



Strål  
säkerhets  
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Forskning

# Scenariourval i HFE-processen

Arbetsätt och kriterier vid utvärdering av konstruktionens anpassning till människans förmåga

## 2021:07

**Författare:** Pernilla Allwin och Sara Lind  
Risk Pilot AB, Stockholm  
**Rapportnummer:** 2021:07  
**ISSN:** 2000-0456  
**Tillgänglig på:** [www.ssm.se](http://www.ssm.se)



## SSM perspektiv

### Bakgrund

På en kärnteknisk anläggning genomförs under dess livstid så kallade anläggningsändringar i syfte att åtgärda identifierade brister, eller för att av andra skäl modernisera eller förbättra anläggningens konstruktion. Vid anläggningsändringar som påverkar arbetsuppgifter som har betydelse för strålsäkerheten tillämpas i olika utsträckning en så kallad HFE-process (Human Factors Engineering) för att säkerställa att konstruktionen anpassats till människans förmåga. Oftast tillämpas HFE-processen i större utsträckning vid ändringar som har påverkan på arbetet i kontrollrum. Utöver att utgöra grund för att uppfylla krav på konstruktionens anpassning till människans förmåga, kan processen även leda fram till nödvändiga argument för de manuella åtgärder som tillgodoräknas i en anläggnings säkerhetsanalys.

Inom HFE-processen finns ett antal steg som ska genomföras. Ett av de stegen är verifiering och validering. Då kontrolleras att de krav på konstruktionens anpassning till människans förmåga som ställdes har följts och att detta resulterat i en ändamålsenlig konstruktion. En sådan kontroll görs oftast genom att olika typer av tester genomförs där användare får utföra arbetsuppgifter baserat på olika scenarier som har tagits fram för detta syfte. Hur dessa scenarier väljs och specificeras har stor betydelse för testernas validitet, trots det finns inte tydligt utvecklade stöd eller kriterier lätt tillgängliga för detta moment.

Syftet med föreliggande studie är att identifiera relevanta arbetssätt och kriterier vid framtagande och urval av scenarier i HFE-processen vid anläggningsändringar. Att identifiera arbetssätt och kriterier vid framtagande och urval av scenarier är viktigt för att ge förutsättningar för att den verifiering och validering som behöver utföras genomförs på ett sätt som är relevant och tillräckligt för att bekräfta att ställda krav uppfylls och att konstruktionen är ändamålsenlig för dess tänkta användning. Även skillnader i arbetssätt och kriterier beroende på aktuellt tillämpningsområde är av intresse, för att om möjligt identifiera i vilken utsträckning arbetssätt och kriterier behöver anpassas för att uppnå relevans och tillräcklighet i genomförda utvärderingar.

### Resultat

Studien har genomförts dels som en litteraturstudie, dels som en kartläggning av praktisk erfarenhet genom intervjuer med utvalda respondenter från såväl kärnkraftverk i drift i Sverige som med personer som utför utvärderingar av faktiska ändringar men också i forsknings- och utvecklingssyfte.

Sammantaget visar rapporten på fyra olika huvudområden som anses viktiga att beakta vid scenariourval och -design; olika typer av stöd, indata, bygga upp och driva ett resonemang, samt kompetens. Vidare förs en diskussion om kriteriers beroenden i relation till tillämpningsområde, om antaganden i design samt om vikten av en tydlig övergripande målbild. En systematisk datainsamling anses utgöra en betydande del i att hantera komplexiteten i valideringsprocessen.

### **Relevans**

Forskningsuppdraget ger SSM underlag i fortsatt kunskapsutveckling och utgör ett pådrivande instrument för tillståndshavarnas utveckling av utvärderingar ur ett MTO-perspektiv, inom olika tillämpningsområden. Studien ger även SSM stöd i den tillsyn som bedrivs inom MTO-området för att granska tillståndshavarens förmåga att strukturera upp och driva ett resonemang som visar på kontrollrumsfunktionens ändamålsenlighet, exempelvis vid anläggningsändringar, säkerhetsanalyser och återkommande helhetsbedömningar. Detta gäller såväl vid olika avvängningar och förutsättningar som tillståndshavaren behöver beakta vid urval och design av scenarion, som hur kravuppfyllnad påvisas med stöd av sådana utvärderingar.

### **Behov av vidare forskning**

Eftersom verifiering och validering har stor betydelse i att bekräfta att en konstruktion givits rätt utformning är utvecklingen inom dessa initiativ av fortsatt intresse för SSM. Rapporten pekar på en del redan påbörjade eller kommande initiativ såväl nationellt som i utvecklingen av internationella standarder och guider som ytterligare kan bidra till kunskapsutveckling och förståelse för scenariourval. Att följa utvecklingen inom dessa initiativ är av fortsatt intresse även för SSM.

Utöver dessa initiativ ser SSM ett fortsatt utvecklingsbehov, dels i de metoder och processer som redan tillämpas, men även i det stöd och den kunskapsutveckling som fortsatt forskning kan bidra med. Behovet gäller inte minst urval och design av scenarier för de tester och utvärderingar som görs för att bekräfta gjorda antaganden i såväl deterministiska som probabilistiska säkerhetsanalyser. Föreliggande rapport pekar på behov av att utveckla förutsättningar och stöd för härledning och erfarenhetsåterföring av de antaganden som i befintliga analyser gjorts som grund för urval och design av scenarier. SSM kan även se ett behov av utveckling av metod och framtagning av stödjande kriterier när det gäller tillämpbarhet för just denna typ av bekräftande tester, jämfört t.ex. med de tester och utvärderingar som utförs för att bekräfta konstruktionens anpassning till människans förmåga i samband med anläggningsändringar.

### **Projektinformation**

Kontaktperson SSM: Aino Obenius Mowitz

Referens: SSM2020-1541 / 7030327-00



Strål  
säkerhets  
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Författare: Pernilla Allwin  
Sara Lind

Risk Pilot AB, Stockholm

# 2021:07

## Scenariourval i HFE-processen

Arbetsätt och kriterier vid utvärdering av konstruktionens anpassning till människans förmåga

Datum: April 2021

Rapportnummer: 2021:07 ISSN: 2000-0456

Tillgänglig på [www.stralsakerhetsmyndigheten.se](http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se)

This report concerns a study which has been conducted for the Swedish Radiation Safety Authority, SSM. The conclusions and viewpoints presented in the report are those of the author/authors and do not necessarily coincide with those of the SSM.

# Innehåll

|  |    |
|--|----|
| 1. Inledning.....  | 7  |
| <b>Bakgrund</b> .....  | 7  |
| <b>Syfte och frågeställningar</b> .....  | 8  |
| <b>Studien i sitt sammanhang</b> .....   | 9  |
| 2. Metod och tillvägagångssätt .....   | 11 |
| <b>Datainsamling</b> .....   | 11 |
| Litteraturstudie .....   | 11 |
| Kartläggning av praktisk erfarenhet - intervjuer.....                              | 11 |
| Workshop .....   | 12 |
| <b>Analys</b> .....  | 12 |
| 3. Resultat.....   | 13 |
| <b>Litteraturstudie</b> .....  | 13 |
| Olika typer av stöd .....  | 14 |
| Identifierade angreppssätt .....   | 15 |
| Stegvis validering.....  | 16 |
| Användarcentrerat angreppssätt .....   | 17 |
| Kontextuellt angreppssätt .....  | 19 |
| Integrerad Systemvalidering (ISV).....   | 22 |
| Acceptanskriterier .....   | 23 |
| Sammanfattning och analys av genomförd litteraturstudie .....                      | 26 |
| <b>Intervjuer</b> .....  | 28 |
| Generellt om validering.....   | 28 |
| Olika typer av stöd .....  | 29 |
| Arbetsätt och kriterier för scenariourval .....                                    | 30 |
| Arbetsätt och kriterier för scenariodesign .....                                   | 33 |
| Arbetsätt och acceptanskriterier för utvärdering av<br>kontrollrumsfunktionen..... | 34 |
| Lärdomar identifierade i intervjuer .....  | 36 |
| Sammanfattning och analys av genomförda intervjuer .....                           | 38 |
| 4. Analys .....  | 39 |
| <b>Olika typer av stöd</b> .....   | 39 |
| <b>Indata</b> .....  | 39 |
| <b>Bygga upp och driva ett resonemang</b> .....                                    | 41 |
| <b>Kompetens</b> .....   | 44 |
| 5. Diskussion.....   | 46 |
| <b>Angreppssätt beroende på tillämpningsområde</b> .....                           | 46 |
| <b>Antaganden i konstruktion</b> .....   | 46 |
| <b>Tydlig målbild</b> .....  | 48 |
| <b>Komplexitet</b> .....   | 49 |
| 6. Sammanfattande slutsatser .....   | 51 |
| 7. Förslag på vidare forskning .....   | 53 |
| 8. Referenser .....  | 54 |
| Bilaga 1: Frågeunderlag .....  | 56 |

# Figurer

|  |    |
|--|----|
| <b>Figur 1</b> Översikt över studiens fokusområden och dess beroendefaktorer. Boxar med röd ram visar de områden som inkluderas i denna forskningsstudie. Boxen med streckad röd ram visar på ett område som delvis behandlas i denna forskningsstudie. .... | 9  |
| <b>Figur 2</b> Figuren visar iterationen i System Usability Case. Figur hämtad från [17].....  | 18 |
| <b>Figur 3</b> Figuren visar strukturen på System Usability Case. Figur hämtad från [17].....  | 19 |
| <b>Figur 4</b> Figuren visar kombinationen mellan kontrollrummet som stöd för prestation och positiva resultat (övre raden) och kontrollrummets funktioner (vänstra kolumnen). Figur hämtad från [16].....   | 21 |
| <b>Figur 5</b> Visar Top-Down/Bottom-Up perspektiv. Figur refererad från [4]....   | 25 |
| <b>Figur 6</b> Att bygga upp och driva ett resonemang .....  | 43 |

# Tabeller

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabell 1</b> Beskrivning av de olika dimensionerna och mätmetoderna som användes i projekt PLEX [20]..... | 35 |
| <b>Tabell 2</b> Exempel på en förenklad målstruktur fram till och med scenariourval och -design.....         | 44 |



# Sammanfattning

Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) har sett ett behov av att identifiera relevanta arbetssätt och kriterier för framtagning och urval av scenarier i Human Factors Engineering (HFE). Detta gäller främst vid anläggningsändringar med bäring på det centrala kontrollrummet, men också vid bekräftande utvärderingar i förhållande till gjorda antaganden i säkerhetsanalyser. Det är även relevant vid uppföljning efter en tids drift samt vid en helhetsbedömning av kärnkraftsreaktorns strålsäkerhet.

Föreliggande forskningsstudie syftar till att kartlägga arbetssätt och kriterier avseende scenariourval och -design, dels genom en litteraturstudie, dels genom en kartläggning av praktisk erfarenhet via genomförande av intervjuer. Vidare syftar studien till att studera eventuella skillnader i arbetssätt och kriterier beroende på tillämpningsområde samt att analysera hur kriterier i scenariourvalsprocessen på bästa sätt kan bekräfta/utmana redan gjorda antaganden i säkerhetsanalyser.

Resultatet från litteraturstudien visar på ett fortsatt behov av ökat stöd i standarder och guider. Fokus inom litteraturen tenderar att ligga på utvärdering och analys av resultat i valideringsprocessen medan scenariourval och -design inte nämns på samma detaljnivå. Vidare visar litteraturstudien att identifierade viktiga aspekter att omhänderta i scenariourvalet går att dela in i fem olika element (situationer, funktioner, uppgifter, strukturella element och kännetecken [19]). Dock varierar sättet olika källor beskriver dessa aspekter, samt indelningen av dem. Utöver dessa fem aspekter framkommer även andra aspekter på vad som bör omhändertas i scenariourvalet, som till exempel kontrollrumsfunktionen som en psykologisk funktion och välmående hos operatörerna.

Resultatet från den praktiska kartläggningen visar på att respondenterna har olika uppfattning gällande stöd från standarder och guider. Några upplever att stödet är tillräckligt medan andra efterfrågar ett ökat stöd i mer exakt hur, och på vilket sätt, scenariourval och -design kan tas fram. De respondenter som anser att stödet är tillräckligt lyfter samtidigt vikten av att dels kunna strukturera upp och driva ett resonemang för att visa på kontrollrumsfunktionens ändamålsenlighet och dels vikten av att ha rätt kompetens i detta avseende.

Sammantaget visar rapporten på fyra olika huvudområden som anses viktiga att beakta vid scenariourval och -design; olika typer av stöd, indata, bygga upp och driva ett resonemang, samt kompetens. Vidare förs en diskussion kring beroenden i kriterier i relation till tillämpningsområde, antaganden i design samt vikten av att ha en tydlig övergripande målbild. En systematisk datainsamling utgör en betydande del i att hantera komplexiteten i valideringsprocessen.

Sammanfattningsvis föreslår föreliggande forskningsstudie ett fortsatt arbete med att följa utvecklingen av befintligt stöd i såväl internationella standarder och guider som i nationella initiativ. Vidare föreslås ett fortsatt arbete med hur stödet kan förbättras i syfte att bygga upp och driva ett resonemang, att djupare förstå och identifiera förutsättningar för att förbättra struktur för evidensbaserad argumentation i kombination med stöd för att identifiera relevant input. Men också, en utveckling i att förstå hur redan gjorda antaganden i ursprungsdesign och i anläggningsändringar kan samlas, följas upp och analyseras på ett strukturerat sätt.

# Executive Summary

The Swedish Radiation Safety Authority (SSM) has recognized a need to identify relevant working methods and criteria for the development and selection of scenarios in the HFE-process (Human Factors Engineering). Foremost, regarding changes in the nuclear facility affecting the main control room, but also regarding confirmative evaluations in relation to pre-defined assumptions in safety analyses. It is also relevant regarding follow up after some time in operation, and when performing the periodic safety review.

The purpose of this forthcoming research assignment is to map out existing working methods and criteria regarding scenario selection and design by performing a literature review and identify practical experiences through interviews. The purpose is also to study possible differences regarding working methods and criteria depending on the area of application and to analyze how criteria within the scenario selection process could confirm, or challenge, pre-defined assumptions made in safety analyses.

The result from the literature review shows a continued need for increased support from standards and guidelines. The main focus within the literature tend to be on evaluation and analysis of results from the validation process, whilst scenario selection and design are not mentioned on the same level of detail. Furthermore, the literature study shows that identified important aspects to recognize in the scenario selection can be divided into five different elements (situations, functions, tasks, structural elements and characteristics [19]). However, the way different sources describe these aspects varies as well as how they are grouped. In addition to these five aspects, there are also other aspects of scenario selection, such as the consideration of the control room function as a psychological function and well-being of the operators.

The result from the interviews are, however, mixed and indicates that some experiences the support from standards and guidelines to be satisfactory, while others would like additional support, i.e. regarding more precise how, and in what way, scenario selection and design could be performed. The respondents who experience the support to be satisfactory highlight the importance of structuring a case to be able to argue for the control room function's abilities and the importance of having the right competencies to make the case.

The analysis in the report conclude four main areas that seem to be important when performing scenario selection and design; Different kind of support, Data, Structuring a case, and Competence. Furthermore, the report discusses interrelationships among criteria in relation to the area of application, assumptions in design, and the importance of having a clear goal. A systematic data gathering process forms an important part of managing the complexity in the validation process.

In summary, the present research study proposes continued work to follow the development of existing support for scenario selection and design in both international standards and guides as well as in national initiatives. Further studies are proposed to better understand how the support can be improved in order to imple-

ment and pursue a case, to more deeply understand and identify conditions for improving the structure for evidence-based argumentation in combination with support for identifying relevant input. But also, a development in understanding how already made assumptions in the original design and in-plant modernizations throughout a plant's lifetime can be collected, traced and analyzed in a structured way.

# Läsanvisning

I föreliggande rapport används följande förkortningar:

## **Förkortning Förklaring**

|          |  |
|----------|--|
| DoD      | Department of Defense                                  |
| FAA      | Federal Aviation Administration                        |
| FDA      | U.S. Food and Drug Administration                      |
| FKA      | Forsmarks Kraftgrupp AB                                |
| FMS      | Functional Situation Models                            |
| HEC      | Human Engineering Consistancies                        |
| HED      | Human Engineering Discrepancies                        |
| HFE      | Human Factors Engineering                              |
| HPM      | Human Performance Monitoring                           |
| HRA      | Human Reliability Analysis                             |
| HSI      | Human System Interface                                 |
| I&C      | Instrumentation and Control                            |
| IAEA     | International Atomic Energy Agency                     |
| IEC      | International Electrotechnical Commission              |
| IEEE     | Institute of Electrical and Electronics Engineers      |
| IFE      | Institut for Energiteknikk                             |
| ISO      | International Organization for Standardization         |
| ISV      | Integrerad Systemvalidering                            |
| KSU      | Kärnkraftsäkerhet och Utbildning AB                    |
| MTO      | Människa Teknik Organisation                           |
| NASA     | National Aeronautics and Space Administration          |
| NASA TLX | NASA Task Load Index                                   |
| NEA      | Nuclear Energy Agency                                  |
| NRC      | Nuclear Regulatory Commission                          |
| O2       | Oskarshamn 2   |
| OBH      | Oberoende Härdkylning                                  |
| OECD     | Organisation for Economic Co-operation and Development |
| OER      | Operational Experience Report                          |
| OKG      | Oskarshamns Kraftgrupp Aktiebolag                      |
| OL3      | Olkiluoto Kärnkraftsreaktor 3                          |
| PLEX     | Plant Life Extension                                   |
| PSA      | Probabilistic Safety Analysis                          |
| PSR      | Periodic Safety Review                                 |
| RAB      | Ringhals AB  |
| SSM      | Strålsäkerhetsmyndigheten                              |
| SUC      | System Usability Case                                  |
| SSV      | Sub-System Validation                                  |
| TVO      | Teollisuuden Voima Oyj                                 |
| V&V      | Verifiering och Validering                             |

# 1. Inledning

## Bakgrund

I Strålsäkerhetsmyndighetens (SSM) föreskrifter framgår krav på arbetsförutsättningar av 3 kap. 14 och 15 §§ SSMFS 2018:1. Bestämmelserna anger krav på anpassning av verksamhet, teknik och fysisk miljö till dem som arbetar i verksamheten och till de uppgifter som ska utföras samt att samspelet människa-teknik-organisation (MTO) ska beaktas. Begreppet MTO innebär enligt SSM författningssamling att anta ett systemperspektiv på hur strålsäkerhet påverkas av relationen mellan människans förmågor och begränsningar, teknik och omgivande fysisk miljö samt organisationen och de förutsättningar som denna ger. För dessa ska vid anläggningsändringar som påverkar arbetsuppgifter som har betydelse för strålsäkerheten tillämpas i olika utsträckning en så kallad *Human Factors Engineering* (HFE)-process för att säkerställa en konstruktion med sådan anpassning, oftast i större utsträckning vid ändringar som har påverkan på arbetet i kontrollrum. Detta gäller givetvis även vid konstruktion av nya kärntekniska anläggningar. Av allmänna råd till 18§ SSMFS 2008:17 framgår även att uppföljande utvärderingar av det centrala kontrollrummets ändamålsenlighet bör genomföras över tid, som minst i samband med en helhetsbedömning av kärnkraftsreaktorns strålsäkerhet (*Periodic Safety Review*, PSR), vanligen något som (efter beslut av SSM) genomförs vart tionde år. Inom ramen för HFE-processen, som främst beskrivs i NRC:s *Human Factors Engineering Program Review Model*, NUREG-0711 [1] och i nyligen publicerade IAEA:s *Specific Safety Guide no. 51*, SSG-51 [2], utgör *Human Performance Monitoring* (HPM) ett av huvudelementen. HPM är en kontinuerlig process som bör upprättas i syfte att utvärdera den fortsatta ändamålsenligheten hos kontrollrummet under drift samt att verifiera att analyser och antaganden under konstruktionsstadiet förblir giltiga under anläggningens fortsatta drift i enlighet med Lag (1984:3) om kärnteknisk verksamhet, 10 a §.

Utöver elementet HPM, så utgör Planering och Analys; Utformning; Verifiering och Validering (V&V); och Implementering av konstruktion de övriga huvudelementen i HFE-processen [1][2]. Tillämpning av HFE-processen kan ses som en förutsättning för att krav på konstruktionens anpassning till människans förmåga uppfylls. Processen innehåller/beskriver aktiviteter som, på ett anpassat sätt, behöver genomföras för att säkerställa att en ny eller ändrad konstruktion är utformad utifrån människans förmåga och att detta upprätthålls över tid.

Inom ramen för de V&V-aktiviteter som utförs iterativt, kontrolleras att de HFE-krav som ställdes på anläggningens olika delar uppnås och att detta resulterar i en ändamålsenlig konstruktion. En sådan utvärdering görs oftast genom olika typer av aktiviteter och tester där användare får utföra arbetsuppgifter baserat på framtagna scenarier. Under de senare skedena av ett konstruktionsarbete genomförs denna utvärdering i form av en integrerad systemvalidering (ISV) för att säkerställa ändamålsenligheten hos ett kontrollrum i sin helhet.

Att hitta arbetssätt och kriterier för att utforma representativa scenarier för att visa hur personalen driver och påverkar kärnkraftsreaktor är centralt. För att kunna utvärdera och validera en kontrollrumsfunktion är det av stor vikt att de scenarier

som används för att samla in data om kontrollrummets funktionalitet är utformade på ett sätt som gör att de på ett realistiskt sätt återspeglar styrkor och svagheter i konstruktionen. Detta är viktigt eftersom resultatet av en validering ligger till grund för en bedömning om huruvida ytterligare justering är nödvändig eller om nuvarande lösning uppfyller uppsatta kriterier.

År 2015 genomförde *Nuclear Energy Agency* (NEA) en internationell workshop [3], med syftet: ”*Establishing Reasonable Confidence in the Human Factors Validation of Main Control Room Systems of Nuclear Power Plants*”. I workshopen kunde det fastställas att valideringsdelen av HFE-processen inte har utvecklats i samma utsträckning som andra delar av konstruktionsprocessen och behovet av ytterligare vägledning inom området för scenariodesign efterfrågas.

SSM har mot denna bakgrund sett ett behov av att identifiera relevanta arbetsätt och kriterier för framtagning och urval av scenarier i HFE-processen. Behovet av att identifiera relevanta arbetsätt och kriterier gäller främst vid anläggningsändringar med bäring på det centrala kontrollrummet, men också vid bekräftande utvärderingar i förhållande till gjorda antaganden i säkerhetsanalyser samt vid uppföljning efter en tids drift och vid PSR. En annan intressant aspekt som har identifierats är skillnader i arbetsätt och kriterier beroende på aktuellt tillämpningsområde.

## Syfte och frågeställningar

Syftet med forskningsstudien är att identifiera relevanta arbetsätt samt kriterier för urval och design av scenarier i HFE-processen inom kärnteknisk verksamhet. Detta gäller vid nykonstruktion, moderniseringar och anläggningsändringar; främst sådana som har bäring på det centrala kontrollrummet för kärnkraftsreaktorer, men även inom annan kärnteknisk verksamhet. Andra tillämpningsområden kan utgöras av; bekräftande utvärderingar i förhållande till redan gjorda antaganden i säkerhetsanalyser, HPM-processen, och vid PSR.

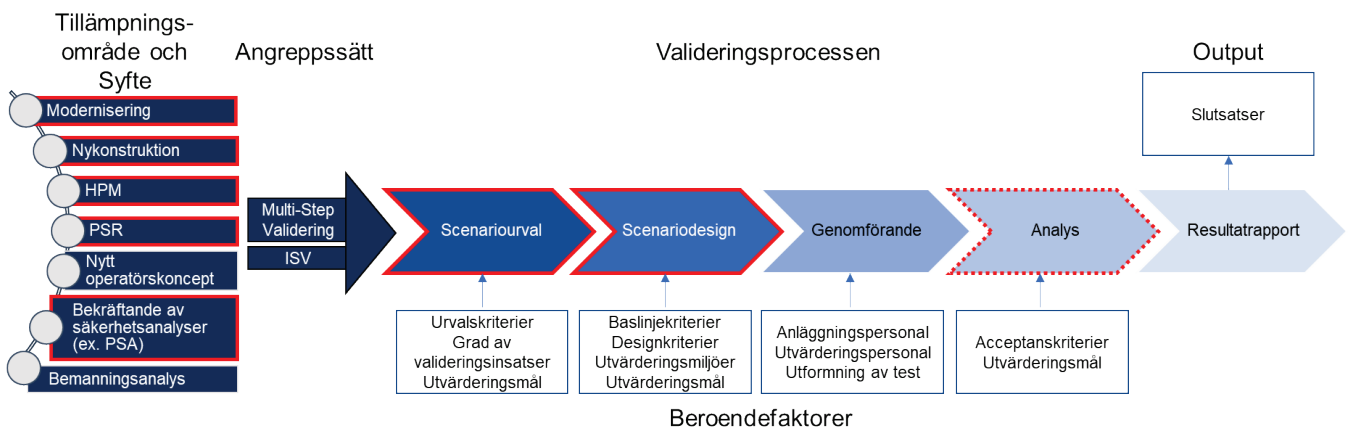
Studien syftar inte till att ta fram en uppsättning arbetsätt och kriterier för scenariourval och -design. Studien presenterar snarare ett ramverk som kan fungera som ett tillägg till de guider och standarder som finns tillgängliga gällande validering, scenariourval och -design inom HFE-processen.

Mot denna bakgrund söker forskningsstudien att besvara frågeställningarna nedan:

1. Vilka arbetsätt och kriterier beskrivs i existerande metoder och teoretiska ramverk avseende scenariourval och -design inom HFE-processen?
2. Vilka praktiska erfarenheter finns avseende arbetsätt och kriterier i scenariourval och -design inom HFE-processen?
3. Finns det skillnader i arbetsätt och kriteriernas karaktär avseende scenariourval och -design beroende på tillämpningsområde?
4. Hur kan kriterierna i scenariourvalsprocessen på bästa sätt bekräfta/utmana redan gjorda antaganden i tidigare säkerhetsanalyser?

# Studien i sitt sammanhang

Föreliggande avsnitt syftar till att tydliggöra studien och sätta den i ett större sammanhang då många av områdena, begreppen och processerna som HFE-processen innefattar påverkas av en rad olika faktorer. I och med detta blir det svårt att begränsa rapporten till att endast beröra scenariourval och -design utan att även ta hänsyn till valideringsprocessen i sin helhet. I figur 1 sätts forskningsstudien i ett större sammanhang genom att rama in själva studien, samtidigt som den visar att det finns fler aspekter att ta hänsyn till avseende arbetssätt och kriterier vid scenariourval och -design.



**Figur 1** Översikt över studiens fokusområden och dess beroendefaktorer. Boxar med röd ram visar de områden som inkluderas i denna forskningsstudie. Boxen med streckad röd ram visar på ett område som delvis behandlas i denna forskningsstudie.

Inom ramen för HFE-processen och i enlighet med NUREG-0711 [1], vars användning har dominerat kärnkraftsindustrin sedan 1997 med avseende på vägledning inom HFE-processen. Det finns en mängd aspekter som påverkar en valideringsförutsättningar, genomförande, omfattning och giltighet. Dessa aspekter är väl kända inom kärnkraftsbranschen av både forskningssamhället och tillståndshavare sedan många år tillbaka [3][4][5]. I och med detta finns ett stort underlag av forskningsstudier avseende dessa aspekter och de utmaningar som området har fört med sig. År 2015 genomfördes en omfattande workshop i Charlotte, USA, inom området för *Human Factors Validation of Nuclear Power Plant Control Room Design and Modifications* [3]. Materialet som presenterades vid arbetsseminariet pekar ut fyra huvudsakliga aspekter som i NRC:s dåvarande guider gällande ISV inte adressats särskilt väl:

- alternativa metoder till ISV
- ny konstruktion respektive moderniseringar
- validering med nytt operatörskoncept
- grad av ISV-insatser.

Vidare identifierades ytterligare ett antal områden där workshopens deltagare såg ett behov av ett mer detaljerat stöd gällande metod för genomförande av ISV, framförallt med avseende på utformning av scenarier:

- utvärderingsmål (*Test objectives*)
  - med avseende på kriterier gällande underhållsuppgifter och individuella gränssnitt – (*Human System Interfaces*)
- utvärderingsmiljöer (*Testbeds*)

- simulatorns status och eventuella begränsningar (*Simulator readiness*)
- variabilitet (*Diversity of testbeds*)
- simulatorns tillgänglighet (*Simulator availability*)
- anläggningspersonal
  - urval och antal deltagare och skiftlag i ISV, (*Sample size*)
- scenariodesign
- prestationsmätning (*Performance measures*)
- resultatanalys och slutsatser.

Många av ovan listade områden och aspekter kan komma att påverkas av vilket syfte eller tillämpningsområde valideringen har. Det vill säga, utförs valideringen för en ny konstruktion, för en mindre respektive större anläggningsändring, inom ramen för HPM-processen, inom ramen för PSR, eller vid bekräftande av andra säkerhetsanalyser. Genomförandet av valideringen påverkas även av vilket angreppssätt som antas, exempelvis en stegvis validering där valideringsaktiviteter genomförs iterativt genom hela konstruktionsprocessen, eller om endast en större slutlig validering genomförs, i form av en ISV. Beroende på vilket tillämpningsområde som valideringen avser, kommer beroendefaktorerna, se figur 1, i respektive steg i valideringsprocessen se lite olika ut, framförallt vad gäller omfattning. Validering av nyproduktion är exempelvis mer omfattande än validering vid en mindre anläggningsändring.

Som utgångspunkt i föreliggande studie anammar analysgruppen Simonsens [6] definition av kontrollrumsfunktionen som ett ”*socio-tekniskt system bestående av människor, teknik, och organisatoriska element som utför centraliserad kontroll och övervakning av en process samt har administrativa ansvarsområden*”. Detta innebär att en utvärdering av kontrollrummet som ett system inte enbart kan ta hänsyn till en utvärdering av operatörsgränssnittet eller andra strukturer i kontrollrummet. Operatörernas kompetens, instruktioner, roller och ansvar i skiftlaget samt olika arbetsrutiner måste också utvärderas för att kunna göra en bedömning av om kontrollrummet uppfyller sitt syfte att primärt stötta en säker drift av anläggningen [6].

I föreliggande studie syftar tillämpningen av scenarier i huvudsak till användningen vid en kontrollrumsutvärdering, även om scenarier ofta används för flera olika ändamål, så som i analys, konstruktion och utbildning. Vidare går det att finna en rad olika definitioner och beskrivningar på vad ett scenario anses vara. Av IAEA:s ordlista [7] framgår att ett scenario är en postulerad eller antagen uppsättning av villkor och / eller händelser; ett scenario kan representera förhållanden vid en enstaka tidpunkt, en enda händelse, eller utgöras av förhållanden och / eller händelser över tid. Patterson, et al. [8] beskriver vidare att ett scenario är en specifikation av en sekvens av omständigheter och händelser som visar en realistisk situation som operatörer och skiftlag kan ställas inför, samt som anläggningen ska kunna hantera. Ett scenario kan uttryckas på olika sätt, allt ifrån en enkel verbal eller textbeskrivning av omständigheter och händelser som postuleras till en detaljerad simulering av händelser i en fullskalig dynamisk simulator [8]. I relation till sistnämnda beskrivning av vad ett scenario är, kan ”realistsikt” i detta sammanhang tolkas som, realistsikt givet den händelse som ska simuleras. Det är emellertid intressant att notera skillnaden mellan realistiska och sannolika situationer samt huruvida realistiska förhållanden föreligger under genomförandet av en validering. Föreliggande studie kommer dock inte att gå vidare i den diskussionen på en djupare nivå.



## 2. Metod och tillvägagångssätt

För att besvara frågeställningarna i studien har två huvudsakliga steg utförts; först *Datainsamling i form av litteraturstudie och kartläggning av praktiska erfarenheter*, därefter *Analys*.

Frågeställning 1 och 2 besvaras i avsnitt 3. Frågeställning 1 besvaras under *Sammanfattning och analys av genomförd litteraturstudie*. Frågeställning 2 besvaras under *Sammanfattning och analys av genomförda intervjuer*.

Frågeställning 3 och 4 besvaras genom resonemang i avsnitt 5, Diskussion.

### Datainsamling

Datainsamlingen har genomförts iterativt, vilket innebär att en första sökning av litteratur genomfördes och litteraturen genomlästes sedan av analysgruppen. Utifrån screeningen gick det att urskilja vilka områden, generellt, som finns i litteraturen. Med utgångspunkt i studiens frågeställningar utfördes sedan en mer detaljerad sökning och genomgång utifrån de områden som ansågs mest relevant för denna forskningsstudie. På så vis har datainsamlingen till viss del väglett inriktningen på studien allteftersom sökning och inläsning ägt rum.

### Litteraturstudie

Litteraturstudien inleddes med att identifiera intressanta källor så som myndigheter, internationella organ, kommissioner och forskningsinstitut som kravställer, vägleder eller bedriver forskning vad gäller utvärdering av kontrollrumsfunktionen. Därefter utfördes en bred sökning av litteratur; vetenskapliga artiklar, doktorsavhandlingar, konferensbidrag, nationella och internationella standarder samt guider inom området ”*Human Factors Engineering and Integrated System Validation*”. Detta för att initialt få en så bred täckning som möjligt, för att i ett senare skede smalna av sökningen genom att söka efter litteratur med koppling till scenariourval, scenariodesign och acceptanskriterier. Kedjesökning genomfördes därefter på intressanta källor. Materialet utgjorde vidare en förberedande grund för frågeunderlaget som användes vid intervjuerna.

### Kartläggning av praktisk erfarenhet - intervjuer

Semistrukturerade intervjuer genomfördes i syfte att ge underlag till kartläggningen av praktisk erfarenhet gällande arbetssätt och kriterier för scenariourval och -design inom HFE-processen. Frågeunderlaget (se Bilaga 1) baserades dels på resultatet från litteraturstudien och dels indirekt på de frågeställningar som initialt definierades i planeringen av forskningsstudien.

Representanter från Sveriges samtliga anläggningar med kärnkraftsreaktorer i drift (Oskarshamn, Forsmark och Ringhals) tillfrågades och accepterade ett deltagande i studien. Intervjuerna genomfördes med HFE-ansvariga (eller motsvarande titel)

hos respektive anläggning. I syfte att fånga praktiska erfarenheter samt som komplement till intervjun med Oskarshamn, användes även resultatrapporten från den slutliga valideringen (ISV) inom ramen för Projekt PLEX - ett större moderniseringsprojekt med stor påverkan på kontrollrumsutformningen.

Utöver de svenska anläggningarna tillfrågades även ett finskt kärnkraftsbolag, Teollisuuden Voima Oyj (TVO), och då specifikt avseende kärnkraftsreaktorn Olkiluoto 3 (OL3). OL3 valdes ut då den representerar ett av de senaste nybyggnationsprojekten inom kärnkraft och som genomförde sin slutliga ISV i oktober 2019. Intervjun med OL3 genomfördes med en representant från HFE-teamet i det projektet.

Vidare genomfördes en intervju med en representant från *Institutt for Energiteknikk* (IFE) i Halden, Norge. Representanten valdes ut mot bakgrund av dennes breda erfarenhet av forskning inom kontrollrumsvalidering, men även p.g.a. att denne deltagit som oberoende granskare vid flertalet ISV i Europa samt även deltagit vid utvärderingar av operatörer i licensieringsprocessen i USA där scenariourval och -design utgör en viktig del.

Totalt genomfördes således fem intervjuer under maj, juni och september 2020. Samtliga intervjuade fick inledande information om studien via e-post för att senare, vid intervjutillfället, få mer detaljerad information om att lämnade uppgifter under intervjun hanteras konfidentiellt utan kopplingar till respektive anläggning eller person. Samtliga intervjuer, som varade från cirka en till två timmar, genomfördes virtuellt, och spelades in.

## Workshop

Förutom intervjuerna beskrivna ovan genomfördes en två-timmars workshop med mångårigt erfarna risk- och säkerhetsanalytiker från Risk Pilot. Syftet med workshoppen var att diskutera frågeställning 4 utifrån deltagarnas praktiska erfarenhet av att genomföra olika typer av risk- och säkerhetsanalyser och utifrån deras samlade erfarenhet av genomförda uppdrag inom kärnkraftsbranschen.

## Analys

Utifrån en samlad bedömning av erhållet underlag från litteraturstudie och kartläggning av praktiska erfarenheter analyserades underlaget gemensamt i analysgruppen. En första workshop genomfördes i syfte att strukturera upp den samlade bilden av insamlat material för att därefter genomföra ytterligare en workshop, denna i syfte att gå in på mer detaljer och gemensamma kopplingar i materialet.

Ansatsen i analysen har varit ett induktivt kvalitativt perspektiv, vilket innebär att insamlad data har drivit analysen. Frågeställningarna har således inte använts som förbestämda kategorier att koppla data emot. Frågeställningarna har dock använts som ett ramverk som analysgruppen förhållit sig till.

# 3. Resultat

## Litteraturstudie

Behovet av att utveckla metoder för utvärdering av kontrollrumsfunktionen har identifierats av forskare sedan en tid tillbaka [3][5]. En viktig del av utvärderingen av kontrollrumsfunktionen är att göra ett urval av scenarier och att utforma dessa så att de representerar syftet med utvärderingen samt tillför den grad av svårighet och komplexitet som representerar de utmaningar som operatörerna och kontrollrumsfunktionen kan utsättas för [8].

Att utforma en uppsättning av scenarier kan likställas med att skapa ett korsord där begränsningar måste uppfyllas på flera nivåer samtidigt. Förändringar på en nivå i utformningen av scenariot interagerar samtidigt med scenariot på andra nivåer vilket skapar ett beroende mellan de olika nivåerna och måste därav hanteras parallellt, till exempel med avseende på kravuppfyllnad [8]. Nedan listas några exempel på vilka olika nivåer av aspekter som parallellt måste beaktas i utformningen av ett scenario:

- Hur väl scenariot efterliknar verkligheten (*surface validity*).
- Hur väl scenariot representerar komplexa aspekter som operatörerna verkar i (*representative complexity*).
- Scenarieegenskaper som till exempel stödjer aktiviteter, beslut, kognitiva funktioner och samarbete (*model of support*).
- Svårighetsgrad (*scenario difficulty*).
- Hur väl scenariodesignen stödjer observerbara operatörsbeteenden (*performance observability*).
- Mätvärden viktiga för kunden. Scenarierna möjliggör prestationsmätning som återspeglar situationer som visar på förbättringsområden – riskminskning, kostnadsminskning (*value/impact potential*).

Vidare beskrivs olika typer av faktorer i litteraturen som kan inkluderas i ett scenario i syfte att öka komplexiteten [8][9]. Exempel på sådana faktorer är:

- överbelastning (*data overload*)
- förhållande mellan signal och brus (*signal-noise relationship*)
- behov kopplat till uppmärksamhet (*attention demands*)
- fördelning av information mellan individer (*distributed information across individuals*)
- avsaknad av information (*missing information*)
- vilseledande indikatorer (*misleading indicators*)
- tvetydiga signaler (*ambiguous cues*).

Dunne et al. [9] föreslår vidare att sådana komplicerade faktorer kan delas in i tre områden; uppgiftens komplexitet, uppgiftens omfattning samt kognitiva påverkansfaktorer utifrån sammanhang. Sammanslagningen av dessa faktorer bildar den totala komplexiteten i scenariot.

## Olika typer av stöd

Ett dokument som frekvent förekommer inom kärnkraftsindustrin är ”*Human Factors Engineering Program Review Model*”, NUREG-0711 [1]. Syftet med dokumentet är att ge medarbetare vid den amerikanska myndigheten, *United States Nuclear Regulatory Commission* (NRC), vägledning vid granskning av aktiviteter relaterade till *Human Factors* i projekt rörande byggnation av nya, eller modernisering av befintliga, kärnkraftsreaktorer NUREG-0711 innehåller granskningskriterier för att utvärdera *Human-System Interface* (HSI) och för verifiering och validering av konstruktionens anpassning till människans förmåga. Intentionen med NUREG-0711 är således inte att fungera som en beskrivning av HFE-processen, men den har av flera kärnkraftsaktörer använts som den primära guiden för HFE-aktiviteter i konstruktionsprocessen. Exempelvis refererar Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd, SSMFS 2008:17 [10] till NUREG-0711 som ett exempel på metodik för utvärdering av kontrollrumsändringar.

NRC publicerade den första utgåvan av NUREG-0711 år 1997. Den tredje (nuvarande) utgåvan publicerades år 2012, men det diskuteras redan behov av ytterligare uppdateringar, bland annat vad gäller ISV då detta är ett område som varit oförändrat sedan första utgåvan [11]. År 2019 publicerade IAEA en säkerhetsstandard för ”*Human Factors Engineering in the Design of Nuclear Power Plants*” [2]. I dessa dokument ses validering generellt som en aktivitet som genomförs i slutet av en konstruktionsprocess för att utvärdera kontrollrumsfunktionen som en helhet. Dock har det inom forskningen framkommit andra synsätt och metoder för validering. På senare tid har det förekommit exempel med stegvis validering, där delar av kontrollrumsfunktionen valideras bit för bit i en iterativ process [12]. Dels för att tidigt kunna fånga upp och lösa konstruktionsproblem dels för att byggnation av nytt kontrollrum ofta är en tidsmässig utdragen konstruktionsprocess. Vidare genomförs ett moderniseringsprojekt av ett befintligt kontrollrum ofta i olika konstruktionsfaser med idrifttagning i olika etapper, vilket försvårar att enbart utföra en större slutlig ISV utan en iterativ valideringsprocess där delresultat kan användas i den slutliga ISV:n.

NRC ger guidning vad gäller val av scenarier, även om syftet för NRC:s del är granskning av genomförda utvärderingar och således också granskning av val av scenarier [13]. Dock finns det fortfarande utmaningar för både forskare och anläggningarna när det kommer till urval och design av scenarier då NRC:s vägledning är begränsad i det avseendet att den är framtagen att fungera som ett stöd vid granskning. Vägledningen från NRC ger således endast ett övergripande stöd (exempelvis inledande händelse, felfunktioner och förhållanden) och säger att prestationsbaserade tester ska genomföras, men ger inga detaljer vad gäller hur scenarier ska tas fram eller vad de bör innehålla för att kunna genomföra utvärderingen på ett tillfredsställande sätt [13].

Standarder och guider utgör en viktig del i konstruktion och utvärdering av kontrollrumsfunktionen. De utgör ett stöd för ett standardiserat arbetssätt och bidrar på så sätt till att HFE-processer och metoder genomförs och används på ett konsekvent sätt. Det finns en rad olika standarder och guider inom området HFE som även berör integrerad systemvalidering. Olika standarder och guider har olika ursprung. John O’Hara [3] har studerat detta och hävdar att många standarder och guider är framtagna av professionella organisationer (exempelvis ISO, IEEE och IEC) som även håller dem uppdaterade utifrån ny forskning och teknisk utveckling.

Vidare finns det standarder och guider som är framtagna av nationella myndigheter (exempelvis NRC, DoD, FAA, NASA och FDA). En genomgång av sådana visar att de varierar i detaljrikedom, men att de flesta innehåller en gemensam övergripande vägledning som i stor utsträckning liknar NUREG-0711 [3].

Vidare har Vattenfall i ett samarbete mellan de olika ägarna såväl som alla tre tillståndshavare (RAB, FKA, OKG) tagit fram en "Handbok för utvärdering av samspellet mellan människa, teknik och organisation vid anläggningsutveckling" [14]. Handboken beskriver utvärderingsaktiviteter i tre faser:

1. Test och evaluering – Presentation av fortlöpande utvärderingsaktiviteter under konstruktionsprocessen.
2. Verifiering – Slutlig kvalitetskontroll med syfte att kontrollera att specificerade krav har uppnåtts.
3. Validering – Påvisa hur systemet, processen eller motsvarande uppfyller sin avsedda funktion.

Specifikt vad gäller framtagning av scenarier uppger utvärderingshandboken [14] att valideringen bör inkludera en dynamisk utvärdering av ett urval av driftfall som är representativa för anläggningen generellt och specifikt för den anläggningsändring som ska utvärderas. Ett antal händelser som är viktiga för säkerheten väljs ut utifrån urvalet och framtagna scenarier bör spegla möjliga driftfall och täcka in så många variationer som möjligt. De kriterier som används för detta är:

- driftlägen
  - felhändelser
  - radiologiska nödsituationer
  - rimliga händelser som kan hänföras till "bortom-design-händelser"
- arbetsuppgifter
  - riskfylld handling (identifierad i uppgiftsanalys, Probabilistisk Säkerhetsanalys, PSA/*Human Reliability Analysis*, HRA)
  - instruktionsstyrda uppgifter
  - representativa uppgifter som återspeglar omfattningen av kontrollrumspersonalens arbetsuppgifter
  - användning av olika människa-maskin-komponenter
  - uppgifter som utmanar användarna
  - interaktion mellan olika personalgrupper
- ändrad funktion
- kända utmanande faktorer.

De förutsättningar som väljs ut att ingå i valideringen bör definieras, då det bidrar till att viktiga aspekter kommer med och medger en upprepning av testen.

## Identifierade angreppssätt

Litteraturen beskriver en mängd olika övergripande angreppssätt avseende validering. Då validering skulle kunna ses som en större process sträcker sig metoderna från planering, scenariourval och -design, till analys av resultat och slutlig bedömning av kontrollrumsfunktionen utifrån satta acceptanskriterier. I denna resultatredovisning görs endast en sammanfattande sammanställning av dessa angreppssätt vilket också utgör det teoretiska ramverket för denna studie.

## Stegvis validering

Forskning och projekterfarenheter visar mer och mer på fördelarna med en s.k. *Multi-Step Validation* [15] – en valideringsprocess som sker iterativt med början på systemnivå för att gradvis öka i omfattning till en slutlig integrerad validering.

Vid modernisering av kontrollrum vid en finsk kärnkraftsreaktor användes en typ av oberoende, stegvis validering kallad *Sub-System Validation* (SSV) [12]. Behovet av en sådan approach framträdde då projektet genomfördes i olika faser över en längre tidsperiod samtidigt som det var tätt kopplat till moderniseringen av I&C.

Vid en SSV genomförs mindre tester med fokus på enskilda system samtidigt som det övergripande driftkonceptet finns i åtanke. I stort sett har detta tillvägagångssätt tre grundpelare: 1) Dela in valideringsprocessen i mindre delar; 2) Ta avstamp i en gradering för att prioritera valideringsaktiviteter med avseende på säkerhetspåverkan (*Graded Approach*); och 3) Använd kraven på kontrollrummet som referensvärden vid bedömning av resultatet [12]. Detta är något som passar en konstruktionsprocess som sker stegvis med iteration av konstruktionslösningar, där en fungerande konstruktion växer fram i konstruktionsarbetets hela livscykel. Samtidigt som konstruktionslösningarna växer fram bör de också valideras i samma takt. Det ger en fördel med tanke på att erfarenheter från en tidigare iteration kan användas i en senare för att förfinas såväl referensram som koncept och konstruktion. Det ger också en möjlighet att inledningsvis validera på en mer detaljerad nivå, för att sedan öka överblicken i takt med att konstruktionen mognar [12].

SSV utgörs i stort av planering; datainsamling och analys; identifiering av avvikelser (HED); samt utvärdering [12]. I planeringen ska mål definieras, eventuella begränsningar för valideringen beskrivas och relevanta mätmetoder väljas. I denna fas tas också scenarier fram där relevanta uppgifter ska genomföras. Detta görs i samarbete mellan konstruktions- och utvärderingsteam. Scenarier och uppgifter ska vara heltäckande med avseende på egenskaper i HSI och de ska representera ett urval av driftlägen. Utifrån denna grund ska sedan uppgiftsspecifika krav definieras för operatörerna. Som en hjälp i detta har Laarni et al. [12] utvecklat en metod för att strukturera upp olika situationer som operatörerna kommer hantera, men även operatörernas beteende, utifrån ett tidsperspektiv och ett funktionellt perspektiv. I denna metod ska ett testscenario eller en uppgift analyseras hierarkiskt med syfte att identifiera dess komponenter. När detta är utfört fortsätter processen till att beskriva vilken information som ska presenteras på vilket HSI i scenariots olika sekvenser [12]. Ett av de huvudsakliga målen med detta är att kunna utvärdera i hur stor utsträckning kontrollrummet stöttar ett resilient<sup>1</sup> agerande i olika driftlägen och händelser. Detta innebär i praktiken en kontinuerlig, aktiv, övervakning av anläggningens tillstånd. Vid design av scenarier är detta viktigt att ha i åtanke då det innebär att trots att det finns en tydlig förväntan om att följa instruktioner så måste det också finnas en flexibilitet och anpassningsförmåga vad gäller att hantera förändringar i anläggningens driftlägen vid olika händelser och förhållanden. För att kunna visa på en sådan flexibilitet kan enklare incidentscenarier vara en fördel snarare än svåra haverier som oftast är väl inövade och väl utformade vilket kan minska flexibiliteten, d.v.s. förmågan hos operatörerna att göra avvägningar mellan olika, ej på förhand beskrivna, vägval, hos operatörerna.

---

<sup>1</sup> Förmågan att stå emot, klara av en förändring, samt återhämta sig och vidareutvecklas.

Data för validering samlas in med hjälp av olika metoder. Vid simulators-test observerar valideringsteamet samtidigt som körningen spelas in. Efter varje körning hålls intervjuer där körningen går igenom och diskuteras tillsammans med operatörerna. Vidare genomförs även debriefings i slutet av testdagarna där såväl operatörer och valideringsteamet deltar. Vid dessa debriefingar läggs stor vikt på att diskutera och resonera hur väl det nya gränssnittet fungerar i och för operatörernas dagliga arbete. Till sist görs även så kallade kognitiva genomgångar (*cognitive walkthroughs*) där gränssnittets funktionalitet utvärderas genom att operatörerna får kommentera och komma med förslag om förändringar i det nya gränssnittet [12].

## Användarcentrerat angreppssätt

Ett användarcentrerat angreppssätt fokuserar på interaktionerna som sker i utförandet av en uppgift. Det som mäts är användarvänligheten och användarens upplevelse. Användarens upplevelse däremot handlar generellt om de känslor som uppstår hos användaren vid användning av, och interaktion med, systemet [16]. Fördelen med ett användarcentrerat angreppssätt är att användaren och dennes interaktion med systemets olika delar hamnar i fokus.

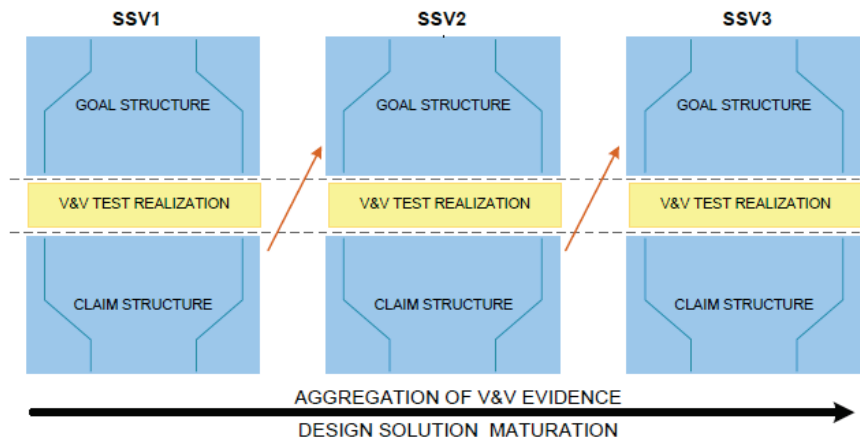
Denna typ av metod är en variant av stegvis validering (SSV) som beskrivs i föregående avsnitt. När ett moderniseringsprojekt genomförs i etapper över tid så krävs en god planering då det mellan etapperna kan uppstå nya utmaningar vad gäller ledning och styrning samt koordinering [17]. Koskinen et al. [17] föreslår ett tillvägagångssätt kallat *Systems Usability Case* (SUC) vilken möjliggör en kravbaserad utvärdering av ett kontrollrum ur ett MTO-perspektiv.

SUC är i grunden ett *safety case* som beskriver och utvärderar användarvänlighet utifrån olika kontext vilket ger fördelar vad gäller att systematisera och hantera *Human Factors*-perspektivet och resultatet som kommer ur detta. Ett *safety case* är en produkt av valideringen och består av en uppsättning bevis som argumenterar för ett systems säkerhet i en given miljö. Det innebär alltså att säkerhetsrelaterad information samlas på ett ställe för att underlätta hanteringen av systemet under hela kärnkraftsreaktorns livscykel [17]. Ett *safety case* byggs upp av tre element; 1) Påstående, 2) Bevis, och 3) Argument. Påståendet beskriver systemets olika egenskaper medan bevis utgörs av data som visar på systemets förmåga att stötta säkerheten. Argumenten binder samman påstående och bevis [17].

Med påståendet att det är önskvärt med hög användarvänlighet i ett kontrollrum är användarvänligheten en central aspekt att ha med och integrera i sitt *safety case*. Genom att peka på både positiva Bevis (som stöttar påståendet) och negativa Bevis (som går emot påståendet) kan en sammanvägd bild formas av kontrollrumsfunktionens styrkor och svagheter vilka är relevanta för den fortsatta konstruktionsprocessen och som i sin tur ger vägledning och återkoppling för att förbättra konstruktionen [17]. SUC syftar således till att samla bevis och argumentera för graden av användarvänlighet av ett system i en given tillämpning och en given miljö. Fokus läggs på att tekniken ska formas utifrån människans förmågor och tillkortakommanden så att konstruktionslösningarna stöttar genomförandet av arbetsuppgifter i kontrollrummet [17].

Den sammanvägda bilden av positiva och negativa bevis som framkommer genom SUC aggregeras och konstruktionen utvecklas för varje steg (se figur 2). Varje steg

i valideringen kopplas till nästa genom att uppfyllnad av satta krav sker gradvis. Problem som identifieras i ett steg rättas till och testas i nästa steg samtidigt som kravbildningen kan förändras vilket också kräver en iteration i valideringsprocessen. I slutet av denna process kommer inga problem eller förändrade krav längre att uppstå [17].

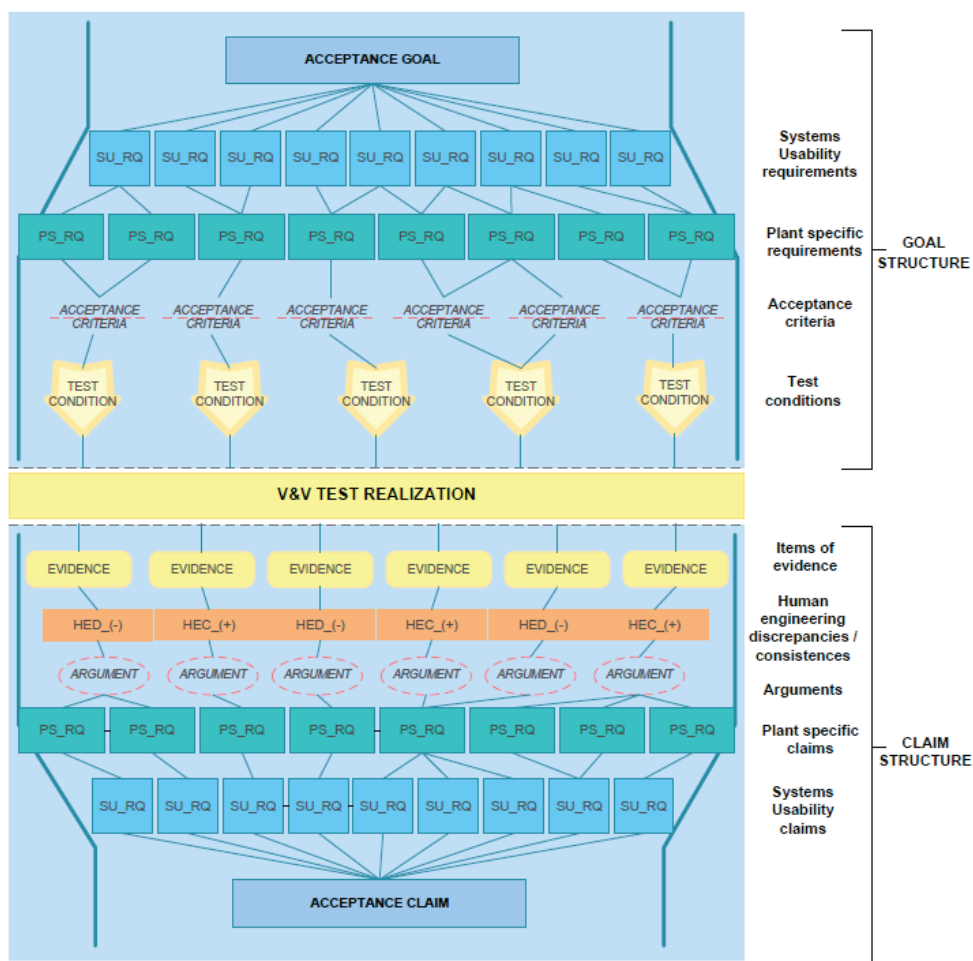


**Figur 2** Figuren visar iterationen i System Usability Case. Figur hämtad från [17].

SUC byggs huvudsakligen upp av två speglade strukturer (se figur 2 och 3). Den första är en målstruktur som tas fram innan valideringen genomförs för att kunna ha ett referensvärde att utgå ifrån. Utgångspunkten är ett mål på hög nivå som sedan bryts ner i mindre mål, vilka också blir krav (*SU\_RQ* och *PS\_RQ*). För varje krav formuleras acceptanskriterier för att kunna avgöra om konstruktionen uppfyller kraven. Till sist bestäms vilka testförhållanden som måste finnas i ett scenario för att kunna utvärdera satta acceptanskriterier [17].

Den andra är en bevisstruktur som speglar målstrukturen. För att nå bevisstrukturen dokumenteras bevis från valideringen i form av operatörernas prestation i ett specifikt driftläge. Om beviset är positivt uppfylls det satta acceptanskriteriet (*HEC\_(+)*), om beviset är negativt uppfylls inte det satta acceptanskriteriet (*HED\_(-)*). Argumentationen som följer är den viktigaste delen av SUC då det kopplar samman bevis och påstående i form av huruvida bevisen stödjer eller förkastar ett specifikt påstående. Påståenden i det här fallet är antingen anläggnings specifika påståenden (*PS\_RQ*) eller påståenden rörande användarvänligheten (*SU\_RQ*). Till sist finns ett slutligt övergripande påstående som bedöms likt en samlad värdering [17].





Figur 3 Figuren visar strukturen på System Usability Case. Figur hämtad från [17].

### Kontextuellt angreppssätt

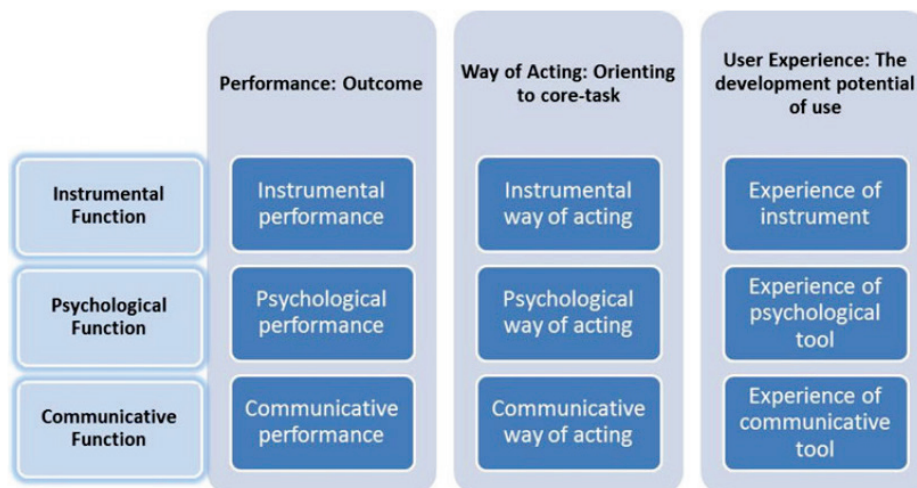
Det finns en viss problematik vad gäller generella användarcentrerade angreppssätt då metoder som bygger på detta utvecklats för att utvärdera en vanlig PC, användning av internet eller annan typ av teknik. Dessa fall fokuserar på en enskild användare där interaktionen sker direkt medan arbetet i ett kontrollrum bygger på samarbete och där interaktionen sker indirekt. Det innebär att operatörerna inte har en fysisk kontakt med de objekt som de hanterar - för att kunna ge rätt kommandon måste de först förstå uppgiften och processen [16]. För att kunna forma en metod som utvärderar kontrollrummets funktionalitet har Savioja och Norros kombinerat väletablerade utvärderingsmetoder för *Human Factors* (exempelvis intervju, observation, enkät/frågeformulär och arbetsbelastning) med *state-of-the-art* - metoder inom användarcentrerad utvärdering. Detta har resulterat i en metod ämnad att utvärdera teknikens påverkan på säkerhet samtidigt som en förståelse för vad som driver interaktionen kan skapas. På så vis kan det bli möjligt att identifiera potentiella risker som inte är synliga vid användandet av metoder som fokuserar på slutresultatet. [16]

I sin forskningsstudie utgår Savioja och Norros från så kallad aktivitetsteori där rollen av ett verktyg i en viss situation undersöks. Därav ett ”kontextuellt” angreppssätt vilket visar på att aktiviteten, i vilken ett verktyg används, bestämmer kontexten för användandet. Savioja och Norros betonar vikten av att vid utformning och användning av teknologi ha den socio-kulturella kontexten i åtanke. Vidare menar de att ett verktyg kan ha tre olika funktioner: Instrumentellt, psykologiskt eller kommunikativt. Som exempel används en hammare. Hammarens instrumentella funktion är att slå i en spik. Den psykologiska funktionen innebär att användaren vet vad hamra är och vad hammaren ska göra, vilket vidare innebär att användaren också vet vilka möjligheter som finns vad gäller att manipulera och kontrollera objekt med verktyget. Den kommunikativa funktionen visar på de sociala aspekterna av att använda hammaren. Genom att välja det specifika verktyget kommunicerar användaren intention och syfte med en aktivitet. Detta bidrar till att skapa mening i ett bredare, kulturellt och socialt, perspektiv. [16]

Det kontextuella angreppssätt som de presenterar har två huvudsakliga antaganden som utgångspunkt. Det första antagandet anger att det endast är möjligt att se kvalitén på kontrollrummet i en verklig situation. Det andra antagandet anger att kontrollrummet måste stötta prestation och positiva resultat, arbetssätt samt användarens upplevelse [16]. Vad detta innebär beskrivs nedan:

- **Prestation och positiva resultat:** Identifiera uppgifter som måste genomföras och resultatet som följer. Vad gjordes i en viss situation och vad blev resultatet? Denna analys ämnas vara objektiv och beskriva arbetet så som det ses av en extern observatör.
- **Arbetssätt:** Att endast titta på resultatet är, som tidigare nämnt, inte tillräckligt. Det finns olika sätt att nå målet med en uppgift och dessa skillnader bör mätas. Beteendemönster framkommer och dessa används som beteendemarkörer för att kunna visa på goda arbetssätt.
- **Användarens upplevelse:** Tekniken påverkar användaren, och användaren påverkar tekniken. Hur detta upplevs fångas upp av användaren och genom att analysera denna upplevelse kan egenskaper identifieras som inte syns genom observation.

Ovanpå detta läggs ytterligare ett lager, utifrån beskriven aktivitetsteori, för att beskriva kontrollrummets olika funktioner i en aktivitet. Kontrollrummet är ett instrument med förmågan att skapa förväntad effekt. Kontrollrummet fungerar också som en psykologisk funktion där operatörerna förstår vad kontrollrummet gör och hur olika funktioner ska manövreras och kontrolleras. I och med detta kan operatörerna reflektera över vad som händer, vilket skapar ett lärande och utvecklar uppgifterna som genomförs i kontrollrummet. Till sist är kontrollrummet också ett kommunikativt verktyg där det bland annat är gränssnittet som kommunicerar intention och syfte samt skapar mening med användningen [16]. Genom att kombinera kontrollrummet som ett stöd för prestation och positiva resultat samt dess funktioner bildas en tvådimensionell modell som formar ramverket för utvärdering:



**Figur 4** Figuren visar kombinationen mellan kontrollrummet som stöd för prestation och positiva resultat (övre raden) och kontrollrummets funktioner (vänstra kolumnen). Figur hämtad från [16].

Dessa nio kategorier<sup>2</sup> av mått utgör ett ramverk för identifiering av relevanta metoder att använda vid utvärdering av systemets användarvänlighet [16].

- ***Instrumental performance:*** Operatörerna klarar av att genomföra sina uppgifter med hjälp av kontrollrummet.
- ***Psychological performance:*** Mått för att fånga den kognitiva förmågan hos operatörerna, ex kognitiv belastning.
- ***Communicative performance:*** Samarbetsaspekter. Exempelvis hur information om processen kommuniceras mellan operatörerna.
- ***Instrumental way of acting:*** Kontrollrummet hjälper operatörerna att fokusera på viktiga aspekter och uppgifter i en given situation.
- ***Psychological way of acting:*** Operatörerna strävar efter att förstå processen samtidigt som de kan förutse utveckling och bibehålla kontroll.
- ***Communicative way of acting:*** Samarbete och delad förståelse vad gäller förutsättningar och bra prestationer. Operatörerna förstår sitt eget bidrag i en delad uppgift. Kontrollrummet stödjer en gemensam förståelse och processens tillstånd.
- ***Experience of instrument:*** Operatörerna upplever att kontrollrummet fungerar bra och att de kan genomföra sina uppgifter.
- ***Experience of psychological tool:*** Operatörerna känner en säkerhet i användning av kontrollrummets funktioner. Det upplevs lätt och naturligt.
- ***Experience of communicative tool:*** Operatörerna känner att de kan lita på den information som presenteras i kontrollrummets olika gränssnitt på samma sätt som att de kan lita på de andra operatörerna.

Detta ramverk har utvecklats och testats genom att bland annat utvärdera två befintliga kontrollrum innan dessa modifierats med syfte att samla in referensdata om kontrollrumsfunktionen [16]. Testerna genomfördes i simulatorn och tre scenarier utformades för respektive kontrollrum. De scenarier som användes byggdes på så

<sup>2</sup> Analysgruppens tolkning av dessa kategorier är att de separat undersöker kontrollrummet som ett verktyg i enlighet med aktivitetsteorin. Det är dock den sammanvägda bilden av figur 4, som bidrar till synen av kontrollrummet som ett socio-tekniskt system i enlighet med Simonsens [6] definition angiven i inledningen.

kallade ”*functional situation models*” (FMS) vilket innebär att en händelse dels beskrivs kronologiskt, dels utifrån processen och de säkerhetsfunktioner som behöver fungera i given situation. Exempelvis i händelse av förlust av kylmedel hotas säkerhetsfunktionen härdsnödkylning. I en FMS är nödvändiga åtgärder från operatörerna kopplade till denna säkerhetsfunktion. Genom att modellera en händelse på detta sätt kan åtgärder från operatörerna kopplas till ett övergripande mål. Detta angreppssätt gör det också möjligt att analysera kontrollrummets funktion i enlighet med figur 4 (instrumentell funktion, psykologisk funktion och kommunikativt verktyg) [16].

Att studera kontrollrummet utifrån dess instrumentella funktion, psykologiska funktion och kommunikativa funktion möjliggör en ökad förståelse för hur djupt och från vilka perspektiv tekniken påverkar människans agerande [16].

## Integrerad Systemvalidering (ISV)

I litteraturen på området utgör NUREG-0711 den dominerande metodkällan. I NUREG utgör ISV det elfte elementet i processen och beskrivs som ”*an evaluation, using performance-based tests, to determine whether an integrated system’s design (i.e., hardware, software and personnel elements) meets performance requirements and supports the plant’s safe operation*” [1]. NUREG beskriver en metod för *Human Factors Verification and Validation* där ISV utgör den slutliga valideringen.

Enligt NUREG-0711 inleds V&V-processen med att definiera *Samples of Operational Conditions*, vilket innebär att ta fram ett representativt urval av olika driftförutsättningar som speglar den variation av händelser som kan uppstå under drift av en kärnkraftsreaktor. De driftförutsättningar som tas fram bör inkludera:

- normala aktiviteter (uppstart, nedgång, bränslebyte och förändringar i effekt)
- fel i I&C och HSI
- radiologisk nödsituation
- uppgifter och åtgärder som operatörerna behöver vidta
  - identifierade viktiga manuella uppgifter
  - övervakning
  - problematiska uppgifter som identifierats i *Operational Experience Report* (OER)
  - instruktionsstyrda uppgifter
  - kunskapsstyrda uppgifter
  - kognitiva uppgifter
  - samarbete mellan operatörer eller annan personal
- situationer med hög arbetsbelastning
- situationer med varierande arbetsbelastning
- utmattning och trötthet
- påverkan från den omgivande miljön.

Utifrån de framtagna situationerna utformas scenarier där kontrollrumsfunktionen kan analyseras. För att de scenarier som tas fram ska vara korrekta och konsekventa, samt för att viktiga aspekter i kontrollrummets funktionalitet ska komma fram bör nedan listade aspekter beaktas:

- en beskrivning av scenariot och nödvändig bakgrundsinformation
- specificera inledande tillstånd

- situationer som kommer uppstå samt hur de initieras
- beskrivning av arbetsmiljön (t.ex. dålig belysning)
- behov av stöd (t.ex. instruktioner)
- bemanningsnivå
- nödvändig kommunikation mellan operatörer och annan personal
- manus för instruktörer som agerar personal som ej finns närvarande i kontrollrummet
- precisera vad, när och hur data samlas in och hur denna lagras
- specificera simulatorns inställningar
- ange kriterier för när scenariot avbryts.

I Vattenfalls utvärderingshandbok beskrivs olika hänsynstaganden som behöver göras i lämplig omfattning beroende på ändringens karaktär. Hänsynstaganden beskriver bland annat personalens roll i systemet (kontrollrumsfunktionen), bemanning och samordning, gränssnittsutformning utifrån människans förmåga, arbetsuppgifters utformning samt situationsmedvetenhet, mental arbetsbelastning, fel-funktioner och övriga aspekter som kan ha en negativ inverkan på kontrollrumsfunktionen, så som utbildning och kommunikation. Kopplat till varje hänsynstagande ska sedan mål med utvärderingen sättas upp. Bedömningen av ändringens karaktär görs vidare utifrån två huvudsakliga kategorier; risksignifikans (reaktorsäkerhet, personsäkerhet och drifttillgänglighet/ekonomi) och MTO-påverkan (ny funktionalitet, möjlighet att upptäcka och återställa fel och principen om graden av tekniklighet kontra innovation). [14]

## Acceptanskriterier

För att kunna göra en bedömning om kontrollrumsfunktionen uppfyller sitt syfte i en validering där scenarier används, behöver acceptanskriterier identifieras.

En mängd studier har genomförts i syfte att definiera övergripande ramar för acceptanskriterier och prestationsmätning samt att ta fram individuella mätvärden som används för att mäta olika aspekter – *performance measurements* [Braarud., PO. & Eitrheim, R. 2013; Ha et al., 2007, 2009; Hsu, Wu, & Lee, 2006; Lee et al., 2009; Skranning et al., 2013 – refererade i [3]].

I Vattenfalls utvärderingshandbok [14] beskrivs att acceptanskriterier baseras på identifierade mål och generella hänsynstaganden (se avsnitt, Integrerad Systemvalidering (ISV) ovan) och en anläggningsändrings karaktär. Vidare beskrivs att acceptanskriterierna kan delas upp i objektiva respektive diagnostiska acceptanskriterier. Ett objektivt acceptanskriterie kan till exempel vara ”ingen reduktion av reaktorsäkerhetsmarginal till följd av misstag utförda av operatörer” och ett diagnostiskt acceptanskriterie kan till exempel vara ”uteblivna manuella ingrepp hålls inom angivna gränser” [14].

I NUREG-0711[1] beskrivs en uppsättning av mätningar av prestation som används vid en ISV:

- anläggningens prestation - Funktioner, system eller komponenter
- hur personalen genomför sina primära uppgifter - Övervakning, upptäckt, bedömning av situation, planering och genomförande av åtgärd, avseende:
  - tid
  - precision

- frekvens
- antal uppgifter slutförda
- subjektiva bedömningar från deltagarna
- kategorisering av observerat beteende.
- hur personalen genomför sina sekundära uppgifter – Interaktion med HSI och navigering mellan skärmar
- situationsmedvetenhet
- fysisk och kognitiv arbetsbelastning.
- fysiologiska faktorer:
  - synlighet av display
  - tillgång till kontrollutrustning
  - enkelheten att manipulera kontrollutrustning.

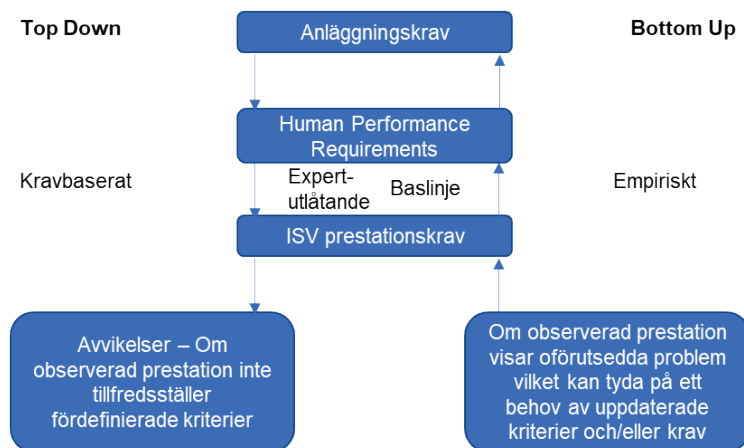
Genom att använda sådana mätningar av prestation kan tillräckligt med information samlas in för att validera konstruktionen och identifiera avvikelser. Resultatet av mätningarna jämförs sedan mot en uppsättning kriterier hämtade från krav, benchmark, norm eller expertutlåtande. Mätningarna kan antingen värderas som godkänd/icke godkänd eller som ett sätt att få en bättre förståelse för identifierade avvikelser genom att analysera dem [1].

Braarud [4] beskriver ett enkelt ramverk för att strukturera olika kriterier utifrån en *top-down/bottom-up* -modell. Braarud menar att kriterier bör baseras på *Human Performance* -krav relevanta för det specifika kontrollrummet. "*Human Performance requirements*" beskrivs som: "*Requirements to assure that the control room can perform its part of and contribute to the plant requirements. These can include requirements for (a) process control actions and monitoring, (b) how work should be performed and (c) the performance support that should be provided from the control room means and tools*". Utöver detta lägger Braarud även till prestationskriterier, vilket beskrivs som: "*Criterion that pertains to the ISV test can be seen as an operational definition of requirements. If performance observed in the ISV test does not satisfy a criterion an HED is identified*" [4].

I NUREG-0711 jämförs resultat från genomförd ISV med kriterier hämtade från exempelvis krav. Kraven beskrivs som kvantifierbara prestationskrav, exempelvis krav på system, sub-system och människa som definierats i tidigare konstruktionsanalyser [1]. Braarud menar i sin artikel att användningen av benämningen *human performance*-krav istället för enbart krav kan ses trivial, men vid genomförande av en ISV behövs en beskrivning av hur *human performance* och stödet till *human performance* från kontrollrummet bidrar till anläggningens säkerhet. En sådan beskrivning guidar sedan hela ISV:n och stöttar framtagning av scenarion, mätning av prestation och kriterier [4].

Att ta med sig kriterier från en baslinjemätning är något som beskrivs i NUREG-0711, men som kan vara svårt att få till. Ett kriterium som var relevant i den gamla konstruktionen behöver inte nödvändigtvis ha motsvarande relevans i den nya konstruktionen. Braarud ger ett exempel från en genomförd ISV där det i den nya konstruktionen tog mer än dubbelt så lång tid att upptäcka ett fel än det gjorde i den gamla. Det blev då en avvikelse, men vid djupare analys av avvikelsen insåg valideringsteamet att det i den nya konstruktionen var av högre relevans för säkerheten att fokusera på helheten än att ha en snabb respons på en enskild parameter. Detta gjorde att avvikelsen inte längre kunde ses som en avvikelse [4].

Den analys som gjordes i Braaruds exempel kan ses utifrån ett *top-down* eller *bottom-up* perspektiv. Antas ett *top-down* perspektiv tas kriterier fram ur krav hämtade från exempelvis kravbild eller baslinjemätning och identifierade avvikelser analyseras utifrån detta. Antas ett *bottom-up* perspektiv ställs istället frågan om avvikelsen verkligen representerar kraven och om kraven behöver uppdateras. Braarud menar fortsatt att krav på anläggningsnivå inte är tillräckligt och att *human performance*-krav behövs för att kunna konkretisera kraven och göra dem tydligare. En *top-down* baserad approach är idag den vanligaste, men för komplexa situationer (som t.ex ett kontrollrum) behöver det kompletteras med en *bottom-up* baserad approach



**Figur 5** Visar Top-Down/Bottom-Up perspektiv. Figur refererad från [4].

Simonsen och Osvalder [19] beskriver en liknande aspekt kopplat till kontrollrummets funktion och vikten av att veta vad som är centralt för säker drift av en kärnkraftsreaktor. Detta skapar en viktig grund för framtagning av kriterier och mätmetoder. Simonsen och Osvalder har identifierat fem aspekter som beskriver vad som krävs för att kunna hantera kontrollrumsfunktionen på ett säkert sätt och som sedermera också kan ses som en grund för att definiera utvärderingskriterier [19]:

- Situationer – Att kunna hantera olika driftlägen
- Funktioner – Förmågor som kontrollrummet måste ha. Dessa delas in i 11 underkategorier:
  - presentation av information
  - möjlighet att styra anläggningen
  - central övervakning
  - närvaro av personal
  - leda och styra personal
  - driftmannaskap
  - distribuerat roller och ansvar
  - extern support till skiftlaget
  - redundans
  - bestämmelser för fysiskt skydd
  - vara beredd på det oväntade.
- Uppgifter – Saker som kontrollrumspersonalen eller de tekniska systemen måste kunna göra. Dessa delas in i fyra underkategorier:
  - huvudsakliga uppgifter
  - arbetssätt
  - kommunikation

- samarbete.
- Strukturella element – Delar som tillsammans utgör kontrollrummet. Dessa delas in i fem underkategorier:
  - operatörsgränssnitt
  - fysisk kontrollrumsdesign
  - process- och I&C system
  - stödsystem
  - personal.
- Kännetecken – Kännetecken för konstruktionen (transparent, tydlighet, konsekvent, feltolerant, instruktioner, lätt etc.) och kännetecken för personalen (kompetens, nyfikenhet, envishet, flexibilitet, självförtroende, trivsel på jobbet, lugn, kultur/värderingar/attityder).

Vid intervjuer med personal från de svenska anläggningarna angående de identifierade aspekterna framkom att personalen själva inte strukturerar sitt arbete utifrån detta sätt att se kontrollrummet [19]. Simonsen och Osvalder menar att detta stärker bilden av kontrollrummet som ett socio-tekniskt system där helheten måste studeras och hur kontrollrummet kan ses ur olika perspektiv beror på situationen. En mindre ändring i en i övrigt föråldrad kontrollrumsutrustning förändrar inte de situationer kontrollrumsfunktionen måste kunna hantera, eller vilka uppgifter den ska utföra, så dessa variabler kan ses som konstanta. Istället skulle en utvärdering av en sådan ändring fokusera på att de strukturella elementen har rätt utformning och funktion. En utvärdering är inte möjlig om alla aspekter ses som föränderliga, vilket innebär att valideringsteamet för varje enskild utvärdering först måste överväga vad som bör ses som föränderligt och vad som bör ses som konstant [19].

Utöver de fem aspekter som presenteras ovan är operatörernas välmående ett viktigt bidrag vad gäller säker drift av anläggningen och bör således hanteras som ytterligare ett mål vid utvärdering av kontrollrumsfunktionen [18][19]. En balanserad arbetsbelastning kan till exempel bidra till användarens upplevelse av välmående. Arbetet som operatörerna utför ska inte enbart ses som något de gör för att tjäna pengar och överleva, utan snarare som något som möjliggör deras självuppfyllelse och utveckling – som en del av välmåendet. Utformningen av kontrollrummet utgör en del i hur tillfredsställelse, spännande och meningsfullt arbetet upplevs av de som utför arbetet [19].

## **Sammanfattning och analys av genomförd litteraturstudie**

Resultatet av genomförd litteraturstudie svarar på studiens första frågeställning *”Vilka arbetssätt och kriterier beskrivs i existerande metoder och teoretiska ramverk avseende scenariourval inom HFE-processen?”*.

De flesta verkar vara överens om att det uppstår svårigheter i att genomföra en stor ISV i slutet av konstruktionsprocessen, bland annat då konstruktionsprocessen för nybyggnation och moderniseringar är lång och ofta sträcker sig över flera etapper och år. Det verkar i dessa fall vara fördelaktigt att kunna validera i små steg i en iterativ process i takt med att konstruktionslösningar växer fram för att i ett tidigt skede kunna rätta till de problem som uppstår. Valideringen kan även göras på en detaljerad nivå till en början och stegvis utöka perspektivet för att slutligen genom-



föra en validering på helheten. Ofta anges en tydlig kravbild med kopplade acceptanskriterier vara en nödvändig grund för att kunna veta vad det är som ska utvärderas

Fokus inom forskningen och tillämpning tenderar att ligga på utvärdering och analys av resultat, medan scenariourval och -design inte nämns på samma detaljnivå. O'Hara [3] menar att NUREG-0711 på ett ganska bra sätt beskriver de driftsituationer som behöver vara representerade i de scenarier som tas fram. O'Hara säger samtidigt att det finns ett fortsatt behov av att tydliggöra hur många scenarier som ska tas fram, vilka scenarier som ska användas och hur dessa ska utformas i detalj [3]. Generellt framkommer att scenarier ska vara relevanta, heltäckande och inkludera många olika typer av driftlägen, situationer och påfrestningar för operatörerna. Samtidigt bör scenariot även återspegla kontrollrumsfunktionens resilienta förmåga. Vidare nämns också att testförhållanden måste bestämmas för att kunna utvärdera satta krav och acceptanskriterier.

Men även om fokus i mångt och mycket ligger på utvärdering och analys av resultat kan informationen som presenteras användas som indata i scenariourval och -design. Utifrån en uppsättning krav och acceptanskriterier skulle det gå att utvärdera vad ett scenario bör innehålla för att det ska vara möjligt att samla relevant data för att kunna utvärdera dessa krav och acceptanskriterier. Framtagning av scenarier bör ske i samarbete mellan konstruktionsteam och utvärderingsteam (inklusive instruktörer) för att på bästa sätt kunna omvandla krav och acceptanskriterier till händelser eller sekvenser i ett scenario.

Olika författare har till synes kategoriserat upp kontrollrumsfunktionen och sättet att hantera denna vid en utvärdering. Litteraturstudien presenterar en mängd olika aspekter, vissa av dessa är till synes gemensamma, medan andra är unika. Vid utvärdering av kontrollrumsfunktionen och vid framtagning av relevanta scenarier visar sammanställningen att följande behöver ingå:

- En variation av driftlägen, allt från normala förhållanden till radiologiska nödsituationer.
- En variation av arbetsuppgifter som på olika sätt utmanar operatörerna. Det kan bland annat innebära instruktionsstyrda uppgifter, kunskapsstyrda uppgifter, hög/låg arbetsbelastning, samarbete, interaktion med gränssnitt etc.
- Hur operatörerna genomför dessa uppgifter vad gäller beslutsfattande, övervakning, upptäckt av avvikelser, bedömning av situation och planering av åtgärd.
- Den fysiska utformningen av kontrollrummet samt operatörsgränssnitt.
- Att helheten representerar kontrollrummets komplexitet

Vad gäller det som till synes endast framkommer hos enskilda forskare, finns bland annat en något djupare utvärdering av operatörernas förmåga (exempelvis flexibilitet, envishet och nyfikenhet) och välmående [19], samt synen på kontrollrummet som ett psykologiskt verktyg, mer specifikt självsäkerhet hos operatörerna [16]. Det finns även lite mer variation i litteraturen vad gäller kontrollrummets funktioner [19] och hur väl framtagna scenarier representerar verkligheten [8].

# Intervjuer

Nedan presenteras ett sammanvägt resultat av genomförda intervjuer med början i en mer generell bakgrund vad gäller erfarenheter av arbete med HFE i diverse projekt, för att sedan komma in på mer specifika områden gällande validering, scenariorframtagning och utvärdering. I slutet av avsnittet presenteras en sammanfattning och analys av intervjuerna – vilken också svarar på studiens andra frågeställning.

Generellt har analysgruppen fått bilden av att HFE-kompetensen vid de svenska anläggningarna varierar, framförallt vad gäller validering. Överlag finns en anställd vid varje anläggning som ansvarar för dessa frågor och denna person har historiskt fått hjälp av konsulter vid genomförande av HFE-aktiviteter och analyser, framförallt vid större moderniseringsprojekt och anläggningsändringar. Då större moderniseringsprojekt sällan förekommer är det inte så konstigt att anläggningarna själva inte har alla resurser som behövs för att kunna genomföra alla nödvändiga HFE-aktiviteter på ett adekvat sätt; att i dessa fall ta in resurser i form av konsulter ställer vidare krav på beställarkompetensen hos anläggningarna. Då erfarenhet hos respondenterna, genomförda projekt på anläggningarna och hur HFE-processen applicerats varierar har intervjuerna och frågorna anpassats utifrån respondenten. Gemensamt för alla intervjuer är att respondenterna varit tillmötesgående och öppna.

## Generellt om validering

Den samlade erfarenheten bland respondenterna vad gäller genomförande av mer omfattande valideringar med påverkan på kontrollrumsfunktionen i sin helhet, där scenarier har använts som utvärderingsmetod, har som tidigare nämnts i rapporten varierat. I intervju med en av anläggningarna framkommer att i samband med ett större moderniseringsprojekt genomfördes en slutlig validering av kontrollrumsfunktionen där scenariourval och -design var en del av utvärderingsmetodiken. Vidare framkommer av intervjun att planering av validering pågår vad gäller en av verkets större anläggningsändringar; införande och installation av ett system för oberoende hårdkyllning (OBH). Föreliggande studie har dock inte omfattat validering och användande av scenarier gällande OBH-projektet.

En respondent vid en annan anläggning uppger att under de senaste tio åren har en ISV genomförts i form av en s.k. baslinjemätning. Tanken med det var att genomföra en sådan var 5-10:e år, men då baslinjemätning kräver stora resurser, även från andra organisationer som exempelvis Kärnkraftsäkerhet och Utbildning AB (KSU), har anläggningen fått tänka om vad gäller detta arbetssätt. Istället görs nu en återkommande utvärdering med 1–3 års intervall beroende på omfattning. I dessa utvärderingar analyseras konstruktionens anpassning utifrån ett MTO-perspektiv, så även avseende driftmässigheten. I denna kontinuerliga utvärdering samlas data in i form av enkäter och intervjuer med alla berörda. Den baslinjemätning som redan är gjord kommer troligtvis användas som ett underlag att jämföra de kontinuerliga mätningarna med, några nya baslinjemätningar planeras dock inte i nuläget. Däremot uppges att scenarier används vid dessa kontinuerliga mätningar, men att dessa är sådana som används av KSU vid utbildning. Dessa kontinuerliga mätningar syftar även till att ge indata till den PSR som genomförs vart tionde år.

Till sist uppger en respondent att det genomförts en bemanningsanalys vid en blockseparation och att det vid detta tillfälle även gjordes analys på ändringar då

arbetsuppgifter flyttades från ett block till ett annat. Utöver detta har simulatorobservationer för de återkommande utvärderingarna genomförts, men även två ISV under våren 2020. Slutligen uppger respondenten att det genomförts en bemanings- och MTO-analys inom ramen för införande och installation av system för oberoende hårdkyllning (OBH), vilket innehöll en skrivbordsanalys av tre scenarier i konstruktionsprocessen följt av en validering i simulatören. Val av, och innehåll i, de scenarier som använts i skrivbordsanalyser och vid tester i simulator har inte skilt sig åt. Respondenten i fråga har inte varit med och utfört alla dessa analyser, bland annat på grund av vikten av oberoende mellan den som genomför analysen och den som sedan granskar.

## Olika typer av stöd

Alla respondenter uppger att de på något sätt använder sig av NUREG-0711 [1]. Antingen som referens i kravbilden eller som ytterligare ett stöd till andra nominerade standarder i kravbilden för det specifika projektet. De metoder som anläggningarna själva har tagit fram är baserade på NUREG-0711, men innehåller en generell beskrivning av en förändringsprocess och går därmed att tillämpa på i princip alla typer av förändringar.

Vidare används även andra internationella standarder från *International Electrotechnical Commission (IEC)* IEC- 60964, IEC-61772 och *International Organization for Standardization (ISO)*, ISO-11064, ISO-6385. I en intervju framkom att nominerade standarder används som en teoretisk bas men ansågs inte ha stöttat projektet ifråga i framtagning av scenariourval eller -design vad gäller hur detta kan göras. I samma intervju framkommer tydligt att det anses vara kunskap och erfarenhet som är det mest väsentliga vid utformning av scenarier samt att olika discipliner arbetar tillsammans i att göra urvalet och utforma scenarierna.

En generell uppfattning bland respondenterna är att det inte finns så mycket beskrivet vad gäller metoder för utvärdering. NUREG-0711 innehåller mycket information, scenariourval och -design finns beskrivet i annan litteratur, men där finns det sällan någon procedur eller metod som passar kärnkraften och de kontrollrum som används där. Bristen på beskrivning av metoder för utvärdering kräver att validering utförs utifrån krav och material som tagits fram för kontrollrumsfunktionen i respektive projekt och att utifrån detta utforma scenarier som adresserar kraven. I och med denna procedur är det viktigt att ha med bred expertkompetens och bygga upp ett resonemang som kan visa på hur viktiga guider och standarder samt annan litteratur använts. Det gäller att ha ett försvarbart resonemang som myndigheten kan godkänna. Förfaringssättet innebär i regel en process med mycket gruppdiskussioner där flera kompetenser deltar (exempelvis systemingenjörer, operatörer, MTO etc.). I och med vikten av att involvera personer med olika kompetens kan det vara relevant att ha krav på vilka kompetenser som bör vara involverade.

Vid en av anläggningarna uppger respondenten att Vattenfalls Utvärderingshandbok [14] använts och att den är tillräckligt utförlig vad gäller val av driftläge, arbetsuppgifter, kriterier osv. Utvärderingshandboken är till stor del baserad på NUREG-0711. Även en utvecklad HPM-metod har använts vid scenariourval. Dessa tillsammans har fungerat bra och använts som en checklista för att veta att omfattningen täcker in det som är relevant. Utifrån detta kan MTO-expertis tillsammans

med annan expertis bedöma vilka scenarier som är nödvändiga att ta med i valideringen.

Det har även framkommit synpunkter som anser att kärnkraftsindustrin borde kunna komma överens om en gemensam standard gällande validering (alla olika aspekter inkluderat) så att olika anläggningsprojekt inte ska behöva uppfinna hjulet igen.

## Arbetsätt och kriterier för scenariourval

I projekt PLEX, samt vid nybyggnationsprojekt i Finland, har val av scenarier baserats på granskning av konstruktionsdokumentation, flertalet möten inom valideringsteamet samt applicering av guider och standarder. Personer med kompetens vad gäller kontrollrumsarbete och systemkonstruktion har samarbetat med personer inom HFE och valideringsmetodik för att tillsammans upprätta en plan för ISV. Många upplever att stödet från guider och standarder inte är tillräckligt för scenariourval och -design, men samtliga uppger att det tvärfunktionella samarbetet har varit nyckeln till att forma bra scenarier. Utgångspunkten i dessa diskussioner har varit att scenarier ska representera händelser som är viktiga för anläggningens säkerhet, men även representerar kontrollrumsoperatörernas beteenden i olika situationer, vilka tillsammans formar kontrollrummets funktion. Då det finns ett mycket stort antal relevanta scenarier som skulle kunna identifieras, har det varit av stor vikt att hitta en struktur för hur urvalet ska gå till för att hitta ett hanterbart antal scenarier som samtidigt är representativt för anläggningen i stort.

I projekt PLEX utgick valideringsteamet ifrån fyra huvudsakliga kriterier för urval av scenarier [20]:

- Scenario där det kan förhindras att en situation leder till transienter och inledande händelser (analyserade i PSA).
- Scenarier som möjliggör upptäckt, förståelse och värdering av potentiella problem inom utsatt tid för att möjliggöra preventiva åtgärder.
- Scenarier som möjliggör genomförande av förmildrande åtgärder av transienter eller inledande händelser genom överblick, verifiering och kontroll av säkerhetssystem och säkerhetsfunktioner.
- Scenarier som visar på förståelse för anläggningens status, säkerhetssystem och säkerhetsfunktioner, samt tillräcklig övervakning (att kunna agera och ta kontroll över situationen).

I en intervju framkommer att planeringen av framtagningen av scenariourval och -design påbörjades i ett väldigt tidigt skede i projektet. Fyra år innan den slutliga valideringen av kontrollrumsfunktionen genomfördes, påbörjades en initial planering av till exempel hur många scenarier som skulle värderas, hur många skiftlag som skulle delta och vilka områden som skulle ingå i scenarierna. Respondenten berättar att det från början inte var tydligt hur många scenarier som skulle genomföras, varken från valideringsteamet eller från myndigheten. En utmaning som beskrivs var bland annat hur brandhändelser skulle täckas i scenarierna och på vilket sätt. Den slutliga planen för ISV inkluderade fyra scenarier vilka upprepades tre gånger. För att täcka in de aspekter som identifierats som viktiga, kom dessa fyra scenarier att innehålla väldigt många olika aspekter. Vidare fattades beslut om att sex av sju skiftlag skulle delta i valideringen, dels på grund av praktiska skäl

dels på grund av att individuella skillnader hos operatörerna kunde täckas in om sex skiftlag deltog.

Respondenten berättar vidare att konsekvensen av att använda relativt få och fullmatade scenarier, blev en väldigt ansträngd situation både för valideringsteamet och för operatörerna som deltog vid valideringen. Scenarierna tog ofta mer än åtta timmar att genomföra, dessutom tillkom tid för genomgång före och efter genomförandet. Vidare resulterade den höga belastningen på operatörer och valideringsteamet i att valideringsteamet valde att inte lägga till ytterligare lager av komplexitet eller svårighetsgrader i scenarierna då de redan hade ett omfattande innehåll.

I samma intervju berättar respondenten att ingångsvärden från säkerhetsanalyser, och då specifikt från PSA, inte användes vid scenariourval och -design för de slutliga fyra scenarier som genomfördes i ISV:n. I valideringsteamet ingick dock PSA-experten som hade kunskap och kännedom om de viktiga manuella ingrepp som identifierats där. Däremot användes indata specifikt från PSA:n i den tidigare HFE-verifieringen där 15 olika scenarier testades. En annan respondent uppger även att de scenarier som framkommit i PSA används som indata till val av scenarier. Till skillnad från de deterministiska analyserna som i sin natur anger mer konservativa värden, ansätter PSA:n mer troliga och realistiska sekvenser, som kan anses vara mer lämpliga att utgå ifrån när syftet med valideringen är en slutlig validering av en kontrollrumsfunktion. Vidare kommer vissa krav på vad ett scenario ska innehålla från genomförd PSA. Även *Human Reliability Analysis* (HRA) utgör indata till utformning och val av scenarier. Utöver de mer regelrätta analyserna som fungerar som indata till scenariourval och -design uppger respondenten att användning av projekterfarenhet bör användas som indata då de som varit involverade i projektet sitter på viktig information.

Vid framtagning av scenarier vid såväl PSR som vid en slutlig integrerad systemvalidering, uppger en respondent att samma metoder har använts. Dock upplever respondenten att vid PSR ligger fokus på att bedöma huruvida kontrollrumsfunktionen fortsatt lever upp till de krav som redan satts. I och med detta är det möjligt att prioritera på ett annat sätt då anläggningen redan är godkänd för drift. De erfarenheter som finns från de senaste 10 åren kan vara ett stöd i detta då dessa kan peka på eventuell problematik som framkommit sedan den senaste bedömningen gjordes. Vad gäller modernisering görs en prioritering med avseende på vad det är som moderniserats, men även avseende säkerhetsaspekter. Vidare kan information om tidigare upplevd problematik vara indata till prioritering. Om en funktion historiskt fungerat bra prioriteras den inte lika högt för att ingå i valideringen, men om det däremot har införts ny, oprövad, teknik i funktionen bör denna nya teknik testas mer utförligt. Liknande synpunkter framkommer i en annan intervju där respondenten upplever att urvalet av scenarier blir enklare ju mindre och mer avgränsad ändringen är. En stor ändring slår bredare, över fler driftfall, befattningar osv. vilket gör urvalet svårare då det inte finns obegränsad tillgång till simulatorn, det går inte att testa alla relevanta scenarier. I något fall har den kravställda återkommande utbildningen för kontrollrumsoperatörer i simulatorn observerats som ett komplement till utvalda scenarier. Även om storleken på ändringen påverkar svårighetsgraden vid urvalet så är tillvägagångssättet det samma. När urvalet görs vägs olika aspekter in, så som ändringen och vad den innebär, vad det är som har ändrats och

hur det påverkar anläggningen. Exempelvis vid införande av OBH har väldigt specifika scenarier använts då den funktionen endast används vid specifika driftfall. Detta gör det enklare att identifiera relevanta scenarier.

Vad gäller urval av scenarier i HPM-processen bör en genomgång av tidigare genomförda anläggningsändringar sen den senaste mätningen göras. Detta påverkar inriktningen på scenariourvalet. Utöver genomförda ändringar bör tidigare helhetsutvärderingar studeras för att se vad som inkluderats tidigare så att det vid den nya utvärderingen inkluderas scenarier som inte varit med tidigare. Ur en praktisk synvinkel är det bra att inkludera scenarier som även går att använda vid den kravställda återkommande utbildningen i simulatoren. Om det inte finns någon tidigare utvärdering att jämföra med, exempelvis en baslinjemätning, startar urvalet från början. Då bör inledningsvis de fallen med potentiellt stora konsekvenser, och störst sannolikhet för felhandlingar (värderat med exempelvis HRA), beaktas för att hitta relevanta scenarier. Utöver detta är det också viktigt att inkludera det som myndigheten är intresserad av ur ett säkerhetsperspektiv. Respondenten uppger också att det inte finns några skarpa kriterier för scenariourval utan urvalet bedöms från fall till fall baserat på säkerhet och sannolikhet för till exempel felhandlingar. Samtidigt uttrycker respondenten en osäkerhet kring hur skarpare och med precisa kriterier skulle vara meningsfulla samt att dessa skulle vara svåra att utforma med tanke på komplexiteten och projektets specifika förutsättningar.

En stor utmaning vad gäller urval av scenarier är att det rent praktiskt inte går att simulera allt i simulatoren, exempelvis en jordbävning. En annan stor utmaning uppges vara att uppdateringar i simulatoren inte hinns med. Valideringen har då fått göras på ett annat sätt och uppföljande observationer i simulatoren efter införande har behövt genomföras. Dock kan en sådan lösning ändå anses vara tillräcklig beroende på ändringens karaktär och omfattning.

I en annan intervju pratar respondenten mer generellt om scenariourval och beskriver att det i mindre projekt med endast små förändringar inte bedöms behövas någon MTO-analys. Om det däremot är en större förändring som påverkar befintliga arbetsuppgifter, eller om det tillkommer nya arbetsuppgifter, görs en bedömning av behovet vad gäller analys från fall till fall. I den instruktion som finns, beskrivs hur utvärderingen baseras på omfattningen av ändringen och om den kräver att utvärderingen genomförs med exempelvis sju skiftlag, eller sju arbetsuppgifter. En bedömning görs också av huruvida simulatoren ska användas vid utvärderingen eller inte. Om en utvärdering ska genomföras med simulator används ofta KSU:s befintliga scenarier som utgångspunkt och utifrån behov och med hjälp av KSU:s personal görs sedan vissa modifikationer av utvalda scenarier. Vid en mindre anläggningsändring utbildas operatörerna i simulatoren och på dessa pass har även verifiering och validering genomförts, men med tillägg i form av störningar för att utmana operatörerna så passet inte är identiskt med det som de utbildats på. I mångt och mycket handlar det om att drift-och underhållspersonal även efter en ändring ska kunna genomföra sina arbetsuppgifter utifrån de instruktioner som finns. För att få till en så bra lösning som möjligt försöker projekten inkludera underhållspersonal eller operatörer tidigt i projektet så dessa är involverade i konstruktionsarbetet.

## Arbetsätt och kriterier för scenariodesign

I resultatrapporten från den slutliga valideringen i Projekt PLEX [20] finns inget som beskriver tydliga kriterier för scenariodesignen, men däremot tydliga beskrivningar av utvalda scenarier och syftet med dessa. Även om ett syfte inte är samma sak som ett kriterium kan det ändå ge insiktsfull information gällande målet med varje scenario och vad som ska testas. Nedan listas, i punktform, några av de syften som angetts:

- Undersöka om gränssnitt och instruktioner är ett tillräckligt stöd i olika situationer och uppgifter.
- Undersöka hur gränssnitt och instruktioner stöttar operatörerna och hur instruktioner (nya för det nya kontrollrummet) används.
- Testa händelser som ligger bortom design.
- Testa om kontrollrummet kan hantera förlust av icke säkerhetsklassificerad HSI.
- Undersöka hur gränssnitt och instruktioner kan stötta verifikation och förståelse av anläggningens status ur ett säkerhetsperspektiv i väldigt komplexa och utmanande situationer (ett stort antal larm och en stor mängd verifieringsuppgifter som operatörerna måste hantera och genomföra).
- Undersöka hur gränssnitt och instruktioner stöttar hantering av problem på turbinsidan som leder till nedreglering/effektnedgång och/eller delsnabbstopp.
- Testa stödet för identifiering, förståelse och hantering av ett antal komponentfel med endast säkerhetsklassificerad HSI tillgänglig.
- Undersöka hur gränssnitt och instruktioner stöttar hantering av lågt tryck i reaktortanken, men även stöd för överblick av kylning och tryck i reaktortanken samt stöd för strategiskt val av hantering av reaktortryck och kylning.
- Undersöka stödet till kontrollrumspersonalen vad gäller upptäckt och hantering av fallerad snabbstoppsfunktion som medför användning av det redundanta borsystemet.
- Undersöka stödet för upptäckt och hantering av ett relativt långsamt händelseförlopp på turbinsidan samt undersöka operatörens förståelse för en sådan händelse som leder till turbinstopp och snabbstopp.
- Undersöka hur larmsystemet och konstruktion av larmlayout stöttat överblicken av larm.
- Undersöka hur konstruktionen stöttar upptäckt av fel under normal drift och utveckling av störningar.
- Testa konstruktionens stöd till strategiskt beslut att ta anläggningen ur drift.

I den instruktion som finns på en annan anläggning specificeras inte hur urvalet av scenarier ska göras och heller inte mer specifikt vilka scenarier som ska användas. Enligt respondenten är det inte möjligt. I varje projekt tas en plan för validering och en för verifiering fram där utvärderingskriterier specificeras i relation till ändringen. Det upplevs som ett utmanande arbete och det är svårt att ta fram en instruktion som passar både mindre och större ändringar där en hel plattform byts ut. Istället görs kontinuerliga bedömningar för vad som bör valideras och inte.

En annan respondent uppger att vid utformning av scenarier utgår valideringsteamet bland annat ifrån funktionskrav och *Human Performance* krav. Utifrån dessa skapas kriterier som används för att forma scenarier som på ett adekvat sätt kan

fånga upp kraven. Viktiga indata vid scenariodesign utgörs även av säkerhetskonceptet och driftkonceptet. I dessa konceptdokument finns det övergripande information som exempelvis att det under normal drift ska vara möjligt att ha översikt över alla system. Utifrån detta inkluderas sedan fel eller sekvenser som utmanar detta i de scenarier som tas fram.

Gränsdragningen mellan vad scenariourval och -design är samt dess ingående delar, kan vara svår. En respondent menar till exempel att mellan scenariourval och -design, finns en slags flytande gräns då de oftast går ihop. Urvalet handlar enligt respondenten ofta om val av driftläge, större övergripande händelser (exempelvis totalt el-bortfall) etc. medan design ofta handlar om saker som felar (exempelvis en bildskärm som slutar fungera) eller andra försvårande omständigheter. Design kan också inkludera att styra operatörerna i en viss riktning för att få en likhet mellan skiftlagen så att det går att bedöma dem på ett likvärdigt sätt.

## Arbetsätt och acceptanskriterier för utvärdering av kontrollrumsfunktionen

I resultatrapporten från den slutliga valideringen i Projekt PLEX, går att läsa att det vid utvärdering av scenarier applicerades två övergripande tillvägagångssätt [20]:

- **Kravbaserat tillvägagångssätt** – Kriterier baseras på krav för en säker drift och vid utvärdering används experter som bedömer scenariogenomförandet mot dessa kriterier.
- **Benchmark-baserat tillvägagångssätt** – Resultatet från mätningar i det gamla kontrollrummet används som en baslinje gentemot det moderniserade kontrollrummet. För scenarier där uppgifter och förhållanden är liknande mellan gammal och ny konstruktion kan baslinjemätningen användas som ett adekvat kriterium för att bedöma moderniseringen.

Det huvudsakliga målet med ISV:n var att utvärdera det moderniserade kontrollrummet utifrån kravbilden och det kravbaserade tillvägagångssättet underlättade detta. Baslinjemätningen från det gamla kontrollrummet upplevdes ge ett användbart stöd vad gäller tolkning av resultat efter genomförda scenarier i det nya kontrollrummet. Exempelvis gick det att jämföra generella nivåer vad gäller arbetsbelastning och operatörernas uppskattade situationsmedvetenhet. Detta var en positiv aspekt i utvärderingen som det kravbaserade förhållningssättet inte kunde bidra till.

Generellt beskrivs i rapporten att det primära syftet med en baslinjemätning är att kunna göra en bedömning av att kontrollrumsfunktionen efter anläggningsändringen är minst lika bra som den var innan. I vissa fall kan dock resultat från baslinjemätningen stå i konflikt med kriterier som finns gällande den nya konstruktionen. I och med detta är det viktigt att justera de scenarier som användes vid baslinjemätningen så att de anpassas till de nya förutsättningarna.

I projektet PLEX användes NUREG-0711 och NUREG/CR 6393 för stöd vad gäller insamling och mätning av data [20]. Detta i kombination med tidigare erfarenheter av ISV mynnade ut i en anpassad modell som användes vid utvärdering och analys av resultat. Modellen innehöll fem olika mätdimensioner:

- uppgiftens genomförande
- situationsmedvetenhet
- arbetsbelastning



- samarbete
- användbarhet.

Dessa kompletterades med ett antal bakgrundsfrågor. I tabell 1 visas vilken metod som användes för att samla in och mäta data i respektive dimension.

**Tabell 1** Beskrivning av de olika dimensionerna och mätmetoderna som användes i projekt PLEX [20].

| Mätdimension  | Metod  | Beskrivning   |
|---|--|---|
| Bakgrund Information                                | Frågeformulär  | Frågeformulär, 9 frågor   |
| Uppgiftens genomförande ( <i>Task Performance</i> ) | <i>Supervisory Control Rating and Evaluation (SCORE)</i><br>Genomförande, tid<br>Operatörens självskattning av genomförande<br>Observatörens skattning av genomförande | Expertbedömningar av satta kriterier<br>Expertbedömning<br>Frågeformulär, 1 fråga<br>Frågeformulär, 1 fråga                   |
| Situationsmedvetenhet                               | <i>The Process Understanding Assessment Technique (PUAT)</i><br><br>Överblick av anläggningens status  | Skattning gjord av operatörer<br><br>Experter och data från simulatorm avgör rätt agerande<br>Utvärdering gjord av skiftlaget |
| Arbetsbelastning                                    | Operatörens självskattning av situationsmedvetenhet<br><i>NASA Task Load Index (NASA-TLX)</i>  | Frågeformulär, 1 fråga<br>Frågeformulär, 1 fråga  |
| Samarbete   | Operatörens självskattning av samarbetet<br>Observatörens skattning av samarbetet  | Frågeformulär, 1 fråga<br>Frågeformulär, 1 fråga och möjlighet till fritextkommentarer  |
| Användbarhet  | Kommentarer från skiftlaget<br><br>Operatörens skattning av användbarheten<br>Intervju   | Skrivna kommentarer i öppet format<br>Frågeformulär<br>Semistrukturerad intervju  |

En respondents upplevelse är att det vid validering av en modernisering oftast finns en uppsättning kriterier som använts vid baslinjemätningen, men det är svårt att använda dessa och jämföra det nya resultatet med det gamla kontrollrummet. Utformningen av kriterier görs, enligt respondenten, utifrån hur konstruktionen faktiskt blev. I de fall resultatet inte uppnår de förväntningar som fanns innan valideringen påbörjades behöver kompletteringar ske. På så vis är uppsättningen av kriterier dynamisk. Utöver baslinjemätningen utgör även konceptdokumenten en grund för urval av kriterier då dessa dokument beskriver målet med kontrollrumsfunktionen och hur anläggningen ska köras. Utifrån framtagna kriterier byggs sedan ett resonemang upp för att kunna visa och argumentera för kravuppfyllnad, men även för att argumentera på vilket sätt målbilden uppnåts.

Vidare framkommer från intervjuerna att det upplevs som svårt att ta fram bra och relevanta acceptanskriterier, speciellt vid införande av en ny funktion då det inte finns en baslinjemätning att jämföra med. En andra respondents upplevelse är att erfarenhet från ett projekt visar hur ett antal hypoteser och acceptanskriterier sattes upp. Metoderna för att bedöma den nya funktionen byggdes vidare på fem olika delar; 1) Observationsprotokoll som listade förväntat operatörsbeteende, 2) kortare enkäter efter varje scenario, 3) en längre enkät om gränssnitt m.m., 4) gruppintervjuer, och 5) KSU-instruktörernas skattning av samarbetet. Hypoteserna jämfördes

sedan med data som samlats in för att identifiera om data och hypoteser stämde överens eller om feedback framkommit som identifierat en potentiell brist eller risk.

En tredje respondents upplevelse är att det är viktigt att tänka på vilka mätmetoder som används när acceptanskriterier ska tas fram. Det är också fördelaktigt att använda olika mätmetoder för att skapa en bredd i mätningen. Den röda tråden i den efterföljande resultatredovisningen är central för att kunna visa på hur syfte, hypoteser och använda mätmetoder kopplar samman. Analysen följer sedan den röda tråden och för att styrka vilka hypoteser som uppfylls eller inte. Den andre respondenten och dennes upplevelse är den slutliga bedömningen i grund och botten en expertbedömning gentemot satta acceptanskriterier. Bedömningen ska vara transparent för att kunna visa vad bedömningen baseras på, exempelvis vad operatörerna har skattat, medianerna och resonemanget bakom bedömningen. I denna bedömning anser respondenten att det framförallt är NUREG-0711 [1] och utvärderingshandboken [14] som ger mest stöd.

En fjärde respondent anger att inhämtning av stöd gällande framtagning av acceptanskriterier främst kommit från NUREG-0711 [1] som utgjort en grund men där en utveckling av detta stöd kommit från diskussioner gällande tidigare erfarenheter av genomförda valideringar hos I&C-leverantören. Acceptanskriterierna togs fram i en fas i projektet där tidiga versioner av operatörsinstruktioner fanns tillgängliga och som kunde utgöra ett stöd för framtagning av acceptanskriterier. I detta skede började valideringsteamet även att definiera vilka aspekter som skulle vara viktiga att titta på under ett specifikt scenario vilket kom att bilda ett s.k. observationsmaterial. Här betonar respondenten betydelsen av process- och operatörs erfarenheter i samband med framtagningen av acceptanskriterier. I samma intervju efterfrågas mer stöd från existerande standarder och guider specifikt i relation till framtagning av acceptanskriterier. Vilka acceptanskriterier kan anses ”viktigast” och hur bedöms vad som är acceptabelt och inte.

## Lärdomar identifierade i intervjuer

En av de intervjuade uppger goda erfarenheter från ett av de större moderniseringsprojekten. En av anledningarna till att valideringen i det projektet anses vara lyckad var iterationen och att valideringen gjordes av ett tvärfunktionellt team bestående av leverantör, konstruktör, MTO-expertis och slutanvändare. Leverantören tog fram förslag på konstruktionens utformning och skickade till verket som återkom med feedback. Baserat på given återkoppling gjorde leverantören justeringar som skickades till verket igen. Konstruktionslösningarna verifierades kontinuerligt i denna återkommande återkoppling.

Användandet av expertkompetens för att underlätta förståelsen av hur kraven ska uppfyllas har ökat de senaste åren. Det har medfört att fokus skiftat från att tidigare ha legat på *Human Performance* och resultat, till att idag ligga mer på att förstå varför anläggningen körs på ett visst sätt i en viss situation och varför operatörerna agerar som de gör. Det finns fler än ett sätt att köra en och samma anläggning utifrån ett driftkoncept. Respondenten anser att standarder och guider mot denna bakgrund redan utgör ett bra stöd på en övergripande nivå. Förbättringspotential finns

inom vissa områden, exempelvis att kunna hantera komplexiteten inom ett scenario, men även att utgöra en bättre guide vad gäller att kunna sätta *Human Factors* kriterier för kontrollrummet i ett tydligare sammanhang.

En lärdom som tydligt framkommer i en intervju är att längden på scenarierna är en viktig parameter för både valideringsteamet och för deltagande operatörer. För att undvika en ansträngd situation för såväl organisationen, för valideringsteamet som för deltagande operatörer, visade det sig i detta specifika fall fördelarna med att ha flera kortare scenarier, än att ha få scenarier som är långa och innehåller många olika aspekter.

Ytterligare en lärdom som framkom i en av intervjuerna var vikten av att i ett tidigt skede kunna identifiera händelser och sekvenser som inte kan simuleras på ett realistiskt sätt i simulatoren, till exempel brandhändelser och övergång till reservövervakningsplatsen. Till sådana händelser bör kompensatoriska åtgärder i form av utbildning i en mer realistisk anläggningsmiljö genomföras. En annan erfarenhet som lyftes i denna intervju var betydelsen av att gå igenom skillnader mellan simulatoren och det verkliga kontrollrummet. Ett exempel som framkommer var att en typ av manöver inte fungerade lika snabbt i simulatoren som i kontrollrummet (vilket operatörerna var vana vid sedan tidigare), denna information gavs inte till operatörerna innan testerna genomfördes i simulatoren vilket resulterade i att operatörerna trodde att denna manöver var automatiserad i simulatoren (det nya gränssnittet) vilket då blev en av de stora avvikelserna i testresultaten. Detta hade alltså kunnat undvikas om valideringsteamet hade informerat om detta innan testerna påbörjades.

Vidare framkommer i samma intervju att scenarier kan användas i fler situationer än anläggningsändringar, exempelvis *walk throughs* under konstruktionsprocessen, skrivbordsanalyser och i bemanningsanalyser. Respondenten anger även att scenarier är ett bra verktyg för att hantera kontrollrummets komplexitet genom att sätta operatörerna i rätt kontext och fånga olika aspekter så som operatörsgränssnitt, driftsituationer och arbetsbelastning etc. på ett konkret sätt. Scenarier kan även användas som underlag för design genom att titta på vilka arbetsuppgifter designen ska stötta och uttrycka detta i form av scenarier. Urvalet av scenarier skiljer sig inte så mycket åt beroende på situationen, men däremot utformningen av dem. Det finns olika grader av detaljeringsnivå beroende på syftet med valideringen ("on the spot", "task sequence" eller "case") där de olika typerna av scenarier har olika hög detaljeringsgrad. För att designa och välja scenarier kan det räcka med att samla relevanta personer som gör detta urval i en diskussion. Vid en nybyggnation kan det däremot behövas andra aspekter då det är viktigare att bedöma helheten. Överlag anser respondenten att det är viktigt att bredda användningen av scenarier och att inte enbart använda dem till utvärderingar eller ISV. Denne anser att det också är viktigt att inte binda sig till skarpa acceptanskriterier. Kontrollrummet är ett komplext system vilket gör det lätt att missa vissa delar, både när acceptanskriterierna sätts och när valideringen genomförs. Skarpa acceptanskriterier blir då en utopi och det blir viktigare att fokusera på vilka det är som gör bedömningen och analyserna och se till att dessa personer har rätt kompetens. Det finns en styrka i subjektiva bedömningar och det kan finnas en fara i att förlita sig på "stela" checklistor då dessa inte är lika känsliga för variationer och bedömningen kan lätt bli för kategorisk i dess tolkning.

## Sammanfattning och analys av genomförda intervjuer

Resultatet av genomförda intervjuer svarar på studiens andra frågeställning ”*Vilka praktiska erfarenheter finns avseende arbetssätt och kriterier avseende scenariourval inom HFE-processen?*”.

I intervjuerna framkommer att respondenterna har genomfört olika typer av valideringar. Allt från återkommande, mindre värderingar, till fullskaliga ISV efter moderniseringsprojekt. Det finns däremot, av förklarliga skäl, begränsade erfarenheter vad gäller nybyggnation. Några av de intervjuade uppger att de genomför återkommande utvärderingar vart 1-3 år vilket skulle kunna likställas med den HPM-process som NUREG-0711 beskriver. Andra har till synes inte någon sådan process tydligt beskriven.

Vid genomförande av en utvärdering upplevs tillgängliga standarder och guider inte ha en tillräckligt utförlig metodbeskrivning vad gäller scenariourval och -design. De flesta respondenterna uppger att detta kompenseras genom att samla en tvärfunktionell grupp som tillsammans i diskussion tar fram relevanta scenarier. Stöd hämtas även från KSU som använder sig av scenarier i simulatorträning och utvärderingspass. Arbetssättet som beskrivs har upplevts fungera bra. Då alla anläggningar ser olika ut och olika projekt har olika förutsättningar kan det vara svårt att ta fram en metod för scenariourval och -design som passar allt och som samtidigt är tillräckligt detaljerad. Analysgruppen tror dock att det skulle kunna gå att beskriva en metod något mer detaljerat för att stötta de olika projekten och linjeverksamheterna i dessa tvärfunktionella diskussioner, för diskussionerna spelar en viktig roll vad gäller att ta fram relevanta scenarier. Det gäller exempelvis en tydligare beskrivning av den indata som bör tas med in i en sådan diskussion och hur gruppen bör förhålla sig till denna indata. Det är dock viktigt att ha i åtanke att en mer detaljerad metodbeskrivning bör vara skalbar så den kan användas i projekt med olika stor omfattning.

Det har i intervjuerna även framkommit svårigheter vad gäller urval och design av scenarier då det finns en mycket stor mängd att välja på. Komplexiteten i kontrollrumsfunktionen gör att det blir svårt att värdera huruvida allt relevant täcks in och om de scenarier som väljs ut kommer kunna få fram de aspekterna som kontrollrumsfunktionen ska stödja. Det ska exempelvis inte vara för lätt eller för svårt, utvalda scenarier bör inte vara för långa, men inte heller för korta. De ska vara realistiska, men även inkludera händelser bortom konstruktion samtidigt som simulatorn inte kan simulera alla tänkbara händelser. Allt för att få ett så tillförlitligt resultat som möjligt samtidigt som syftet med valideringen hålls i åtanke.

## 4. Analys

Analysdelen är indelat i fyra avsnitt under vilka sammanställs kvalitativt olika aspekter att beakta vid scenariourval och -design.

### Olika typer av stöd

Vid genomgång av litteratur, men även vid intervjuer, framkommer att stödet vad gäller olika förutsättningar vid scenariourval är bra. Sammantaget visar studien att följande generella aspekter bör beaktas i scenariourvalet:

- En variation av driftfall och situationer, allt från normala driftlägen till händelser och förhållanden.
- En variation av arbetsuppgifter som på olika sätt utmanar operatörerna. Det kan bland annat innebära instruktionsstyrda uppgifter, kunskapsstyrda uppgifter, hög/låg arbetsbelastning, samarbete, interaktion med gränssnitt etc.
- Hur operatörerna genomför dessa uppgifter vad gäller beslutsfattande, övervakning, upptäckt av avvikelser, bedömning av situation och planering av åtgärd.
- Den fysiska utformningen av kontrollrummet samt operatörsgränssnittet.
- Framtagna scenarion ska representera komplexiteten av kontrollrumsfunktionen.

Analysgruppen anser dock att den information som presenteras, och det stöd som finns, oftast stannar på en övergripande nivå vilket inte riktigt ger den detaljrikedom som användarna efterfrågar, detta är särskilt tydligt vid scenariodesign. Av intervju i föreliggande studie framkom bl.a. att operatörerna ofta klarar av de driftfall som analyserats fram genom PSA (inledande händelser och transienter) redan i ett tidigt skede i de valideringsaktiviteter som utförs inom HFE-processen. Svårigheten ligger därmed i att välja ut och utforma scenarier på en djupare detaljningsnivå som utmanar operatörerna på andra sätt.

Utöver dessa beskrivna förutsättningar finns det även bra stöd gällande hur själva testet, eller simuleringen av scenariot, kan utformas och vilka förberedelser som måste göras innan testet genomförs. Det bör exempelvis finnas instruktioner för hur testet ska genomföras, manus till instruktörerna, en beskrivning av hur scenariot ska gå till, simulatorns inställningar och kriterier för när scenariot ska avbrytas. I tillägg ska även instruktörer och observatörer utbildas i scenariot, och scenariot ska testas i en pilottestning, allt för att underlätta genomförandet och insamlingen av data.

### Indata

En viktig del i scenariourval och -design är den indata som ligger till grund för detta och som ska fungera som ett stöd för utförarna. En aspekt att ha med sig är tillämpningsområdet och syftet med valideringen, vilket kan underlätta prioriteringen som görs vad gäller scenariourval och -design. Vid exempelvis en mindre ändring kan utvalda scenarier fokusera på ändringen i sig eller vid en PSR fokusera på vad som hänt sedan den senaste PSR:en genomfördes. Indata vid dessa tillfällen

skulle exempelvis kunna vara de källor som bland annat nämns i HPM-metoden hos en av anläggningarna [21]:

- ändringar i anläggningen
- interna och externa erfarenheter
- erfarenheter från simulatören och utbildning
- bedömningar av gränssnitten i förhållande till MTO-riktlinjer
- användarnas upplevelser.

Vid en större modernisering eller anläggningsändring kan källornas omfattning bli större och bredare för att omhänderta syftet. Utöver syftet med valideringen finns en mängd annan viktig indata att beakta. Analysgruppen har endast kunnat hitta stöd till utövarna vad gäller att veta vilka indata som kan användas, och är viktiga att använda, vid scenariourval och -design i IAEA SSG-51 [2]. I intervjuer framkommer dock att indata för scenariourval och -design har hämtats från diverse informationskällor, som exempelvis:

- PSA
- HRA
- deterministisk analys
- projektdokument
- konceptdokument
- OER
- MTO analyser genomförda inom HFE-processen
- krav
- deltagare från projektet
- träningsscenarier
- projektriskanalyser.

Då det i internationella standarder och guider idag saknas utförligt beskrivna exempel på indata skulle det kunna leda till att viktig indata missas vilket i förlängningen kan påverka scenariourval och -design på ett negativt sätt.

Braarud [4] pekar på en viktig aspekt vad gäller användning av krav som indata. Som redovisats i kapitel 3, under avsnittet Acceptanskriterier pekar Braarud på vikten av att introducera så kallade ”*Human Performance requirements*” istället för prestationskrav för att förtydliga att syftet med ISV är att utvärdera kontrollrummet och dess funktionalitet snarare än att utvärdera om konstruktionen möter prestationskraven. Analysgruppen tror dock att denna aspekt är applicerbar för samtliga indata. Vid utvärdering av kontrollrumsfunktionen bör resultatet beaktas ur ett helhetsperspektiv snarare än att försöka uppfylla enskilda krav, eller andra typer av mål från övriga indata. Om resultatet anses tillfredsställande samtidigt som det finns krav, eller mål, som inte anses uppfyllda kanske det är det enskilda kravet, eller målet, som bör justeras och inte konstruktionen. Samtidigt måste orsakerna fastställas till varför kravet eller målet inte uppfylls så att fördelarna med helheten överväger uppfyllnad av ett enskilt krav. Det bör även påvisas att uppfyllnad av detta krav inte hade tillfört något med avseende på kontrollrumsfunktionens ändamålsenlighet. Denna bedömning måste göras från fall till fall genom bevisföring i det resonemang som underbygger slutsatsen (se nästa avsnitt).

I de fall där redan existerande träningsscenarier finns kan dessa vara värdefulla att använda som informationskälla, men de behöver anpassas till den validering som

ska genomföras och inte appliceras direkt då detta kan leda till att syftet förloras [8].

## Bygga upp och driva ett resonemang

Som presenteras i avsnittet *Olika typer av stöd* ovan, finns det redan ett ganska starkt stöd i befintliga standarder och guider för vilka faktorer som ska beaktas avseende scenariourvalet. Det finns ytterligare stöd och forskning kring faktorer som påverkar scenariodesign och vad som bör beaktas, men det som saknas är stöd för hur detta omsätts i praktiken från början till slut och hur den röda tråden bibehålls genom valideringsprocessen.

Det har i intervjuer framkommit tankar om att lägga upp valideringsprocessen på ett sätt som efterliknar forskningsmetodik. Att kunna bygga upp ett resonemang som på ett tydligt sätt understöds av argumentation baserad på insamlad data. Argumentation och resonemang används redan i de projekt som genomförs idag, men analysgruppen tror att en tydligare process/metod för argumentation som kopplar samman mål, data och slutsats skulle kunna underlätta bevisföring. Det betyder inte att valideringsprocessen ska göras mer teoretisk, utan det innebär att i praktiken kunna sätta upp en målbild för kontrollrumsfunktionen, att samla in relevant data och utifrån en förutbestämd struktur argumentera för huruvida kontrollrumsfunktionen når upp till målbilden eller inte. Utifrån detta ser analysgruppen en möjlighet att hantera kontrollrumsfunktionen som en helhet redan från början och ge förutsättningar för att följa och återkoppla till helheten genom till exempel en stegvis valideringsprocess.

McCulley/Cuppan LLC beskriver utmaningar med att skriva högkvalitativa rapporter som har en sammanhängande logik och stödjande bevisföring [22]. Av rapporten framgår att om data och resultat presenteras på ett tydligt sätt i en sammanhängande logik så kan argumentation visa på hur målbilden uppnås. Ett sådant angreppssätt underlättar för de personer och myndigheter som ska värdera resultatet. Enligt McCulley/Cuppan LLC kan en sådan logik och bevisföring byggas upp med hjälp av:

- Ett tydligt syfte – Vad valideringen ska uppnå.
- En stark logik – Att underlätta sammankopplingen mellan mål, resultat och slutsats.
- Kontext – Att sätta resultatet i ett sammanhang.
- Tillräckligt innehåll – Demonstrerad tillförlitlighet i resultatet samtidigt som problem adresseras.
- Presentation av resultat – Rapporten ska vara läsbar, använda ett bra språk och fungera som en guide för läsaren.

Inledningsvis bör valideringsteamet tillsammans med annan erforderlig kompetens klargöra syftet med valideringen samt sätta upp tydliga mål. Utgångspunkten är den indata som hämtats från diverse informationskällor enligt beskrivningen i tidigare avsnitt *Indata*. Resultatet bör spegla vad valideringen förväntas uppnå. Inom forskningen är det brukligt att sätta upp hypoteser som sedan testas. Data samlas in och analyseras sedan utifrån satta hypoteser. Genom argumentation kan hypotesen sedan bekräftas eller falsifieras. I validering skulle hypoteserna där med motsvaras av det övergripande målet som sätts gällande kontrollrumsfunktionen.

Utifrån ett tydligt syfte och uppsatta mål bör valideringsteamet välja och utforma scenarier som stöttar datainsamling vilken möjliggör utvärdering gentemot uppsatta mål. Genom en stark logik och argumentation är det möjligt att visa hur insamlad data stöttar de slutsatser som dras, samt huruvida resultatet når syfte och mål eller inte.

McCulley/Cuppan LLC beskriver en struktur hur en logikföring kan byggas upp [22]. Ett tydligt mål och syfte representerar de hypoteser som sätts upp inom ramen för valideringen. Det övergripande målet behöver vara icke kvantifierbart och svarar på frågan "Varför?". Att sätta upp delmål innebär att bryta ner det övergripande målet i mindre beståndsdelar vilket resulterar i mer explicita mål som leder till att det övergripande målet uppfylls. Delmålen ska gå att mäta. De variabler som sedan identifieras visar vad det är som mäts och vilka krav dessa adresserar.

Resultatet är de data som samlats in och allt resultat bör kunna kopplas mot tidigare uppsatta variabler. Slutsatserna som sedan dras innehåller argumentation kopplad till respektive nedbrutet mål. Till sist görs en sammanvägd värdering på huruvida resultat och slutsatser underbygger det uppsatta målet och syftet med valideringen. Förslagsvis bör denna innehålla en värdering om huruvida kontrollrumsfunktionen är ändamålsenlig eller inte.

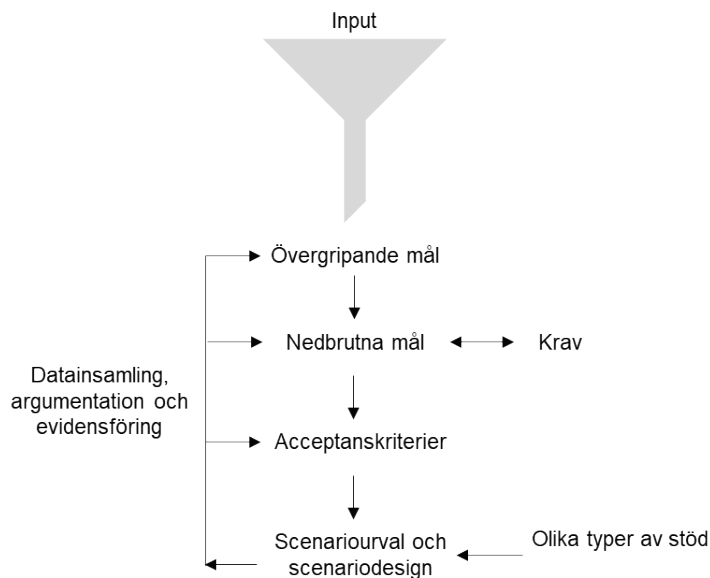
Den struktur som McCulley/Cuppan LLC beskriver liknar i stor utsträckning den som Koskinen et al. visar i sin SUC-modell (se figur 3) [17]. Genom att bygga upp en målstruktur med en speglad evidensstruktur går det att argumentera för kontrollrumsfunktionens ändamålsenlighet. Att bryta ner det övergripande målet i mindre, mer hanterbara, delar och koppla dessa till krav möjliggörs utformning av acceptanskriterier och förutsättningar som måste omhändertas vid urval och design av scenarier. Efter genomförda tester kopplas data till krav och acceptanskriterier i evidensstrukturen. På så vis bryts processen ned för att sedan byggas upp igen. Analysgruppen tror att en bra utformad målstruktur kommer underlätta analys av data. Genom att sätta ett tydligt syfte och forma tydliga mål kommer argumentationen som kopplar samman data och påståenden med målen bli enklare.

Analysgruppen tror att syfte och mål kan hämtas in från olika informationskällor, men vad gäller framtagning av acceptanskriterier upplevs det i genomförda intervjuer inte finnas ett bra stöd i standarder och guider. I litteraturen framkommer det en rad olika hänsynstaganden/aspekter/dimensioner som valideringsteamet bör ha i åtanke vid validering av kontrollrumsfunktionen. Simonsen och Osvalder nämner i sin artikel att de aspekter avseende kontrollrummets funktion som presenteras i artikeln skulle kunna ses som en grund för att definiera utvärderingskriterier [19]. Savioja och Norros [16] beskriver att kontrollrumsfunktionen bör ses som ett instrumentellt verktyg, som ett psykologiskt verktyg och som ett kommunikativt verktyg och att dessa bör sättas i kontext av prestation, arbetssätt och användarens upplevelser. Utifrån detta framträder nio olika dimensioner som enligt Savioja och Norros utgör ett ramverk för att välja utvärderingsmetod. För att bättre kunna visa på hur Savioja och Norros nio dimensioner kan fungera som acceptanskriterier har analysgruppen gjort en omskrivning av dessa dimensioner som presenteras nedan. Vidare bör dimensionerna brytas ner för att definiera acceptanskriterier på en mer detaljerad nivå.



- Operatörerna klarar av att genomföra sina uppgifter med hjälp av kontrollrummet (*Instrumental Performance*).
- Operatörernas kognitiva förmåga bibehålls på en acceptabel nivå (*Psychological performance*).
- Operatörerna klarar av att ta till sig information om anläggningens tillstånd samt samarbeta och kommunicera med övriga operatörer i kontrollrummet och annan personal utanför kontrollrummet (*Communicative performance*).
- Kontrollrummet stöttar operatörerna att fokusera på viktiga aspekter och uppgifter i en given situation (*Instrumental way of acting*).
- Operatörerna strävar efter att förstå processen samtidigt som de kan förutse utveckling och bibehålla kontroll (*Psychological way of acting*).
- Operatörerna förstår sin egen roll och sitt bidrag i en delad uppgift och klarar av att samarbeta med övriga operatörer. Kontrollrummet stöttar operatörerna i detta genom att ge en tydlig bild av anläggningens tillstånd (*Communicative way of acting*).
- Operatörerna upplever att kontrollrummet fungerar bra och att de kan genomföra sina uppgifter (*Experience of instrument*).
- Operatörerna känner sig säkra i användningen av kontrollrummets funktioner och användningen upplevs lätt och naturlig (*Experience of psychological tool*).
- Operatörerna känner att de kan lita på kontrollrummets presenterade information på samma sätt som de kan lita på de andra operatörerna (*Experience of communicative tool*).

Utifrån olika typer av stöd, indata, mål och acceptanskriterier bör valideringsteamet och annan erforderlig kompetens diskutera och resonera fram vilka scenarier som behöver inkluderas i valideringen och hur dessa ska utformas för att ge möjlighet att samla in data och föra argumentation som kopplar mot uppsatta mål och acceptanskriterier (se figur 6).



Figur 6 Att bygga upp och driva ett resonemang

I tabell 2 nedan visas ett förslag, framtaget av analysgruppen, på en förenklad bild av hur en målstruktur skulle kunna byggas upp.

**Tabell 2** Exempel på en förenklad målstruktur fram till och med scenariourval och -design

|   | <b>Exempel</b>   |
|---|--|
| Övergripande mål (hög nivå)   | Kontrollrumsfunktionen ska på ett ändamålsenligt sätt stötta operatörerna i genomförande av arbetsuppgifter vid hantering av olika driftlägen och situationer med målet att upprätthålla anläggningens säkerhet.   |
| Mål (nedbrutet)   | Operatörernas arbetsuppgifter genomförs på ett korrekt sätt inom rimlig tidsram.<br><br>HSI stöttar operatörernas situationsmedvetenhet.   |
| Krav  | Operatörerna ska snabbt kunna inhämta relevant information om anläggningens tillstånd<br><br>Larm ska presenteras på ett entydigt och enkelt sätt.   |
| Acceptanskriterie   | Operatörerna klarar av att genomföra sina uppgifter med hjälp av kontrollrummet ( <i>Instrumental Performance</i> )<br><br>Operatörerna strävar efter att förstå processen samtidigt som de kan förutse utveckling och bibehålla kontroll ( <i>Psychological way of acting</i> ) |
| Scenario  | Framtaget scenario bör innehålla situationer där larm uppmärksammar operatören på en avvikelse och där operatören måste inhämta information om anläggningens tillstånd för att kunna planera hantering av situationen  |
| <i>Här fortsätter uppbyggnaden av evidensstrukturen på ett liknande sätt.</i> |  |

## Kompetens

En viktig förutsättning för scenariourval och -design är att rätt kompetens finns hos den personal och det valideringsteam som ska identifiera och utforma scenarierna. Inom området för HFE-processen och särskilt inom verifierings- och valideringsaktiviteter, har det länge betonats vikten av att ha ett multidisciplinärt team där kompetens från olika discipliner är representerade så som, drift, teknik, verksamhetsutveckling och *Human Factors*. Av föreliggande studie framkommer en diskussion om nödvändigheten av att den utförande verksamheten, avseende scenariourval och design, har ett stöd för att kunna förstå vilken typ av kompetens och stöd som kan behövas vid olika typer av tillämpningsområden. Här anser analysgruppen vidare att det kan finnas behov av ytterligare stöd för att visa på vilken kompetens som behövs i de fall där ett resonemang behöver drivas, så som beskrivs i ovan avsnitt. Ett sådant projekt bör inkludera någon med kompetens och erfarenhet av att driva ett evidensbaserat resonemang i syfte att se helheten. Att inkludera denna typ av kompetens kommer troligtvis understödja valideringsteamets förmåga att koppla ihop övergripande mål med kontrollrumsfunktionen och syftet med utvärderingen och tillhörande scenariourval.

Som beskrivet i kapitel 3, under avsnittet Intervjuer, framkommer det i de flesta intervjuerna att oavsett hur bra stöd som finns i form av standarder och guider så är resultatet och kvaliteten på arbetet med scenariourval och -design alltid beroende av expertbedömningar och därmed beroende av kompetens och erfaren personal. Vidare framkommer vikten av att det till projekten knyts kompetenta personer som

är välbekanta med de utmaningar som finns i konstruktionen men som av olika anledningar inte alltid fångas systematiskt i konstruktionsprocessen.

Anläggningarna i Sverige idag, har vidare en utmaning i att stora anläggningsändringar med bäring på kontrollrummet utförs väldigt sällan och besitter därmed inte själva den specifika kompetens och erfarenhet som krävs avseende scenariourval och -design.

## 5. Diskussion

### Angreppssätt beroende på tillämpningsområde

Diskussionen i föreliggande avsnitt svarar på studiens tredje frågeställning ”*Finns det skillnader i arbetssätt och kriteriernas karaktär avseende scenariourval och -design beroende på tillämpningsområde?*”.

På en övergripande nivå drar analysgruppen slutsatsen att arbetssätt och kriteriernas karaktär inte nämnvärt skiljer sig åt beroende på de tillämpningsområden som presenteras i rapportens början, se figur 1. En av respondenterna beskriver att processen med att bearbeta och beakta allt indata-material måste gås igenom oavsett användningsområde. Det som skiljer sig åt beroende av tillämpningsområde är den mängd av indata som måste bearbetas beroende på anläggningsändringens omfattning. Vidare framkommer i en annan intervju, att vid till exempel en PSR, kan en hårdare prioritering göras vad gäller urval av scenarier då valideringens primära syfte är att visa att kontrollrumsfunktionen under kommande tioårsperiod fortsatt lever upp till de krav som ställs. Respondenten menar, med andra ord, att valideringen som görs i en PSR primärt kan prioritera och fokusera på de ändringar som utförts, eller problem som uppstått sedan senast genomförd PSR. Om en hårdare prioritering i PSR ska genomföras krävs en fungerande erfarenhetsåterföringsprocess samt en välfungerande HPM-process.

Arbetssätt och kriterier för scenariourval och -design inom HPM-processen, där uppföljning ska ske kontinuerligt över tid, skiljer sig heller inte nämnvärt åt från andra tillämpningsområden. Scenarierna behöver nödvändigtvis inte alltid täcka in helhetsperspektivet och komplexiteten på samma sätt som vid en ISV då HPM-processen varierar i omfattning beroende på vilket steg av processen som ska genomföras.

En stegvis validering möjliggör vidare att ett större antal scenarier utförs som täcks in under en längre tid i konstruktionsprocessen och på sätt skapar en bredare omfattning och täcker in fler arbetsuppgifter, driftlägen och förutsättningar [15].

### Antaganden i konstruktion

Diskussionen i föreliggande avsnitt svarar på studiens fjärde frågeställning ”*Hur kan kriterierna i scenariourvalsprocessen på bästa sätt bekräfta/utmana redan gjorda antaganden i tidigare analyser?*”.

I konstruktionsprocessen och i genomförandet av säkerhetsanalyser, vid såväl nybyggnation som vid anläggningsändringar, görs en rad antaganden, ofta hämtade från övergripande krav. Dessa antaganden utgör förutsättningar för en viss konstruktionslösning och kan ses som källor till osäkerheter i konstruktionsprocessen.

Exempel på osäkerhet kan vara tolkningar av krav eller kriterier för kravuppfyllnad samt en bedömning om konstruktionslösning uppfyller dessa kriterier. Bedömningen kan i sin tur bygga på olika former av underlag som till exempel; felaktig eller ofullständig specifikation från leverantör och modellosäkerheter i termohydrauliska analyser (grad av återspeglning av verkligheten i modellen).

Det är viktigt att försöka hålla dessa antaganden uppdaterade över tid för att inte basera sin konstruktion, och därmed kontrollrumsfunktionen, på felaktiga grunder. En organisations förmåga att förstå drivkrafterna bakom en gradvis förändring av normer och minskning av säkerhetsmarginaler samt att effektivt kunna följa förändringar över tid kan kopplas till konceptet *Drift into Failure* [23]. Konceptet handlar delvis om att gradvisa förändringar sker över en längre tid vilket till slut kan resultera i svårigheter att förstå det initiala tillståndet, eller som i detta fall, varför den tidigare konstruktion såg ut som den gjorde och vilka antaganden som låg till grund för den. Analysgruppen anser därför att det är mycket viktigt att antaganden som på något sätt är konstruktionsdimensionerande kan identifieras, följas upp och analyseras på ett systematiskt sätt.

Den probabilistiska säkerhetsanalysen (PSA) har som syfte att vara verklighetsnära och behöver därför beskriva och hantera de förutsättningar och antaganden som ligger till grund för den specifika konstruktionslösningen. I en konstruktionsprocess kan PSA användas som ett verktyg för att utvärdera huruvida konstruktionslösningar når satta målvärden för reaktorsäkerhet och i andra sammanhang kan PSA exempelvis används för att redovisa för myndigheten att en anläggning uppfyller angivna krav.

Inom ramen för utförandet av PSA dokumenteras samtliga antaganden som görs i analysarbetet löpande i text per analysdel. Dessa antaganden benämns i en PSA som källor till olika typer av osäkerheter och delas vanligtvis in i tre kategorier; modellosäkerheter, fullständiga osäkerheter och parameterosäkerheter. I workshopen som genomfördes i föreliggande studie, visar erfarenhet att det finns utmaningar i att systematiskt sammanställa, följa upp under anläggningens tid i drift och bedöma antaganden som görs i PSA:n. Det blir därmed svårt att skapa bra förutsättningar för att samlat bedöma vad osäkerheterna kan få för konsekvenser på anläggningen. Det medför även att det inte finns förutsättningar att använda dessa osäkerheter som exempelvis indata till scenariourvalsprocessen. Sammantaget resulterar detta i svårigheter vad gäller att göra en såväl ursprunglig som förnyad bedömning av osäkerheterna vid en anläggningsändring. Då anläggningarna hittills har hanterat och bedömt dessa osäkerheter som delar i olika uppdateringar av PSA:n, riskeras aspekter av hur en del i anläggningen påverkar en annan gå förlorande och därmed även möjligheten till en helhetsbedömning.

I workshopen framkom vidare att erfarenheter från genomförda och pågående livstidsförlängande aktiviteter indikerar en stor utmaning i att entydigt identifiera de krav och antaganden som låg till grund i den ursprungliga konstruktionsprocessen. Utöver det finns även utmaningar att vid s.k. ett-till-ett byten identifiera om den nya utrustningen har egenskaper som faller utöver de ursprungliga konstruktions-specifikationerna. Brister i detta kan leda till framtida oväntade och/eller felaktiga beteenden i anläggningen. Här anser analysgruppen att det är viktigt att antaganden som på något sätt är konstruktionsdimensionerande identifieras och omsätts till krav, för att i valideringen kunna säkerställa att de kraven efterlevs.

Vidare anser analysgruppen att händelser eller förhållanden som upptäcks över tid, till exempel i PSA:n, bör omhändertas i erfarenhetsåterföringsprocessen. Erfarenhetsåterföringsprocessen kan även fungera som ett verktyg för att fånga upp och identifiera huruvida tidigare antaganden i konstruktionen påverkas av en anläggningsändring, men också om de inte längre stämmer överens med konstruktionen efter en anläggningsändring.

Detta resonemang leder vidare till analysgruppens uppfattning om vikten av att anläggningen har en fungerande erfarenhetsåterföringsprocess som samlar olika antaganden som över tid gjorts i säkerhetsanalyser. Om gjorda antaganden ska bli kända för erfarenhetsåterföringsprocessen behöver PSA:n på något sätt mata in dessa i processen så att de vid senare tillfälle kan identifieras och användas i exempelvis en anläggningsändring. Det vill säga en riskbaserad erfarenhetsåterföringsprocess där erfarenheter och risker rangordnas med hänsyn till påverkan på anläggningens säkerhet. Ju mognare erfarenhetsåterföringsprocess desto bättre förutsättningar finns för att bekräfta eller utmana antaganden gjorda i konstruktionen och som kan komma att användas som input vid scenariourval och -design.

Analysgruppen anser med bakgrund mot information och resonemanget ovan, att kriterierna i scenariourvalsprocessen inte kan utformas på ett sätt som gör att antaganden i den initiala konstruktionen kan bekräftas eller utmanas. Däremot måste scenariourvalsprocessen tillse att ”rätt” indata används i scenariourvalsprocessen, det vill säga, att valideringsteamet har möjlighet att utgå ifrån ett samlat underlag som redovisar antaganden i tidigare konstruktion. Detta för att kunna säkerställa att scenarierna som används i valideringen representerar anläggningen och är utformade på så sätt att de testar kontrollrumsfunktionen på rätt grunder.

## Tydlig målbild

Analysgruppen anser att det är viktigt att gå in i valideringsprocessen med en tydlig målbild och sedan basera urval och design av scenarier, men även acceptanskriterier, på målbilden. Dock ser analysgruppen en viss svårighet i att ta fram en tydlig målbild då mängden indata kan bli väldigt omfattande, framförallt i ett större moderniseringsprojekt eller vid nybyggnation. En tydlig målbild är som nämnts viktig, men för att få fram en sådan behöver indata behandlas, och på något sätt sammanställas, för att möjliggöra en tydlig struktur och definition av målen. Detta kan bli utmanande då sammanställd indata innehåller olika typer av information vilket troligtvis kan upplevas spretigt och svårt att konkretisera.

Analysgruppen tror dock att det finns goda möjligheter att sätta ett övergripande mål för hela kontrollrumsfunktionen om det sätts med premisserna som beskrivs av McCulley/Cuppan LLC [22]; att det övergripande målet inte ska vara kvantifierbart, utan vara på en övergripande generell nivå. Ett sådant mål möjliggör en stor bredd och variation på de delmål som sedan sätts i nästa steg. Så oavsett om indata verkar spretigt till en början kommer det troligtvis underlätta arbetet med att ta fram delmål som, i och med bredden i underlaget, täcker in kontrollrumsfunktionen som en helhet. Det är av stor vikt att arbetet kan struktureras på ett tydligt sätt för att ha kontroll över de olika delmålen och för att förtydliga detaljeringsgraden för de indata som ska behandlas. Med detaljeringsgrad avses huruvida hela dokument

eller till exempel enskilda avsnitt ska lyftas ut och fungera som indata för att kunna sätta delmål på rätt nivå.

## Komplexitet

Kontrollrummet är ett komplext system där människor ska interagera med varandra, med tekniken och med stöd från organisationen i form av instruktioner och stödfunktioner. Att bekräfta en fungerande konstruktion blir utmanande då det är svårt för en valideringsmetod att fånga komplexiteten. Många metoder som används idag fungerar bra i kontrollerade miljöer, men ett kontrollrum är inte en sådan miljö. Genom att påföra kontroll i utvärdering av ett kontrollrum försvinner den komplexitet som finns närvarande i vardagen [16]. Att utforma ett scenario på en allt för hög detaljnivå utan att ge utrymme för kontrollrummets resilienta förståelse och flexibilitet skulle kunna få en negativ inverkan på resultatet.

Många valideringsmetoder som används idag lägger stort fokus på slutresultatet genom att exempelvis använda en uppsättning fördefinierade acceptanskriterier, men detta är troligtvis inte tillräckligt. Det finns många olika sätt att nå rätt slutresultat, men det innebär inte att konstruktionen är stöttande för kontrollrummets funktion. Exempelvis händer mycket i genomförandet av olika uppgifter och i interaktionen mellan de olika aspekterna i kontrollrumsfunktionen som kan ge värdefull information om konstruktionen, men som riskerar att förbises om fokus ligger på slutresultatet. Scenariodesignen spelar därför en viktig roll vad gäller att ge en representativ bild av kontrollrummets funktion som ett komplext system.

Analysgruppen ser att hanteringen av indata troligtvis lägger grunden för valideringen och mer specifikt för scenariourval och -design. Som tidigare nämnts kan mängden indata lätt bli omfattande och svår att få en övergripande bild av. Det är mycket information som ska tas i beaktande för att få fram relevanta scenarier; tidigare erfarenheter, ny teknik, nya arbetsuppgifter, nya gränssnitt, operatörskoncept, krav etc. behöver kartläggas för att vidare visa vägen i valideringsprocessen. Samtidigt som en ny, eller uppdaterad konstruktion hanteras bör även det tidigare operatörskonceptet samt kontrollrumsfilosofin som användes vid utformning av den tidigare konstruktionen finnas med i åtanke. För att information och förståelse för anläggningen inte ska gå förlorad är det även viktigt att tidigare antaganden och intentionen bakom beslut som fattades i den initiala konstruktionen följer med och beaktas vid scenariourval och -design. Samtidigt så är det ju den nuvarande konstruktionen och resultatet av gjorda konstruktionslösningar som ska utvärderas. Så hur kan dessa två bilder vägas samman för att få en representativ bild av kontrollrumsfunktionen? I enlighet med komplexitetsteorin [23] går det inte att ha en fullständig förståelse för ett komplext system, något som försvårar att validera ett komplext socio-tekniskt system. Men, genom att förstå vad komplexitet innebär och vilka effekter förändringar i ett komplext system kan medföra, kommer den insikten att underlätta hanteringen av valideringen. Senare studier har vidare inkluderat perspektivet om operatörens välmående och hur detta omhändertas i anläggningsändringsprojekt, något som enligt studier också bör inkluderas i valideringen [6][18]. Detta visar på att ytterligare en dimension är på väg att ta plats bland beroendefaktorerna som redovisas i figur 1, vilket i sin tur troligtvis ökar komplexiteten ännu mer.

Analysgruppen anser att argumentationen och bevisföringen kommer spela en central roll i hur trovärdig valideringen av en kontrollrumsfunktion blir. Även om det inte går att ha en fullständig kunskap och förståelse för det komplexa system som ska valideras kommer en tydlig argumentation ändå visa på det som faktiskt går att veta och förstå. Detta behöver således komma fram på ett tydligt sätt så att det går att göra ett tydligt ställningstagande om kontrollrumsfunktionens ändamålsenlighet. I dagsläget finns det inte ett tydligt stöd för utövarna att navigera sig igenom denna komplexa uppgift. Det finns mycket information om valideringsprocessen och delvis beskrivna metoder eller indata att ta med sig, men analysgruppen upplever att det saknas en metod som hjälper valideringsteamet att strukturera upp arbetet på ett så pass tydligt sätt att det i slutändan stöttar det slutliga ställningstagandet på ett trovärdigt sätt. Att ha med sig kompetens vad gäller att bygga upp och driva ett resonemang kan troligtvis underlätta detta samtidigt som standarder och guider skulle kunna beskriva valideringsprocessen på en något mer detaljerad nivå än vad de gör i dagsläget.



## 6. Sammanfattande slutsatser

Första frågeställningen kan sammanfattas utifrån att litteraturen presenterar olika arbetssätt och metoder gällande validering, där scenariourval och -design ingår som tillexempel:

- stegvis validering
- användarcentrerat angreppssätt
- kontextuellt angreppssätt
- NUREG-0711, Integrerad Systemvalidering.

Nästan alla arbetssätt och metoder utgår i grunden från en stegvis validering. I NUREG-0711 saknas en explicit beskrivning av ett stegvist angreppssätt gällande validering men däremot beskrivs olika verifieringssteg med avseende på HSI.

Vad gäller kriterier för scenariourval och -design framkommer fem gemensamma aspekter, även om dessa inte beskrivs exakt på samma sätt. Dessa fem är:

- En variation av driftfall och situationer, allt från normala driftlägen till händelser och förhållanden.
- En variation av arbetsuppgifter som på olika sätt utmanar operatörerna. Det kan bland annat innebära instruktionsstyrda uppgifter, kunskapsstyrda uppgifter, hög/låg arbetsbelastning, samarbete, interaktion med gränssnitt etc.
- Hur operatörerna genomför dessa uppgifter vad gäller beslutsfattande, övervakning, upptäckt av avvikelser, bedömning av situation och planering av åtgärd.
- Den fysiska utformningen av kontrollrummet samt operatörsgränssnitt.
- Helheten ska representera komplexiteten av kontrollrumsfunktionen.

Utöver dessa fem aspekter finns även vissa mer specifika områden som också bör omhändertas i urval och design, exempelvis synen på kontrollrumsfunktionen som en psykologisk funktion och operatörernas välmående.

I litteraturen finns även en något mer utförlig beskrivning av kriterier att ta hänsyn till vid scenariodesign [8]:

- Hur väl scenariot representerar verkligheten (*surface validity*).
- Hur väl scenariot representerar komplexa aspekter som operatörerna verkar i (*representative complexity*).
- Scenarioegenskaper som till exempel stödjer aktiviteter, beslut, kognitiva funktioner och samarbete (*model of support*).
- Svårighetsgrad (*scenario difficulty*).
- Hur väl scenariodesignen stödjer att observera operatörsbeteenden (*performance observability*).
- Mätvärden viktiga för kunden. Scenarierna möjliggör prestationsmätning som återspeglar situationer som visar på förbättringsområden – riskminskning, kostnadsminskning (*value/impact potential*).

Vidare beskrivs olika typer av faktorer som kan inkluderas i ett scenario i syfte att öka komplexiteten [8][9]. Exempel på sådana faktorer kan vara:

- överbelastning (*data overload*)
- förhållande mellan signal och brus (*signal-noise relationship*)
- behov kopplat till uppmärksamhet (*attention demands*)

- fördelning av information mellan individer (*distributed information across individuals*)
- avsaknad av information (*missing information*)
- vilseledande indikatorer (*misleading indicators*)
- tvetydiga signaler (*ambiguous cues*).

I genomförda intervjuer berörs även den första frågeställningen där det framkommer att stödet för scenariourval upplevs tillfredsställande då det i standarder och guider tydligt definieras exempelvis att olika driftlägen, arbetsuppgifter, situationer etc. bör ingå i scenariourvalet. Däremot upplevs stödet inte lika utförligt när det kommer till scenariodesign och kriterier för detta. Det framkommer fortsatt i intervjuer att det kan vara svårt att ta fram kriterier för scenariodesign då alla anläggningar och projekt är olika. Analysteamet upplever dock att litteraturen skulle kunna ge ytterligare stöd i form av tydligare beskrivning av vilken indata projekten bör ta hänsyn till, hur ett resonemang kan byggas upp för att argumentera för kontrollrumsfunktionens ändamålsenlighet, samt vilken kompetens som bör ingå i det team som utformar scenarier.

De praktiska erfarenheterna som framkommer i intervjuerna sammanfattar studiens andra frågeställning. Resultatet visar att det finns en varierande erfarenhet hos respondenterna vad gäller genomförande av scenariourval och -design, allt från att ha erfarenhet av deltagande i, och oberoende granskning av, större moderniseringsprojekt till mindre anläggningsändringar. Stora moderniseringsprojekt förekommer sällan vilket medför en begränsad erfarenhet. Detta innebär att anläggningarna inte alltid själva innehar all nödvändig kompetens för att driva en HFE-process. I denna typ av större projekt har konsulter historiskt anlåtits.

Den praktiska kartläggningen visar att NUREG-0711 används i stor utsträckning, men även anläggningarnas egna instruktioner, exempelvis HPM, samt Vattenfalls utvärderingshandbok. Som komplement används även standarder från IEC och ISO. Den praktiska kartläggningen visade på vikten av att använda tvärfunktionella grupper med kompetens och erfarenhet som bidrar till en bredd i de diskussioner som möjliggör scenariourval och -design.

Vad gäller den tredje frågeställningen visar föreliggande studie att det generellt inte finns några skillnader vad gäller arbetssätt och kriteriernas karaktär beroende på tillämpningsområde. Däremot kan tillämpningsområde och syfte med valideringen underlätta prioriteringen vid scenariourval och -design.

Diskussionen om antaganden i konstruktion besvarar den fjärde frågeställningen och visar på att det finns utmaningar och förbättringspotential vad gäller hantering av antaganden som inte dokumenteras, följs upp eller analyseras på ett systematiskt sätt. Analysgruppen gör därmed bedömningen att det finns stora utmaningar i att utforma kriterierna i scenariourvalsprocessen på ett sådant sätt som gör att antaganden i konstruktionen kan bekräftas eller utmanas. Däremot måste scenariourvalsprocessen tillse att "rätt" indata används i urvalsprocessen, det vill säga, att förut-sättningar skapas för valideringsteamet att få tillgång till en samlad information om vilka antaganden som på något sätt kan vara konstruktionsdimensionerade.

## 7. Förslag på vidare forskning

Föreliggande studie har visat att det fortsatt finns ett behov av att förtydliga befintliga standarder och guider gällande scenariourval och -design. Internationellt pågår idag arbete på flera håll med att uppdatera befintliga standarder och guider. Till exempel framkommer det i intervjuer i föreliggande studie att IFE kommer att starta ett projekt 2021 som kommer hantera scenarioprinciper och lärdomar från valideringar. Det rekommenderas att studien följs och att lärdomar omhändertas.

I samband med förberedelserna av föreliggande studie, framkommer det att det pågår arbete med att sammanställa erfarenheter från genomförande av ISV över de senaste 10 åren hos flera internationella företag som är involverade i genomförandet av ISV. Att ta del av dessa studier anser analysgruppen som mycket värdefullt och kan komma att ligga till grund för fortsatta studier för scenariourval och -design.

Vidare har föreliggande studie visat på ett behov av stöd i att identifiera relevant indata samt hur hanteringen av mängden indata som utgör underlag för scenariourval och konstruktionsprocessen kan hanteras på bästa sätt. I samband med en validering och specifikt vid scenariodesign är det viktigt att kunna föra ett resonemang som kan visa på kontrollrumsfunktionens ändamålsenlighet. Vidare arbete föreslås därmed gällande hur stödet kan förbättras i syfte att bygga upp och driva ett resonemang, att djupare förstå och identifiera förutsättningar för att förbättra struktur för evidensbaserad argumentation i kombination med stöd för att identifiera relevant indata och bryta ner denna till hanterbara delmål.

Studien har även visat på behovet av en utveckling i att förstå hur redan gjorda antaganden i ursprungskonstruktionen och i anläggningsändringar kan identifieras, samlas, följas upp och analyseras på ett systematiskt sätt. Ett förslag till fortsatta studier inom området är att närmare kartlägga hur de svenska anläggningarna OKG, FKA och RAB idag identifierar olika typer av antaganden, i den initiala konstruktionen, under anläggningens tid i drift samt i olika typer av säkerhetsanalyser. Förslagsvis skulle en begränsad studie kunna utföras med syfte att mer specifikt titta på hur antaganden i till exempel en PSA kan identifieras, följas upp, analyseras och vidare kopplas emot en erfarenhetsåterföringsprocess.

## 8. Referenser

1. O'Hara, J., Higgins, J., Fleger, S. & Pieringer, P. (2012). *Human Factors Engineering Program Review Model* (NUREG-0711, Rev. 3). Washington, D.C.: U.S. Nuclear Regulatory Commission.
2. IAEA (2019). *Human Factors Engineering in the Design of Nuclear Power Plants* (Specific Safety Guide No. SSG-51). Wien: IAEA.
3. OECD (2017). *Human Factors Validation of Nuclear Power Plant Control Room Designs and Modifications. Proceedings of the Expert Workshop Charlotte, United States 19-21 February 2015* (Human Aspects of Nuclear Safety NEA/CSNI/R(2016)17). Charlotte: OECD.
4. Oivind Braarud, P. (2015). *An Overall Framework for the Definition of Requirements, Criteria and Human Engineering Discrepancies for Control Room Validation* (OECD Halden Reactor Project / Institute for Energy Technology). Halden: OECD.
5. Oskarsson, PA., Johansson, B. & Gonzalez. (2010). *Metodutveckling för integrerad validering* (Rapportnummer: 2010:02, ISSN: 2000-0456). Solna: Strålsäkerhetsmyndigheten. Tillgänglig: [www.stralsakerhetsmyndigheten.se](http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se)
6. Simonsen, E. (2018). *Advancing Formative Control Room System Evaluation Decision support for human factors evaluation planning and method development* (Doktorsavhandling, Göteborg, Chalmers tekniska högskola, 4474). Göteborg: Chalmers University of Technology. Tillgänglig: [https://research.chalmers.se/publication/504754/file/504754\\_Fulltext.pdf](https://research.chalmers.se/publication/504754/file/504754_Fulltext.pdf)
7. IAEA (2018). *Safety Glossary, Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection 2018 Edition*. Tillgänglig: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1830\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1830_web.pdf)
8. Patterson, E., Roth, E. & Woods, D. (2010). Facets of complexity in situated work. In J. Miller & E. Patterson (Eds.), *Macro-cognition Metrics and Scenarios*. London: CRC Press.
9. Dunne, R., Schatz, S., Fiore, SM., Martin, G. & Nichol森, D. (2010). Scenario-Based Training: Scenario Complexity. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 54(27), 2238-2242. doi: 10.1177/154193121005402704
10. SSMFS 2008:17. *Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om konstruktion och utförande av kärnkraftsreaktorer*. Solna: Strålsäkerhetsmyndigheten.
11. Green, B. (2016). *Upcoming Changes to NRC Human Factors Guidance*. (OECD NEA and OECD Halden Reactor Project, Summer School 2016, Control Room Verification and Validation). Tillgänglig: <https://www.nrc.gov/docs/ML1622/ML16229A505.pdf>

12. Laarni, J., Savioja, P., Norros, L., Liinasuo, M., Karvonen, H., Wahlström, M. & Salo, L. (2014). Conducting Multistage HFE Validations: Conducting Systems Usability Case. In *ISOFIC/ISSNP 2014: International Symposium on Future I and C for Nuclear Power Plants/International Symposium on Symbiotic Nuclear Power Systems Korean Nuclear Society*. Jeju Island: Korean Nuclear Society.
13. Pruttianan, A, Lau, N, Anders, S & Weinger, M.B (2017). Ontology to guide scenario design to evaluate new technologies for control room modernization. *10th International Topical Meeting on Nuclear Plant Instrumentation, Control, and Human-Machine Interface Technologies, NPIC and HMIT 2017, 1*, 206-214.
14. Vattenfall (2013). *Handbok för utvärdering av samspelet mellan människa, teknik och organisation vid anläggningsutveckling*. Väröbacka: Vattenfall.
15. NEA. (2019). *Multi-Stage Validation of Nuclear Power Plant Control Room Designs and Modifications*. Paris: OECD Publishing.
16. Savioja, P., & Norros, L. (2013). Systems Usability Framework for Evaluating Tools in Safety-Critical Work. *Cognition, Technology and Work*, 15(3), 255-275. doi: 10.1007/s10111-012-0224-9
17. Koskinen, H., Laarni, J., Liinasuo, M., Norros, L. & Savioja, P. (2021). Systems Usability Case in Stepwise Control Room Validation. *Safety Science*, 134. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105030>
18. Savioja, P. (2014) *Evaluating systems usability in complex work: Development of a systemic usability concept to benefit control room design* (Doktorsavhandling, VTT Science). Espoo: VTT Technical Research Center of Finland.
19. Simonsen, E., & Osvalder, AL. (2015). Aspects of the nuclear power plant control room system contributing to safe operation. *Procedia Manufacturing*, 3, 1248-1255. doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.260
20. Braarud, P.O., Eitrheim, M.H., & Svengren, H. (2015). *Results from the Integrated System Validation of the Modernized OKG Oskarshamn 2 Control Room*. Halden: Institute for Energy Technology.
21. Vattenfall. (2019). *Metod för återkommande utvärdering av kontrollrummens ändamålsändlighet ur ett MTO-perspektiv*. Väröbacka: Vattenfall.
22. McCulley/Cuppan LLC (2008). *Authoring High Quality Technical Documents: A Workshop Developed for Human Engineering LTD*. Salt Lake City: McCulley/Cuppan LLC.
23. Decker, S., (2011;2016;2012;). *Drift to failure: From hunting broken components to understanding complex systems*. Farnham; Burlington: Ashgate Publishing.

# Bilaga 1: Frågeunderlag

**Bakgrund:** Syftet med studien är att skapa möjlighet att identifiera relevanta arbetssätt och kriterier vid framtagande och urval av scenarier i HFE-processen vid anläggningsändringar, främst vid anläggningsändringar med bäring på kontrollrum men också vid bekräftande utvärderingar i förhållande till gjorda antaganden i säkerhetsanalyser, eller vid uppföljning efter en tids drift, till exempel vid PSR. Även skillnader i arbetssätt och kriterier beroende på aktuellt tillämpningsområde är av intresse.

## Generell information

1. Vänligen ge en kort beskrivning av vilka projekt som din anläggning inom de senaste fem åren har genomfört där någon form av scenarier har tagits fram för att användas i valideringssyfte av antingen kontrollrummet, lokala kontrollplatser eller på annat sätt bekräftande av antaganden i den ursprungliga anläggningsdesignen.
2. Vilken/Vilka standarder/guider har tillämpats i dessa projekt?
  - a. Om NUREG-0711 tillämpades, vad är din erfarenhet av i vilken utsträckning den ger stöd vid val av scenarier och utformning av scenariodesign?

## ISV – Integrerad System Validering Metodik

3. Om en slutlig ISV inom ramen för HFE-processen (som beskriven enligt NUREG-0711) har genomförts, beskriv kort vilka metoder som används.
  - a. Hur valde ni vilken metod som skulle tillämpas?
  - b. Hur varierar metoderna i era olika projekt?
  - c. (Om tillämpligt) På vilket sätt har ni anpassat metoderna ni valt?

## Kriterier för scenariourval

4. Beskriv kort vilka arbetssätt och metoder som tillämpades för att välja ut vilka scenarier som tillämpats i projekten beskrivna under fråga 1.
  - a. Vilka kriterier och hur sattes kriterier upp för urval av scenarier?
  - b. Beskriv din erfarenhet med att ta fram dessa kriterier, vad fungerade bra och vad fungerade mindre bra?

## Scenariodesign

5. Beskriv kort hur valda scenarier var utformade/designade.
  - a. Tänk gärna på områden så som ”verklighetsvaliditet” (*surface validity*), representativ komplexitet, modell för stöd (kartläggning av scenarioegenskaper till de aktiviteter, teamwork, kognitiva aspekter, som mjukvaran är avsedd att stödja), svårigheter i scenariot, ”prestationsobserverbarhet” (*performance observability*), *value impact potential* (hur scenariot stödjer kundens intresse för ökad operatörs effektivitet, riskreducering och kostnadsreduceringar) och implementering av ytterligare komplicerade faktorer.
  - b. Om du tänker tillbaka på hur scenarierna var utformade, vad skulle du ha gjort annorlunda idag från då med den erfarenhet du har idag?

### **Säkerhetsanalyser (PSA)**

6. Används, och i sådant fall på vilket sätt används data från PSA analyserna i arbetet med urvalskriterier och utformning av scenarier?

### **Acceptanskriterier**

7. Beskriv vilka acceptanskriterier som används vid dessa projekt och hur dessa har tagits fram.
  - a. Vilka arbetssätt och vilka metoder har använts vid framtagningen av dessa acceptanskriterier?
  - b. Vilken/vilka standarder/guider har använts som stöd i framtagningsprocessen av dessa kriterier?

### **Utmaningar**

8. Beskriv de största utmaningarna vid urval av scenarier i de projekt som ni nämnt ovan.
  - a. På vilket sätt var de utmanade?
  - b. Hur hanterade ni dessa utmaningar?
9. Beskriv de största utmaningarna vid utformningen av dessa scenarier.
  - c. På vilket sätt var de utmanade?
  - d. Hur hanterade ni dessa utmaningar?
10. Beskriv de största utmaningarna med urval av acceptanskriterier och tillämpningen av dessa.
  - a. På vilket sätt var de utmanade?
  - b. Hur hanterade ni dessa utmaningar?

### **Lärdomar**

11. Om du skulle genomföra en validering av en anläggningsändring med bäring på kontrollrummet idag, hur skulle du göra?
12. Vilka är de största erfarenheterna som dragits gällande att identifiera relevanta arbetssätt och kriterier vid framtagande och urval av scenarier i HFE-processen vid anläggningsändringar med påverkan på kontrollrummet?
13. Vilka förändringar anser ni behöver göras i standarder/guider (eller andra referens-dokument) för att bättre stödja validerings/HFE-teamet?











The Swedish Radiation Safety Authority has a comprehensive responsibility to ensure that society is safe from the effects of radiation. The Authority works from the effects of radiation. The Authority works to achieve radiation safety in a number of areas: nuclear power, medical care as well as commercial products and services. The Authority also works to achieve protection from natural radiation and to increase the level of radiation safety internationally.

The Swedish Radiation Safety Authority works proactively and preventively to protect people and the environment from the harmful effects of radiation, now and in the future. The Authority issues regulations and supervises compliance, while also supporting research, providing training and information, and issuing advice. Often, activities involving radiation require licences issued by the Authority. The Swedish Radiation Safety Authority maintains emergency preparedness around the clock with the aim of limiting the aftermath of radiation accidents and the unintentional spreading of radioactive substances. The Authority participates in international co-operation in order to promote radiation safety and finances projects aiming to raise the level of radiation safety in certain Eastern European countries.

The Authority reports to the Ministry of the Environment and has around 300 employees with competencies in the fields of engineering, natural and behavioral sciences, law, economics and communications. We have received quality, environmental and working environment certification.

Publikationer utgivna av Strålsäkerhetsmyndigheten kan laddas ned via [stralsakerhetsmyndigheten.se](https://stralsakerhetsmyndigheten.se) eller beställas genom att skicka e-post till [registrator@ssm.se](mailto:registrator@ssm.se) om du vill ha broschyren i alternativt format, som punktskrift eller daisy.

**Strålsäkerhetsmyndigheten**  
**Swedish Radiation Safety Authority**  
SE-171 16 Stockholm  
Phone: 08-799 40 00  
Web: [ssm.se](https://ssm.se)  
E-mail: [registrator@ssm.se](mailto:registrator@ssm.se)

©Strålsäkerhetsmyndigheten