(A) har bekräftats genom undersökningen som har varit utformats ifrån egna antaganden om de rådande förhållandena. Tidigare forskning, som exempelvis artiklarna, har tillämpats och visat sig vara relevant då de har påpekat viktiga faktorer. De kognitionsvetenskapliga termer som har använts för att identifiera och förenkla arbetet har varit till en oersättlig hjälp i denna process. Genom undersökningen har jag funnit intressant data och material som jag hoppas kan vara till nytta i fortsatta studier och undersökningar.

### 7.1 Kognitionsvetenskaplig relevans

De resultat som jag har fått fram i detta arbete och genom min undersökning implicerar att studier om mentala modeller är relevanta och ett utmärkt instrument för att undersöka de existerande förhållandena samt för att finna diskrepanser. Det är möjligt att med hjälp av mentala modeller även finna praktiska lösningar och förbättringar, i detta fallet specifikt för operatörsgrenssnittsdesign. Det finns andra områden som också kan vara till hjälp i detta arbete och ett område är kognitiv belastning<sup>20</sup> i samband med mentala modeller. Kognitiv belastning behandlar informationsprocesser på två nivåer. Den ena är en medveten nivå, där informationsprocessen är långsam, har begränsad kapacitet, arbetar sekventiellt samt innehar en flexibilitet. Den andra nivån som är den automatiska nivån behandlar information snabbt och parallellt. Denna nivå har en mycket stor kapacitet och hantera information som angränsar den sensomotoriska nivån. Dess styrka ligger i mönsterigenkänning, färg, frekvens och automatiska rörelser.

“Hur information presenteras har en stor betydelse för vilken kognitiv nivå som blir mest inblandad i avläsningen” säger Schneider (1993, s.102). I kontrollrummen utnyttjas den automatiska nivån i den konventionella utrustningen genom att exempelvis när visarinstrument indikerar ett normalläge men när de avviker uppfattas detta direkt. Denna princip borde tillämpas i datorsystemen och operatörsgrenssnitten, det vill säga den automatiska nivån borde utnyttjas och man borde presentera informationen enligt denna för att minska belastningen på den medvetna nivån.

Inom området som har undersökts finns en del aspekter med kognitionsvetenskaplig relevans och frågeställningar som kan besvaras med hjälp av kognitionsvetenskapliga termer och forskning inom detta. Dessa gäller exempelvis belastningar på korttidsminnet, orienterings- och navigeringsproblem som har nämnts tidigare, kognitivt tunnelseende, nyckelhåseffekten, onödigt kognitiv belastning samt spatiala problem som spatial virrighet och spatiala representationer. Ett viktigt område är informationskodning, som spelar en väsentlig roll i hur väl utformad ett operatörsgrenssnitt blir till exempel eller hur information skall kodas för att automatiseras och utnyttjas maximalt i sin användning.

---

<sup>20</sup> Ur artikel Att köra över människors inneboende autopilot av Werner Schneider(1993)

## 7.2 Riktlinjer för operatörsgränssnittsdesign

Riktlinjer som jag kan ge utifrån min undersökning för operatörsgränssnittsdesign är att man skall engagera operatörer i ett tidigt stadium av operatörsgränssnittsdesign. För konstruktörer gäller att dessa bör vistas i operatörsgränssnittsmiljön innan operatörsgränssnitts designas för att relatera operatörsgränssnitt i dess rätta miljö, observera hur operatörer arbetar för att få riktlinjer och upptäcka problem som skall beaktas och undvikas i operatörsgränssnitt. I denna process är det också relevant och nödvändigt att undersöka mentala modeller hos användarna (operatörer).

Vad gäller den visuella presentationen och specifikt bildelement, färg och text bör dessa överensstämma med de existerande regler som gäller för dem i den miljö de skall användas, det vill säga i detta fall specifikt anpassas till KU<sup>21</sup>. Dessa skall ha en bestämd och definierad betydelse, det vill säga vara kodade och inte ha en 'lös' betydelse i operatörsgränssnittet. Färg är ett väldigt effektivt instrument och specifika tillämpningar bör utredas innan man tillämpar en standard som lösning i operatörsgränssnittet, då exempelvis en färg kan ha en nyans eller kulör som kan vara helt fel i en specifik kontext och miljö men som fungerar utmärkt i en annan.

Vad gäller texten bör det följa de konventioner och tillämpade 'språk' som används av användarna i deras arbete för att underlätta och förenkla arbetet både vad gäller de kognitiva processerna samt inläringen av ett nytt arbetssätt genom exempelvis operatörsgränssnittet. Vad gäller fonten och storleken på texten bör man ta hänsyn till arbetsavståndet, belysningen och kontexten som det skall användas i, det vill säga vilken funktion har texten, hur viktig är den och kan användaren klara sig utan den.

Bildelement är ett problematiskt område då det finns regler och konventioner angående dessa som kan vara motstridiga. Detta gäller för representationen, symboliken, funktionaliteten och informationsinnehållningen som ett bildelement skall förmedla. Ett exempel på detta är att det finns två vanliga konventioner vad gäller att indikera öppet/stängd-läge på en ventil. Den ena konventionen säger att ett öppet ventil skall indikeras genom att vara ifyllt medan när den är stängd visas den tom, det vill säga endast ramen visas. Den andra konventionen är precis tvärtemot. I dessa fall kan det vara svårt att ge rekommendationer därför att konventioner kan vara väldigt djupt förankrade hos sina användare men samtidigt är frågan vilket sätt är kognitivt mer lämpligt än det andra.

Generaliseringar och standards är ett hjälpmedel för konstruktörer men dessa kan vara väldigt farliga då man binder sig till en regelsättning utan att titta på kontexten, syftet och funktionaliteten. Den visuella presentationen bör följa rekommendationer men dessa skall inte följas blint! Vad som behövs är att utforma riktlinjer och regler för olika komponenter i operatörsgränssnittsdesign utifrån en kognitionsvetenskaplig perspektiv. Genom detta har man förhoppningsvis behandlat komponenterna med hänsyn till de kritiska områden som har getts exempel på ovan och funnit rekommendationer som kan gälla i operatörsgränssnittet.

---

<sup>21</sup> KU är kontrollutrustning i kontrollrummet bestående av kontrolltavlor, översiktstavlor, pulpeter m.m.



## **8 Avslutning**

Avslutningsvis skall påpekas att hela perioden och processen med examensarbetet har gett mig erfarenheter vad gäller att både teoretiskt och praktiskt att utforma en studie och utföra den, samt rapportera vad man har gjorts och hur man har gått tillväga.

Erfarenheter från intervjuerna, direktobservationer och tänka-högt-metoden är ovärderliga då de har ytterligare gett mig insikt om komplexiteten, begränsningar, svårigheter och möjligheter som finns i dessa. Att ha utfört mitt arbete i en specifik kontext på ABB Atom har gett mig en kunskap om hur ett projekt och operatörsgränssnitt utformas konkret i industrin, det vill säga vad detta innebär och vilka aspekter som spelar en roll.

### **8.1 Fortsatt arbete**

Det finns en del aspekter att undersöka och fortsätta på i området, både vad gäller i specifik miljö eller miljöberoende. Ytterligare studier bör bedrivas för uppklarande av mentala modeller vad gäller operatörer. Detta gäller även problematiken med representationen av fysiska föremål i flödescheman och senare i operatörsgränssnitten. Forskningen inom operatörsgränssnitten bör utföras inom de kognitionsvetenskapliga områden då teoretiska aspekter kan vara till en väsentlig hjälp för dessa och inte enbart utifrån MMI-aspekter. Exempel på dessa är deklarativ och procedurell kunskap som operatören använder i olika skeenden av sitt arbete och arbetsuppgifter.

Mentala modeller är ett relativt outforskat område där det finns aspekter vad gäller operatörer och operatörsgränssnitt som behöver granskas närmare. Inom detta område finns många obesvarade frågor och det behövs fortsatt arbete och forskning för att besvara dessa frågor och erhålla kunskap om mentala modeller.

Vad gäller bildelement, färg och text finns en del att utreda inom dessa områden för presentation på bildskärmar. Ett exempel är inom färg, där färgens påverkan, färgsättning i olika miljöer och kontexter, färgkodning samt vilka färger som bör användas beroende på funktion, syfte och avstånd, behöver studeras ytterligare.

### **8.2 Framtiden för operatörsgränssnitt**

Framtiden för operatörsgränssnitt innebär att dessa kommer att införas och användas i och med datoriseringen av industrin. Då operatörer skall utföra sina arbetsuppgifter oavsett industri och syfte kommer de att bemöta och interagera med ett operatörsgränssnitt. För att underlätta operatörens arbete skapas en automatik i operatörsgränssnitten, istället borde operatörer ges en chans att tillämpa sin kunskap och vara en aktiv komponent i arbetet genom att bättre utforma och designa operatörsgränssnitt för interaktion än enbart observation. Ge operatörer större kontroll och möjligheter i operatörsgränssnitten och för detta krävs en bättre design av operatörsgränssnitten. För detta är det väldigt viktigt att utföra adekvata studier vad gäller operatörsgränssnitt och undersöka de relevanta aspekter och finna belägg för dessa. Industrin har en fördel av att undersöka operatörsgränssnitt, bedriva studier om dessa för att i längden erhålla och skapa operatörsgränssnitt som optimerar operatörens arbete och utgör en grund för dem i deras kunskapsuppbyggnad.

## Referenser

- Andersson, K. (1996) 7.3 *Människa.maskin-gränssnitt* Ringhals 1-Projekt RAMP. Konstruktionsförutsättningar Teknikområde Kontrollrum. Rapportnr SCD 96-1052.
- Brehmer, B. (1989) *Operatören och styrsystemet-vad kan vi lära oss från beteendevetarna?* CMD-rapportnr 2/89. Uppsala: Uppsala universitet, CMD.
- Brehmer, B. (1993) *Processoperatörernas arbete i moderna kontrollrum. Människor, datateknik, arbetsliv*, red. Lennerlöf, Publica, s.115-134.
- Carrera, J.P., Easter, J.R. & Watson, C.D. (1991) *Providing Decision Support in Westinghouse Nuclear Power Plant Man-Machine Interface Systems*. Proceedings of the Human Factors Society 35th Annual Meeting. Amsterdam: Elsevier Science Publishings Inc.
- Eysenck, M.W. & Keane, M.T. (1995) *Cognitive Psychology*. UK: Erlbaum(UK) Taylor & Francis.
- Falzon, P. (1990) *Cognitive Ergonomics*. London: Academic Press LTD.
- Fenton, E.F. & Duckitt, W. (1991) *The Darlington Control Room and Operator Interfaces*. Proceedings of the Human Factors Society 35th Annual Meeting. Amsterdam: Elsevier Science Publishings Inc.
- Garland, W. J. (1993) *Dealing with the Dilemma of Disparate Mental Models. Proceeding of the Fifth International Conference on Human-Computer Interaction, IV. Help and Learning*, vol.2, s. 903-908.
- Glass, A. L. & Kolyoak, K. J. (1986) *Cognition*. Singapore: McGram-Hill Book Company.
- IEC/CEI (1989) 1989-03. *Design for Control rooms of Nuclear Power Plants*. Refnr: CEI/IEC 964: 1989
- Johnson-Laird, P.N. (1983) *Mental Models*. Cambridge: Cambridge University press.
- Lundh, L-G. & Montgomery, H. & Waern, Y. (1992) *Kognitiv psykologi*. Lund: Studentlitteratur.
- Neisser, U. (1976) *Cognition and Reality*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Norman, D. (1994) *The Design of everyday things*. Mass: Addison-Wesley.
- Olausson, J. (1996) *Dokument 7.1: Kontrollrum, pulpeter och översiktstavlor*. Ringhals 1-RAMP. Konstruktionsförutsättningar Teknikområde Kontrollrum.
- Rasmussen, J. & Andersen, H. B. & Bernsen, N. O. (1991) *Human-Computer Interaction: Research Directions in Cognitive Science, European Perspectives Vol. 3*. East Sussex: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Schneider (1993) *Att köra över människors inneboende autopilot i Människor, datateknik, arbetsliv*. Publica s. 99-113.
- Tauber, M.J. & Ackermann, D. ed. (1991) *Mental Models and Human-Computer Interaction 2*. Amsterdam: North-Holland. Elsevier Science Publishers.
- Van der Schaaf, T. W. (1989) *Redesigning and evaluating VDU Graphics for process control: cognitive ergonomics applied to the operator interface. Designing and Using Human-Computer Interfaces and Knowledge Based Systems*.
- Wachtel, J. A. & Correia, R. P. (1991) *Designing for the future of Nuclear Power Plants: International Perspectives on Advanced Control Room Design and Philosophy. Proceedings of the Human Factors Society 35th Annual Meeting*. Amsterdam: Elsevier Science Publishings Inc.
- Waern, Y. & Waern, K-G. (1996) *Programergonomi ur Kontoret, tekniken och människan*. Lund: Studentlitteratur

## BILAGA 1: Beskrivning av ett kontrollrum och operatörens arbete

I kontrollrummet arbetar ett skiftlag ett arbetspass på ca åtta timmar.

Ett skiftlag består av:

- skiftingenjör som är underställd driftchefen, har operativ ansvar för säkerhet, produktion, miljö och fysisk skydd.
- reaktöroperatör som är underställd skiftchefen, har ansvar för reaktöranläggningen och tillhörande hjälpsystems säkra drift samt även driftåtgärder.
- turbinoperatör som är underställd skiftchefen, har ansvar för turbinanläggningen och tillhörande hjälpsystems säkra drift samt även driftåtgärder på sitt område.
- eloperatör som är underställd skiftchefen, har ansvar för övervakning av blockets elanläggning samt driftåtgärder på elsidan.
- stationstekniker som är underställd skiftchefen och arbetsledd av reaktöroperatör och turbinoperatör, ansvarar för beordrade arbetsuppgifter som gäller anläggningens säkra drift och att beordrade driftåtgärder utförs.

I kontrollrummet finns och uppkommer följande:

*KA* - kontrolltavla för indikering och manöver av de primära processsystemen(reaktor och turbin) samt vissa hjälpsystem.

*Larm* - varje händelse som kräver operatörens uppmärksamhet och därför är kvittenspliktig definieras som larm.

*Händelse* - förändring av ett tillstånd såsom passage av ett gränsvärde(analoga signaler) eller statusändring(digitala signaler) definieras som en händelse

*Översiktstavla* - översiktstavlan är placerad i kontrollrummet framför pulpeten för att ge operatören en god översikt. Tavlan är uppdelad i en reaktor och turbideld och visar hela anläggningens status på ett överskådligt och enkelt sätt. Huvudprocessen presenteras i form av ett förenklat flödesschema. Larm av högsta prioritet samt samlingslarm indikeras i översiktstavlan.

*Pulpet* - 'bord' i kontrollrum från vilken manöver och övervakning sker.

*MK-ställare* - manöverkvittens-ställare är en apparat för manuell manöver från kontrolltavlan.

*Arbetsbesked* - ett dokument som beskriver vad som skall utföras eller göras på en specifik del, dvs det kan vara att checka en komponent på någon del av anläggningen och sedan rapportera att detta har utförts och beskriva exakt vad som har gjorts.

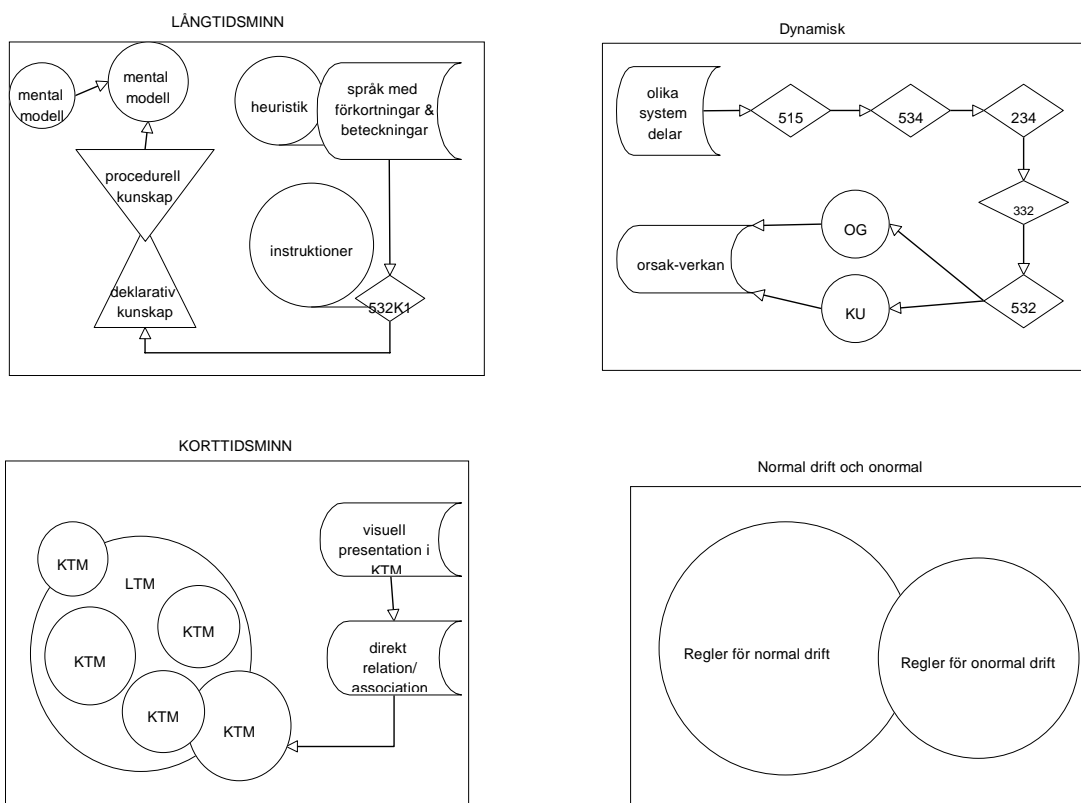
*Rondning* - är ett arbetsmoment som ingår i operatörens arbetsrutiner, vilket innebär att gå runt på anläggningen, både i kontrollrummet och på stationerna, och använda listor för att pricka av och se över olika mätvärden och processer. Detta är ett slags konkret kontrollmoment där operatören fysiskt måste gå runt och se hur förhållanden är och bekräfta att allting står rätt till.

### **Bildskärmar och bilder**

Bildskärmar i kontrollrummet används för normaldrift, övervakning, provning och styrning av processen. I störsituationer utnyttjas bildskärmar för översiktlig information som komplement till övrig kontrollutrustning. Därigenom bibehålls det intränade arbetssättet.

Bilderna utformas ifrån det syfte de fyller, dvs översikt, manöver, processanalys, signalering, prov och underhåll. Samt utifrån anläggningens indelning i system och funktioner. Detta görs även för att stödja en given uppgift, samt analysstöd genom särskilda bilder.

## BILAGA 2: Mentala modeller A, B, C, D

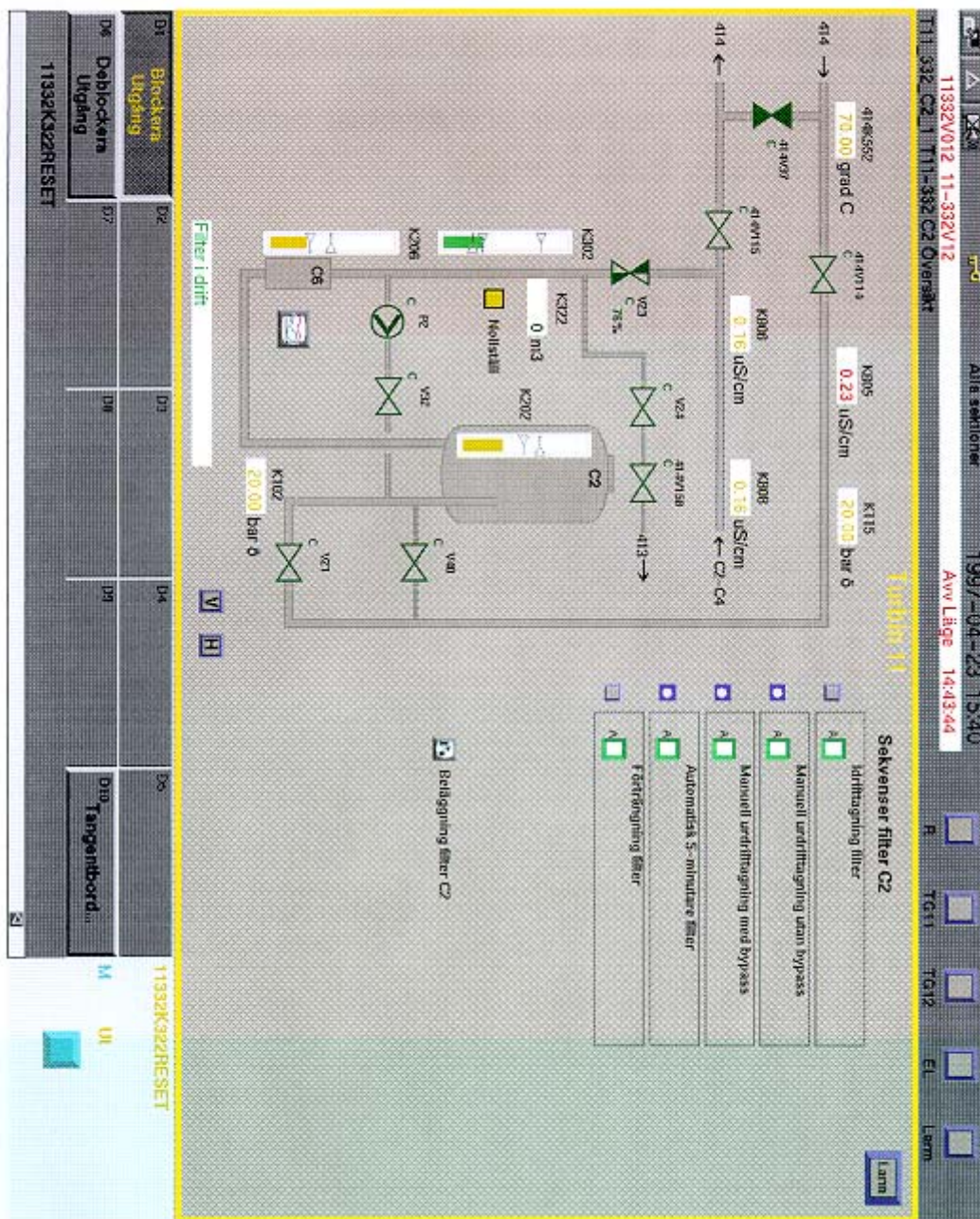


Dessa bilder är illustrationer för beskrivningar av mentala modeller enligt de nedanstående:

- Mental modell** kan vara den kunskap som operatören har i *långtidsminnet*
- Mental modell** kan vara den kunskap som betecknar den aktuella bilden utav systemets tillstånd i *korttidsminnet*
- Mental modell** kan vara den kunskap som operatören utnyttjar i sina försök att styra ett *dynamisk system*
- Mental modell** kan bestå av en modell för *normal process* samt en modell för *onormal process* och detta tillsammans ger en adekvat helhetsbild

Dessa illustrationer skall visa hur operatören använder dem och hur de kan uppkomma.

# HARDCOPIES FRÅN SYSTEM 532 & 332

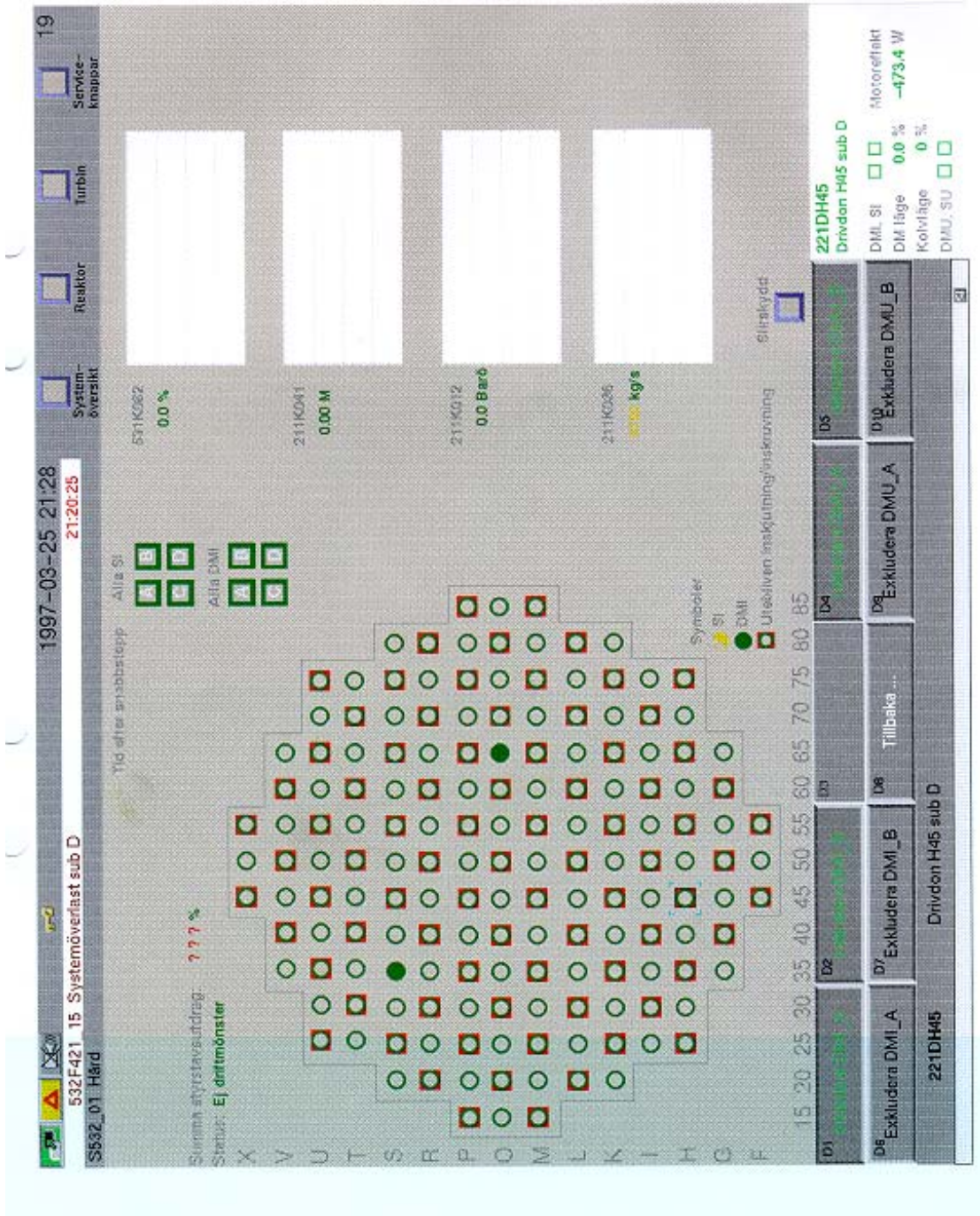




D1	D2	D3	D4	D5
D6	D7	D8	D9	D10
Styrstavslög		Övervaktsbild		Hård









## BILAGA 4: Frågor till Konstruktörer

Kursiverad text i intervjufrågorna innebär att dessa frågor har inte ställts i alla intervjuerna. Eller att de har varit onödiga att fråga då de har besvarats indirekt eller tidigare.

Namn:

Utbildning:

Arbetat hur länge + arbetserfarenhet:

Ålder:

1. Din specifika insats - vad har du utformat och designat ?
2. Hur länge och hur många gånger har du gjort konstruktions- och designarbete ?
3. Åsikter om designarbete, specifikt & generellt ?
4. Vad tycks om lagarbete respektive att utforma något själv , dvs uppdelning av OG ?
5. Hur planeras designarbetet ?
6. Första testningen gentemot kunden ?
7. Vad vet du om kontrollrummet och miljön där OG skall installeras ?
8. Kunskap om operatörsarbete ?
9. Detaljerad eller överblick ? Var har konstruktörerna fått kunskap om operatörsarbete ?  
Ex. genom utbildning, intervjuer, från andra konstruktörer ?
10. Vad tror operatören(individen) om er och ert arbete ?
11. Vilka medvetna avvikelser har gjorts från standards ?
12. Vilken är en typisk standardbild ?
13. Vilken är typisk egendefinierad bild ?
14. Hur har standards tillämpats ?
15. Hur har avvikelser motiverats ?

### *Bildstruktur*

- A. Vilket ger mest informatin: text eller bild ?
- B. Hur skall man 'rätt' placera och kombinera text + bild ?
- C. Färgval av text + bild ? Olika färger ...
- D. Varför används beteckningar/namn på bilder, bildobjekt - är det nödvändigt ?
- E. *Proportion text och bild ?*

### *Bildhierarki*

- A. Hur uppgjordes bildhierarkin ?
- B. Hur struktureras bilderna: Top-down eller Bottom-up metod ?
- C. Hur skapas bilderna: utifrån funktion/arbetsmetodik hos operatörer/process och händelsesteg i kärnkraftverk ?

### *Bildelement*

- A. Hur många olika egna och standard bildelement används ?
- B. Hur skapas egna bildelement ?
- C. Begränsas skapandet av egna bildelement utifrån verktyget ? Positiv eller negativ ?

### *Ikoner*

- A. Val av ikon, utseende, storlek ?
- B. Uppdelning bild/bild + text/bild + text + tal ?
- C. Varför används så få ikoner ?
- D. Hur skulle man kunna använda fler ikoner ?

### *Symboler*

- A. Val av symbol, utseende, storlek ?
- B. Egendefinierad eller fördefinierad ? Hur många olika symboler används (i ett system) ?
- C. Färg på symboler - hur bestäms de ?
- D. Symbolers betydelse bestäms av ?
- E. Fylld/ofylld - på/av - mellanläge - ram/markering - indikera mha färg : hur och varför ?

### *Knappar*

- A. Olika sorters knappar 3D/2D/knapp + text/knapp med symbol/knapp i bildyta B/A ?
- B. *Hur designas knapparna ?*
- C. Hur bestäms knappfunktionen ? Vad som är möjligt att med knappen ?
- D. Knapptext som ändras ? Färgval ?
- E. Knapp effekter: skugga, djup, kontrast, ur bakgrund, i bakgrund ?
- F. Kan fler knappar användas ?

### *Text*

- A. Fontval, storlek, mängd och placering ?
- B. Hur väljs texten ? från dokument/manualer/operatörer/själv ?
- C. När följer man inte givna bestämmelser ?
- D. Hur mycket egna ord och formuleringar används ?
- E. *Egendefinierade eller angiven/tidigare specificerad ?*
- F. *Logisk uppläggning av texten ?*

### *Färg*

- A. Hur väljs en färg ? om ej standardbestämd ?
- B. Färgkontraster - betänks ?
- C. *Färg för olika lägen - på/av ?*
- D. *Bakgrunds färg - hur väljs detta ?*
- E. Varför används gråskalor i bakgrundsfärg ?

- F. Varför färgas vissa komponenter/bildelement i bakgrundsfärgen ?
- G. Tillräcklig liknelse eller stor kontrast från bakgrunden ?
- H. Mycket användning av RÖD och GRÖN - varför ?
- I. *Egna färger, hur används dessa och bestäms dessa ?*
- J. Färgsynlighet och kombination av olika färger ? har detta betänkts ?

*Statisk och dynamisk info*

- A. Hur visas statisk/dynamisk info ?
- B. Gäller detta alltid ? när gäller undantaget ?
- C. Hur görs skillnaden i statisk/dynamisk info, dvs märkbarhetsgraden ?
- D. Hur blir en info dynamisk - visas dynamiskt ?
- E. Storheter visas statiskt ? varför inte mindre storlek ? annan färg ?

*Bildyta och disposition*

- A. Hur mycket tomyta finns på en bild ?
- B. Har man tänkt på tomyta eller fyllt bilden med allt som får plats ?
- C. Var finns tomytan ?
- D. För lite tomyta på vissa bilder - varför inte skapa fler bilder ?
- E. Bild och text disposition - görs hur ? någon regel ?
- F. *Följs denna konvention alltid - avviker när ?*
- G. Placering av text och bilder - vad har man i åtanke ?

*Larm och varning*

- A. Hur larmas något ? Färg-blink-ljud ? Hur åtgärdas detta ?
- B. Hur varnas något ? Färg-markering-ljud ? Hur åtgärdas detta ?
- C. Vilket har högt prioritet ? när avviker detta ? Varför ?
- D. Vad görs i störd drift och störsituationer ?

## BILAGA 5: Frågor till Operatörer

Kursiverad text i intervjufrågorna innebär att dessa frågor har inte ställts i alla intervjuerna, eller att de har varit onödiga att fråga då de har besvarats indirekt eller tidigare.

### *Generella frågor*

1. Namn
2. Utbildning
3. Ålder ?
4. Hur länge har du jobbat i kontrollrummet ? Vad gjorde du innan detta ?
5. Vad vet du om konstruktörs/design arbete ?
6. Hur tas ett OG fram ?

### *Bildstruktur*

- A. Vad tycker du ger mest information text eller bild ?
- B. Behövs namn/beteckningar på alla skärmbilder, bildobjekt, är det nödvändigt ?

### *Bildhierarki*

- A. Vad är det för bildhierarki i OG ?
- B. Vad anser du om den ? Bra/dåligt Kan OG struktureras bättre ?
- C. Orientering i OG genom knappar i bildhuvud ?

### *Bildelement/symboler*

- A. Hur många olika bildelement finns det i en skärmbild, OG ?
- B. Är de adekvat utformade, dvs liknar de objektet i verkligheten ? om inte vad liknar de eller påminner om mest ?
- C. Vad anses om olika lägen som bildelement visas i ?  
På/av, fylld/ofylld/mellanläge ?
- D. Vad anses om utformningen och storlek på bildelement ?
- E. Markering av bildelement får en färg(vitram) vad anses om detta ?
- F. Hur vill du uppmärksamma ett bildelement ?

### *Ikoner*

- A. Vad anses om ikoner i sidhuvud ?
- B. Kan man använda fler ikoner, i så fall hur ?

### *Statisk och dynamisk info*

- A. Hur visas statisk/dynamisk info ?
- B. Är det ett bra sätt att visa statisk/dynamisk info på ?
- C. Görs en tillräcklig skillnad i statisk/dynamisk info kan vill du ha en större skillnad ?
- D. Enheter visas ibland statiskt och ibland dynamisk, dvs har samma färg som mätvärde, vilket föredras ? Enhet med samma färg som mätvärde eller enhet med annan färg än mätvärde ?

### *Bildyta och disposition*

- A. Upplevs skärmbilder som väldigt packade ? Mycket info och saker att uppmärksamma ?
- B. Vill du ha mer tomyta i skärmbilderna ? Varför-inte ?
- C. Någonting större eller mindre på skärmbilden ?
- D. Något objekt eller text större eller mindre ?

### *Larm och varning*

- A. Hur larmas något ? Hur visas larm ?
- B. Vilken åtgärd tar man då ?
- C. Visas larm på ett adekvat sätt eller behövs mer förstärkning ?
- D. Hur varnas något ? Hur visas varningen ?

- E. Vilken åtgärd tar man då ?
- F. Visas varning på ett adekvat sätt eller skall man göra det på ett annat sätt ?
- G. Vad är det för skillnad på varning och blockering i OG ?
- H. Vilket har högt prioritet ? Måste åtgärdas snarast ?
- I. Vad gör man med OG i störd drift ?
- J. Hur kan man använda OG i störstuationer och andra liknande situationer ?

#### *Knappar*

- A. Det används olika sorters knappar, 3D/2D/knapp + text/knapp med symbol/ när används vilka knappar ?
- B. Varför används vissa knappar till olika funktioner och olika platser i skärmbilden ?
- C. Vilka knappar är fula eller dåliga ?
- D. Vilka knappar är bra utformade ?
- E. Hur kan man se vad man kan göra med knappen ?
- F. Vad sägs om olika knappeffekter ? Skugga, kontrast från bakgrunden ?
- G. Vad anses om knapptext som ändras, dvs dynamiska knappar ?
- H. Vad sägs om att färgen ändras ?
- I. Hur ser man skillnad på en knapp och en indikering ?
- J. Vilken färg tycker du är bra på en knapp ? På knapptexten ?

#### *Text*

- A. Anser du att texten i skärmbilder är läslig ? När är den inte läslig ?
- B. Tänker du på vilke stil texten är i ? Storlek på texten ? Större eller mindre ?
- C. Är formuleringar på texten sådant ni/du är van vid ? Eller är något konstigt formulerat?
- D. Vad är det för text som är viktigast i en skärmbild ?
- E. Hur vill du se text i samband med bildelement ?
- F. Tänker då på textfärgen i olika sammanhang ?
- G. Är det för mycket text i skärmbilderna ? Mer diagram eller bilder ?

#### *Färg*

- A. Vilka olika färger finns i OG ?
- B. Vilken färg tycker du inte passar i OG ?
- C. Anser du att det finns tillräckligt stor kontrast mellan bakgrundfärgen och text/bildelementfärg?
- D. Vad anses om bakgrundsfärgen?
- E. Hjälper färgen dig att komma ihåg något ?
- F. Anser du att färgen stämmer överens med objektet så som den skulle kunna se ut i verkligheten? Varför inte ?
- G. Varför tror du att visa färger används i OG ?
- H. Varför färgas vissa bildelement och knappar i bakgrundsfärgen ?
- I. Röd används för larm och grön för ok - är detta bra ? för mycket användning ?
- J. Är färgerna bra kombinerade med varandra ?
- K. Om du skulle ändra på några färger, vilka skulle du ändra på då ? Varför inte ?

#### *Allmänt*

1. Vilka uppgifter görs/utförs bättre nu med OG jämfört med tidigare utan OG ?
2. Upplevs någon försämring när arbetet utförs med OG ? I något arbetsmoment ?
3. Är det viktigt att veta beteckningen på varje bildelement hela tiden eller behöver man det vid specifika tillfällen ?
4. Vad sägs om enheter mindre ?
5. Beteckningen visas när markören är på elementet ? eller genom en knapp i menyn (visa namn)
6. Syns den vita ramen som används som markeingsfärg ?
7. Gul 3d knapp in och ut inte tillräckligt tydlig ?
8. Orienteringsproblemsåtgärd - ha en ikon som visar översikt och visar var man äri den markerade bilden
9. Hur många olika saker läser man av i en skärmbild ?
10. Misstror operatören informationen i OG ?
11. Förkortningar i olika färger (B,F,S i objektbilden)
12. Vilken prioritets ordning vid flera röda signaler ?
13. Hur många förkortningar kan operatörer ? Arbetar med ?
14. Vad göra vid feltryckning ? På knappar, symboler ? Ångra knapp eller vad gör man?

15. Från trendbild och objektbild kan man ej återgå till ursprungsbilden utan får gå omvägen via A och systemöversikt ? Varför ? Kan man gå tillbaka 1 eller 2 steg på alla bilder ? Vill operatören kunna gå tillbaka/framåt 1/2 steg

## Operatörens mentala modeller

*Vad gör operatörer vid:*

### *Övervakning*

1. Hur påkallas operatörens uppmärksamhet ? Genom KA och genom OG ?
2. Hur många olika sorters larm finns det ?
3. Vilka är de vanligaste larmen ?
4. Vad gör man vid dessa larm ?
5. Hur syns eller hörs larmen ?

### *Upptäckt av fel*

1. Hur upptäcker operatören ett fel ?
2. Använder du några ledtrådar ?
3. Hur skiljer sig att upptäcka av fel genom KA och OG ?
4. *Upptäckts fel på mätvärden på samma sätt som i processen ?*
5. Spelar färgen/utformning någon roll i OG ?
6. Hur är det vanliga sättet att visa ett fel på ?

### *Diagnos av fel*

1. Hur många olika sorters fel har du åtgärdat ?
2. Är det någon skillnad att åtgärda fel i KA eller OG ?
3. Hur diagnostiseras ett fel ?
4. Hur görs uppdelningen vid små/stora fel ? Ex. störddrift ?
5. Vilken information används vid diagnostisering av fel ? Manualer, riktlinjer ?
6. Vilka hjälpmedel har du inför detta ?

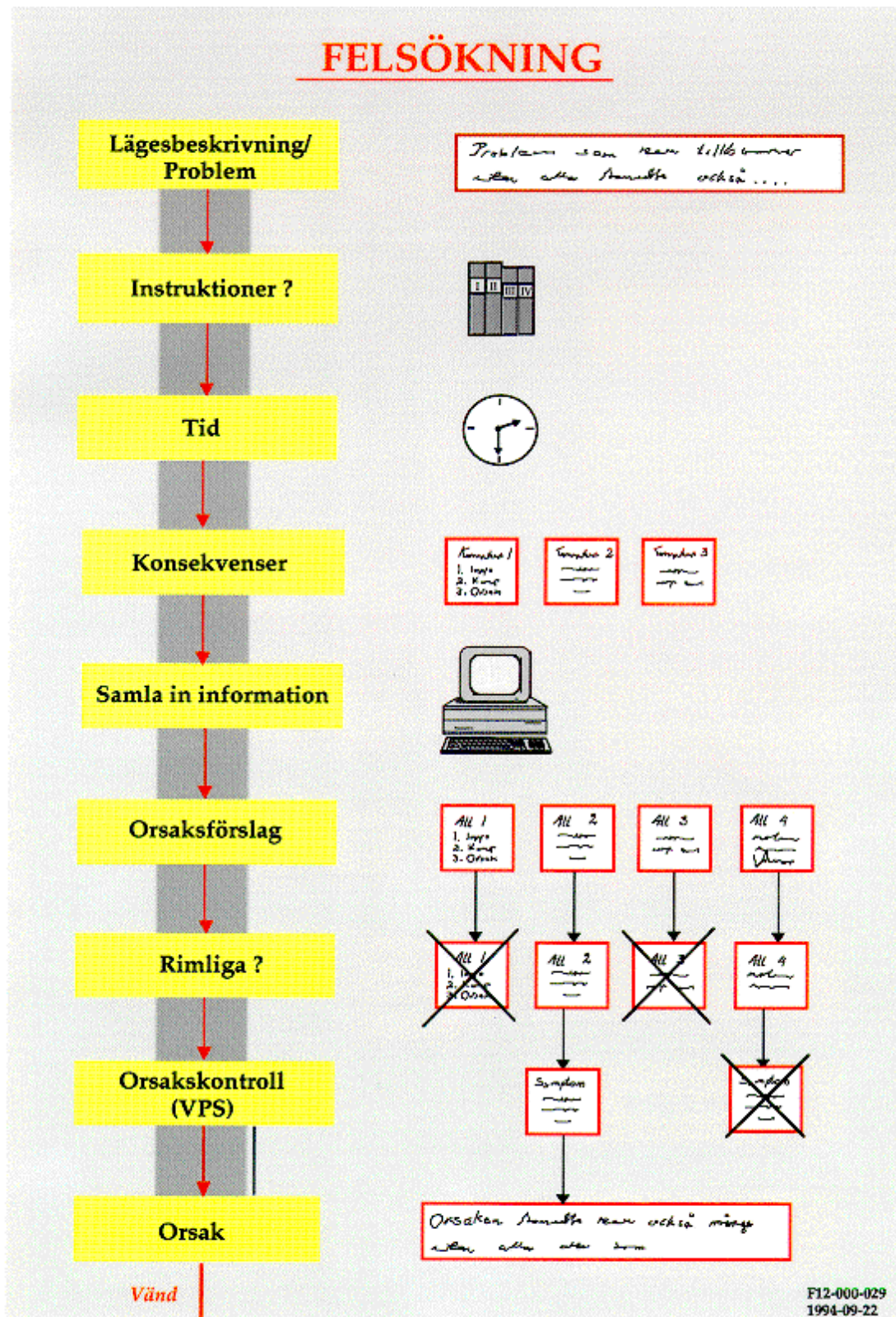
### *Kompensation*

1. Hur detaljerad översikt har du över kärnkraftverkets processer ?
2. *Vad gäller för ditt arbetsområde ?*
3. Hur tror du att du har fått en översikt bild över arbetet och kärnkraftverkets processer?
4. Hur mycket tror du att du använder din översikt skunskap/bild ?

## BILAGA 6: Fakta om de intervjuade

KONSTRUKTÖR	KVINNA	MAN	MAN	MAN
UTBILDNING	teknisk fysik, civilingenjör	elektroteknik, civilingenjör	elektro, melleningenjör	datateknik, civilingenjör
ÅLDER	30	34	25	34
JOBBAT	efter studier direkt	8 år	efter studier 3 år	efter studier
OPERATÖR	MAN	MAN	MAN	MAN
TJÄNST	reaktoroperatör	reaktoroperatör	skiftingenjör *	reaktoroperatör *
UTBILDNING	gymnasieing.(maskin)	driftteknisk	gymnasieingenjör	gymnasie- & driftingenjör
ÅLDER	40	42	51	49
JOBBAT	sedan 1978	sedan 1975	sedan 1970	sedan 1978
HARDCOPIES	ja	ja	ja	ja
OPERATÖR	MAN	MAN	MAN	MAN
TJÄNST	reaktoroperatör *	turbinoperatör	turbinoperatör	turbinop. + stt
UTBILDNING	gymnasie- + driftingenjör	drifttekniker	drifttekniker	gymnasieing.(maskin)
ÅLDER	42	39	47	36
JOBBAT	sedan 1977	sedan 1977	? turbinop. sedan 1980	sedan 1980
HARDCOPIES	ja	nej	nej	ja

# BILAGA 7: Instruktionsmall för problemlösning





# ÅTGÄRDSBESLUT

Problem och orsak

Problem som kan tillkomma eller alla kommit också...

Instruktioner ?



Tid ?



Konsekvenser om inget görs

Konsekvens 1  
1. Inga  
2. Kung  
3. Övrigt

Konsekvens 2  
—  
—  
—

Konsekvens 3  
—  
—  
—

Åtgärdsförslag

Åtgärd 1  
1. Inga  
2. Kung  
3. Övrigt

Åtgärd 2  
—  
—  
—

Åtgärd 3  
—  
—  
—

Konsekvenser av respektive åtgärdsförslag

Konsekvens 1  
1. Inga  
2. Kung  
3. Övrigt

Konsekvens 2  
—  
—  
—

~~Konsekvens 3  
—  
—  
—~~

Åtgärdsplan

1 Kung  
2 Hundra  
3 Runda

Order om åtgärd

Återkoppling

## BILAGA 8: Fyra faser-sammanställning av operatörssvaren

Operatör	Övervakning	Upptäckt av fel	Diagnos av fel
1. Reaktor	larm, färggradering väldigt viktig	rondning, OG, ellen, skrivare, larm, händelselistor	larm, instruktioner, skiftlaget hjälps åt, erfarenhet
2. Reaktor	larm, ellen, KA, färganapassning	larmhantering, rondning, färg viktigt	driftinstruktioner, prioritering av fel
3. Skiftingenjör	larm, KA, ellen	larm, händelserelaterat, reagerar på processbilden, mönster	instruktioner, stt tittar på plats, följer inarbetad tillvägagångsätt, analyserar objektet
4. Reaktor	ellen, larm, OG, går runt å tittar, skrivare	rondning, KA, färgändring, larmlista, trender, OG(staplar)	tidsprioritering-känsla, erfarenhet, instruktioner främst, beskrivning av olika saker
5. Reaktor	KA	rondning, OG, varningslarm	instruktioner
6. Turbin	larm, arbetskamrater, överblick på KA, ellen,OG	stt, själv, larm, ellen, ser på bild-reagerar på den, färgen viktig	instruktioner i detalj, erfarenhet, manualer, instruktioner viktigt
7. Turbin	KA, larm	skrivare, larm, ellen	felsortering, stora/små, manualer viktigt
8. Turbin	KA, ellen, OG	ronder, KA, upplysningslarm visuell info inpräntat I skallen,	instruktioner, stort/litet uppdelning, färgkodat

Operatör	Kompensation
1. Reaktor	arbetserfarenhet på station viktigt, relaterar direkt till objektet i verkligheten
2. Reaktor	kunskap från utbildning och erfarenhet
3. Skiftingenjör	översiktsbild-skolan, driftvärld-stationen, erfarenhet viktig, refererar till processer, diskuterar tidigare händelser
4. Reaktor	bred kunskap, stt->erfarenhet, grund för processbilden, kommunikation med övriga arbetande
5. Reaktor	learning-by-doing, felhantering viktig-lär sig genom detta
6. Turbin	arbetat, erfarenhet, utbildning gett kunskap,

	sprungit på station->erfarenhet
7. Turbin	sprungit på station-väldigt viktigt, placerar detaljer därifrån i arbetet på OG
8. Turbin	erfarenhet främst, dynamik i procesen väldigt viktigt att ha kännedom om