



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Forskning

Analys av kompetensförsörjning vid ett kärnkraftverk- förutsättningar och potential för accelererat lärande

2025:09

Författare: Martin Castor, Jonathan Borgvall &
Kent Standert, GEISTT AB, Sundbyberg

Datum: September 2025

Rapportnummer: 2025:09

ISSN: 2000-0456

Tillgänglig på www.ssm.se



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Författare: Martin Castor, Jonathan Borgvall & Kenth Standert,
GEISTT AB, Sundbyberg

2025:09

Analys av kompetensförsörjning vid
ett kärnkraftverk - förutsättningar
och potential för accelererat lärande

Datum: September 2025

Rapportnummer: 2025:09

ISSN: 2000-0456

Available at www.stralsakerhetsmyndigheten.se

Denna rapport har tagits fram på uppdrag av Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM). De slutsatser och synpunkter som presenteras i rapporten är författarens/författarnas och överensstämmer inte nödvändigtvis med SSM:s.

SSM perspektiv

Bakgrund

En viktig grund för strålsäkerheten vid ett kärnkraftverk är personalens kompetens – att de som arbetar där vet vad de ska göra under normal drift och i händelse av ett missöde eller i värsta fall en radiologisk olycka. Att säkerställa tillräcklig kompetens kan vara en utmaning när anläggningarna blir allt äldre och personalstyrkan succesivt byts ut. En annan utmaning kan vara att en del teknik och arbetssätt i anläggningarna är utvecklade i en annan tradition än de nyare generationerna av personalen är vana vid.

I sin tillsyn av utbildning och träning av bl.a. kontrollrumspersonal har Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) under lång tid följt det arbete som bedrivs på de olika anläggningarna och konstaterat att det lever upp till nuvarande kravbild. För att få en kompletterande bild av de utmaningar och den utvecklingspotential som finns avseende operatörsträning finansierades denna studie av hur nuvarande modell för kompetenssäkring skulle kunna utvecklas med hjälp av metoder för accelererat lärande.

Resultat

Denna rapport syftar till att undersöka och beskriva hur så kallat accelererat lärande kan användas för att möta förmodade kommande utmaningar inom kärnkraftverkens kompetensförsörjning. Med accelererat lärande avses här något annat än att själva lärandesituationen snabbas på. Avsikten med accelererat lärande är att säkerställa kvalitet och effekt över tid; genom att på ett systematiskt sätt utnyttja de mekanismer som skapar lärandet, är tanken att individens utveckling från novis till expert snabbas på – samtidigt som de negativa effekterna av bleknande kompetens undviks. Angreppssättet innebär att genom ett delvis förändrat strategiskt och systematiskt arbetssätt för att säkerställa att kunskap och erfarenhet utvecklas och förs vidare via utbildning, träning och praktiskt arbete.

Rapporten beskriver vikten av att kontinuerligt fånga upp och överföra såväl kunskap som praktisk erfarenhet. Bland annat framhålls att kompetensförsörjningen bör följa en röd tråd för att över tid kunna följa status och utveckling hos individer, arbetslag och organisation. Genom att följa en sådan röd tråd är det möjligt att identifiera trender eller luckor i det befintliga underlaget/systemet för kompetensförsörjning; dessutom underlättas en kontinuerlig utveckling av innehåll och verktyg när det i verksamheten t.ex. införs ny teknik eller nya arbetsmetoder. I detta beskriver författarna att det behövs gedigna metoder och verktyg för såväl analys inför som leverans av och utvärdering av genomförda lärotillfällen. För att sedan säkerställa att utbildning och träning uppnår rätt effekt i verksamheten behöver även uppföljning ske i det operativa arbetet. Detta kan ske genom exempelvis arbetsplatsobservationer, där chefer och instruktörer ser hur arbetsuppgifterna faktiskt utförs i verksamheten.

Utbildning och träning för redan yrkesverksamma kan vara en komplex uppgift och är ofta förknippat med både fördelar och nackdelar. Komplexiteten kan ställa andra krav på lärare/instruktörer än vad som görs i en traditionell utbildningssituation. En fördel med återkommande träning är möjligheten att utvärdera om verksamheten får den nytta av utbildningen/träningen som förväntats, samt möjligheten att genom justeringar försöka säkerställa nyttan.

Rapporten lyfter bl.a. upp vikten av att det kontinuerliga lärandet underlättas genom att möjligheter till lärande i vardagen skapas och utnyttjas, exempelvis genom kontinuerlig uppföljning och arbetsplatsförlagd utbildning/träning.

Författarna tar upp användande av den "grafiska simulatoren" (G-SIM och G-SIM LAB) som ett exempel på ett pedagogiskt verktyg som kan ge operatörerna inblick i system och processer på ett sätt som inte är möjligt i fullskalesimulatoren eller i kontrollrummet. Författarna diskuterar att en bättre tränings effekt över tid kan skapas genom att använda en annan miljö för träning än den miljö där kompetensen mäts (fullskalesimulatoren). Författarna konstaterar dock att operatörernas möjligheter till lärande i vardagen, exempelvis användande av G-SIM, begränsas av ramfaktorer, så som tillgänglig arbetstid, bemanningsläge eller tillgänglighet till simulatorer. I rapporten föreslås att utbildnings- och träningsfrågor får en tydligare organisatorisk representation (ett s.k. training department), eller en dedikerad revisionsfunktion för att undvika att ramfaktorer så som generella besparingar eller rekryteringsstopp får oavsiktliga konsekvenser på den långsiktiga kompetenssäkringen.

Relevans

SSM har i tillsyn inte haft mycket att anmärka på avseende utbildning och återträning av kontrollrumspersonal; dokumenterad systematik och metod för kompetenssäkring lever för det mesta upp till nuvarande kravbild. Inom kärnkraftsbranschen i stort finns det dock en medvetenhet om de utmaningar avseende kompetenssäkring som kan uppstå om ett antal nya reaktorer ska tas i drift samtidigt som nuvarande reaktorer är kvar i drift.

Begränsade resurser för exempelvis återträning riskerar att leda till att organisationer inte investerar i det som "redan fungerar". I kärnkraftsbranschens anpassning till nya utmaningar kan det vara relevant att upprätthålla och utveckla det gedigna arbete som redan finns investerat i bl.a. arbetsuppgiftsanalyser, samt att säkerställa exempelvis kompetens inom metoden SAT (Systematic Approach to Training). I dagens upplägg är utbildarna/instruktörerna i högsta grad involverade i vad som ska läras ut, samt i att rätt kunskap och färdighet uppnås i lärotillfället. För att i den operativa verksamheten få full nytta av utbildning/återträning är det väsentligt att även observera beteenden i verksamheten och identifiera behov av justeringar i träning eller utbildning. Det är även viktigt att operatörerna ges möjlighet att upprätthålla och utveckla sin kunskap och färdighet så att den är ändamålsenlig utifrån verksamhetens behov.

Projektet är avsett att bygga nationell kunskap rörande kompetensutvärdering och accelererat lärande, denna kan användas exempelvis för att kunna hantera utmaningar avseende tillgång till kompetent personal. Projektet bedöms kunna bidra till fortsatt utveckling av den systematiska kompetenssäkringen på kärnkraftverken.

Resultaten bedöms vara överförbara och reproducerbara till andra säkerhetskritiska branscher, även om specifik reglering kan innebära vissa skillnader i förutsättningar och slutsatser/rekommendationer.

Behov av vidare forskning

Den ökade automatisering som kan anas i samhället generellt och som kan förväntas med nya reaktortyper, så som SMR och Generation III+, kan innebära att människan som operatör blir mindre involverad i den operativa processen. När arbetsuppgifterna blir mer övervakande än operativ till sin natur kan det vara svårt att i det dagliga arbetet utveckla och upprätthålla operatörernas kunskap om anläggningen och deras förmåga att hantera oförutsedda situationer. Kompetens som inte används bleknar typiskt över tid, detta gäller såväl kunskap som förmåga, något som tycks gå olika fort för olika kompetenser (skill fade, skill decay). Möjligen kan risk för bleknande eller förtvinande kompetens identifieras och motverkas genom att införa träningsmoment i skarp miljö, eller genom att träna generell processförståelse i simulatorer som är mindre komplexa än de fullskalesimulatorer som används för att verifiera operatörernas och skiftlagens förmåga att hantera analyserade förlopp.

Det har genomförts försök med att använda AI för att underlätta för operatörer att hitta rätt instruktioner eller för att hantera situationer för vilka det inte finns några instruktioner framtagna. Forskning kan undersöka hur den utbildning och träning som operatörer får kan ta höjd för sådan utveckling utan att säkerheten påverkas negativt. Exempelvis skulle en högt utvecklad förståelse hos operatörerna om de processer som finns i ett kärnkraftverk medge användande av AI – samtidigt som operatörerna upprätthåller en medvetenhet om skeendet. Än så länge är vi nog trots allt beroende av att människan (operatören) finns tillgänglig för att ta hand om situationer där automationen fallerar.

Projektinformation

Kontaktperson SSM: Johan Enkvist
Referens: SSM2023-4428 / 4530634

Innehåll

1. Sammanfattning	2
2. Executive summary	3
3. Introduktion	4
3.1. Mål och syfte	4
3.2. Avgränsningar	4
3.3. Läsanvisning	5
3.4. Om projektet	5
3.5. Om rapportförfattarna	6
4. Teori	7
5. Metod	12
5.1. Aktionsforskning	12
5.2. Datainsamling	12
6. Observationer och rekommendationer	16
6.1. Strukturerad analys	17
6.2. Återkoppling efter träning	18
6.3. Jämförbar utvärdering över tid och mellan miljöer	21
6.4. Lärandet i vardagen	27
6.5. Erfarenhetsåterföring	28
6.6. Rekrytering och vidare karriär	31
6.7. Pedagogisk modell och individanpassat lärande	33
6.8. Utformning befattningsutbildningarna	35
6.9. Återkommande utbildning	35
7. Avslutande reflektioner	40
8. Referenser	41

1. Sammanfattning

Genom en aktionsforskningsansats undersökte detta projekt, *Analys av kompetensförsörjning och förutsättningar för accelererat lärande*, från hösten 2023 till sommaren 2024 vilka förutsättningar som idag finns för accelererat lärande av operatörer i svenska kärnkraftverk. Bakgrunden är ett förväntat tilltagande behov av kompetensförsörjning inom kärnkraftsindustrin kommande år till följd av planerad långtidsdrift. Det teoretiska ramverket accelererat lärande valdes eftersom det betraktas som en central komponent inom det mer övergripande temat kompetensförsörjning, och utifrån vad som är officiellt känt har det inte tidigare tillämpats inom svensk kärnkraft.

Studien avgränsades till den väldefinierade karriär som finns för kontrollrumsoperatörer, från nyrekryterad till reaktoroperatör, med fokus på ”kompetensresan” genom utbildning, träning, och lärande i jobbet vardag på jobbet, med syfte att identifiera potential för accelererat lärande. Datainsamlingen avgränsades av budgetskäl till verksamheten vid Ringhals Kärnkraftverk (RAB), och genomfördes i samverkan med KSU Ringhals (Kärnkraftsäkerhet och Utbildning AB) och RAB. Projektet finansierades inom ramen för Strålsäkerhetsmyndighetens (SSM) forskningsfinansiering.

Tretton individuella intervjuer och tre faciliterade workshops genomfördes med personal från alla nivåer av den operativa driften vid RAB 3/4, med KSU Ringhals instruktörer/metodutvecklare, och med en handläggare från SSM. Därtill analyserades en stor mängd dokument vid KSU/RAB jämte relevant vetenskaplig litteratur inom området. Utifrån intervjuer, workshops, SSM dokument, KSU/RAB dokument, vetenskaplig litteratur jämte författarnas expertis och erfarenhet från forskning och utveckling av metoder och verktyg för träning och utbildning i andra högt specialiserade domäner och yrken, så identifierades ett antal teman för accelererat lärande. För många av de teman som identifierades, så redovisas såväl observationer av dagens status som rekommendationer där det bedöms finnas kvarvarande utvecklingspotential som kan främja accelererat lärande.

Under intervjuerna möttes projektgruppen av ett mycket öppet diskussionsklimat kring aspekter som rekrytering, grundutbildning, befattningsutbildning, återkommande utbildning, och kompetensprövning av operatörer. KSU Ringhals är en mogen leverantör av träning och utbildning, som jämte RAB driftorganisation länge guidat kontrollrumsoperatörers karriärer. Vissa av de åtgärder som rapportförfattarna identifierat har utretts tidigare, och i många fall är de redan en del av praktiken, med ytterligare utvecklingspotential. Det finns också exempel på identifierad potential där åtgärder påbörjats genom utredning, test, eller införande inom ramen för detta projekts genomförande.

Avslutningsvis, de tänkbara åtgärder och vidareutvecklingsförslag som författarna lyfter i rapporten ska ses i ljuset av att det alltid går att vidareutveckla träning och utbildning över tid.

2. Executive summary

Through an action research-based approach, this research project investigated opportunities for accelerated learning during training of control room operators in Swedish nuclear power plants (NPP) from the autumn 2023 to the summer of 2024. The background is that accelerated learning is considered a central component within the broader theme of competence management, which is projected to be a critical area for continued operations of existing reactors alongside initiatives of establishing additional reactors.

Specifically, the study was focused on the life cycle of learning for control room operators, from newly recruited process operator up to reactor operator, including all the training and learning opportunities available throughout this competence journey. Due to budget constraints, data collection was limited to the Ringhals NPP (RAB) and was conducted in collaboration with KSU Ringhals ('Kärnkraftsäkerhet och Utbildning AB') and RAB. The project was funded by the Swedish Radiation Safety Authority's (SSM) research funding.

Thirteen individual interviews and three facilitated workshops were conducted with personnel from all levels of operational activities at RAB 3/4. The project team also interviewed KSU Ringhals instructors and method developers, as well as a case officer from SSM. In addition, a large amount of documentation from KSU/RAB was analysed, along with a review of relevant scientific literature in the field. Based on the interviews, workshops, SSM documents, KSU/RAB documents, scientific literature, and the authors' expertise and experience in research and development of methods and tools for training and education in other highly specialized domains and professions, several themes for accelerated learning were identified. For many of the identified themes, both observations and recommendations are presented in the report, where remaining potential to promote accelerated learning has been identified.

During the interviews, the project team encountered a very open discussion climate regarding a range of themes such as recruitment, basic education, role specific training, recurring training, and competence assessment of operators. KSU Ringhals is a mature provider of training and education. In collaboration with Ringhals NPP they have over a long time guided the careers of control room operators through solid position-specific training and recurring education. Many of the potential actions identified by the report authors have been investigated and, in some cases, are already part of the practice at KSU and RAB to some extent. There are also examples where identified opportunities have been investigated, tested, or implemented during the project.

The opportunities for accelerated learning raised by the authors should be seen in light of the fact that training and education can always be further developed over time.

3. Introduktion

3.1. Mål och syfte

Personalens kompetens är i slutändan den viktigaste faktorn för god säkerhet och effektiv drift, i alla verksamheter. Eftersom det är många faktorer som avgör om lärandet ger förväntade effekter i operativ kompetens och förmåga, så blir träning och utbildning för att bygga upp, vidmakthålla, och vidareutveckla kompetens ett komplext och mångfacetterat område.

Syftet med föreliggande projekt var att identifiera kvarvarande potential och praktiska åtgärder som skulle kunna främja accelererat lärande, genom kartläggning utifrån baserat på vetenskaplig litteraturanalys inom träning och utbildning, intervjuer med träningsaktörer inom svensk kärnkraft, analys av dagens praktik och dokumentation, i kombination med rapportförfattarnas erfarenheter från andra jämförbara domäner.

Genom rapporten ges läsaren en översikt eller typ av karta där rapportförfattarna sammanfattar viktiga områden för kompetensförsörjning och accelererat lärande, inom kontexten svensk kärnkraft av idag. Projektet är genom sin finansiering uttryckligen avgränsat till befintlig, operativ kärnkraft i Sverige. Dock så är ämnesområdet av en karaktär där resultaten i många fall bedöms ha hög överförbarhet till eventuell framtida nyetablering av reaktorer.

Med en aktionsbaserad ansats påverkas oftast den organisation man studerar under genomförandet – resan utgör därigenom både en viktig del av målet och en central del av resultatet från denna typ av projekt. De personer som medverkar stimuleras att reflektera kring de frågeställningar som tas upp vilket kan leda till nya insikter som i sin tur medför att förbättringsåtgärder utreds, planeras, eller påbörjas redan under projektets genomförande.

3.2. Avgränsningar

Projektets kunskapsinhämtning och analys har av budgetskäl avgränsats till att specifikt fokusera på kontrollrumsoperatörernas livscykel av lärande, från rekrytering och grundutbildning till processoperatör (POP) med arbetsuppgifter ute i anläggningen (tidigare kallat stationstekniker, STT) vidare till kontrollrumsbefattningar som turbinoperatör (TOP), assisterande reaktoroperatör (ARO), och reaktoroperatör (ROP).

Utöver personal ur driftverksamheten vid RAB 3/4 som själva genomgått denna resa, så har även instruktörer och metodutvecklare vid KSU Ringhals involverats i arbetet. Trots avgränsningen till kontrollrumsoperatörer är många av frågorna i projektet relevanta även för andra specialiserade yrkeskategorier vid ett kärnkraftverk (eller i andra jämförbara domäner). Ramfaktorer medförde dock att avgränsning var nödvändig för en fokuserad datainsamling och analys, därav begränsades projektet till kontrollrums perspektivet vid ett av verken. Även om det kan finnas skillnader lokalt inom ett verk respektive mellan verk, så bedömer rapportförfattarna att huvuddelen av projektets observationer och rekommendationer, om inte till fullo så åtminstone till del, bär relevans även för andra roller inom verket (RAB) samt för övriga svenska kärnkraftverk. Detsamma torde även gälla även eventuell framtida nyetablering av reaktorer.

3.3. Läsanvisning

Bred analys: den breda analys som genomförts inom projektet inkluderar betydligt mer än den återkommande utbildningen, som i dagligt tal ofta benämns *återträning*. Denna genomförs två veckor per år (en vecka vår resp. höst) för alla kontrollrumsoperatörer, genom en kombination av lektioner och träningspass i simulator. Den återkommande utbildningen är utan tvekan en stor och viktig del av KSU uppdrag och leverans till kontrollrumsoperatörernas vidmakthållande och utveckling av kompetens inom befattning, över tid. Dock så finns det många andra centrala frågor med relevans för ämnesområdet accelererat lärande, och analysen har därför breddats till att inkludera aspekter som exempelvis rekrytering, befattningsutbildningar (initialt respektive vid övergång från en befattning till en annan), utvärdering av lärande och kompetens över tid, kvalitetsgranskning, lärande i vardagen, ("på jobbet"), och ramfaktorers påverkan.

Kontrollrumsoperatörer: för projektets analyser inkluderas POP, eftersom rollen är en del av ett skiftlag av kontrollrumsoperatörer trots att POP formellt inte är befattning i kontrollrumsmiljön (POP arbete utförs ute i anläggningen snarare än i kontrollrummet). Dock utför POP arbete i nära samverkan med övriga skiftlaget (i kontrollrummet), och de utgör även den huvudsakliga rekryteringsbasen för framtidens kontrollrumsoperatörer.

G-SIM: när rapporten refererar till G-SIM så inkluderas både G-SIM och det som benämns G-SIM LAB. Det är kombinationen av den pedagogiska modellen tillsammans med den tekniska simulatorförmåga rapportförfattarna åsyftar och beaktar, snarare än enkom den tekniska implementationen av simuleringen.

Fokus på kvarvarande potential: fokus under datainsamlingen har varit att identifiera möjlighet till kvarvarande potential kring accelererat lärande genom fortsatt utveckling av aspekter som direkt eller indirekt påverkar livscykeln av lärande under en kontrollrumsoperatörs kompetensresa. I redovisningen saknas därför mycket av det som redan fungerar väl och där det inte bedöms finnas någon eller marginell kvarvarande potential, vilket är något som läsaren uppmanas ha i åtanke. Fokus ligger i stället på områden där det bedöms finnas moderat till substantiell utvecklingspotential.

3.4. Om projektet

Projektet har genomförts på finansiering från SSM forskningsmedel inom reaktorsäkerhet med öppen inriktning, som utlystes i februari 2023. Forskningsförslaget var således sprunget från genomföraren och inte en av SSM uttryckligen efterfrågad inriktning. SSM ärendebeteckning för projektet är SSM2023-4428.

Det formella slutseminariet för projektet levererades under oktober 2024 i SSM lokaler i Solna. Seminarium för återkoppling och kunskapsspridning till driftsledning vid RAB 3/4 samt personal vid KSU Ringhals levererades även det under oktober 2024. Rapportförfattarna vill uttrycka sin tacksamhet till de som tagit sig tid att medverka och bidra genom att öppet svara på frågor samt dela med sig av erfarenhet och reflektioner kring träning och utbildning genom att engagerat delta i de diskussioner som förts under projektet.

Ett särskilt omnämnde till Magnus Linder, förvaltare inom träning och utbildning vid KSU, tidigare kompetensutvecklare vid RAB, som stått för en central funktion avseende koordinering, grundkunskap, och erfarenhet utan vilken projektet blivit mycket svårt att genomföra framgångsrikt.

3.5. Om rapportförfattarna

Martin Castor: filosofie doktor inom kognitionsvetenskap, med mer än 25 års erfarenhet av forsknings- och utvecklingsprojekt rörande träning av komplexa och krävande yrkesroller i ett flertal olika domäner.

Jonathan Borgvall: filosofie magister inom kognitionsvetenskap med 20 års erfarenhet av forskning- och utvecklingsprojekt rörande träning av komplexa och krävande yrkesroller i ett flertal olika domäner.

Kenth Standert: besitter 40 års erfarenhet från kärnkraftsbranschen, initialt som kontrollrumsoperatör vid RAB under tio år följt av tio år som träning- & utbildningsansvarig vid RAB. Sedermera tjugo år vid KSU Ringhals som instruktör samt teknik och metodutvecklare inkl. utveckling och vidmakthållande av de SAT-analyser ('Systematic Approach to Training') som ligger till grund för utbildning, träning, och återkommande utbildning av kontrollrumsoperatörer.

4. Teori

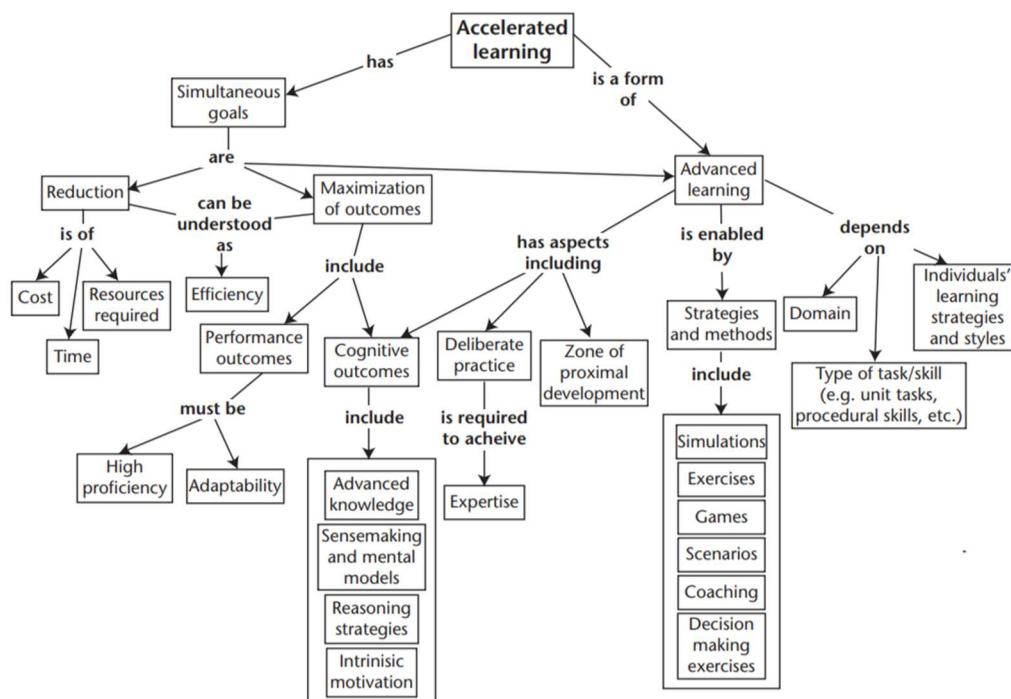
Lärande är ett mycket komplext område, såväl avseende forskning som operativt genomförande. Rapportens syfte är inte att på ett uttömmande sätt beskriva forskningen kring träning, utbildning, och accelererat lärande. Utmärkta översikter finns redan i exempelvis Salas & Cannon-Bowers (2001), Aquinis & Kraiger (2009). Salas, Tannenbaum, Kraiger, & Smith-Jentsch (2012), Artman, Borgvall, Castor, Jander, Lindquist, & Ramberg (2013), Ostrowski Martin, Kolomitro, & Lam (2014), Ericsson, Hoffman, Kozbelt, & Williams (2018), samt Ford (2021).

Rapportförfattarna har genomfört forskning och implementation av metoder och verktyg för alla moment vid analys, design, implementation, genomförande, och utvärdering av träning och utbildning i ett antal olika domäner och för komplexa, högt specialiserade yrkesroller de senaste 25 åren. Huvudsakliga perspektiv och vetenskaplig teoribildning som varit centrala i tidigare arbete, och för detta projekt:

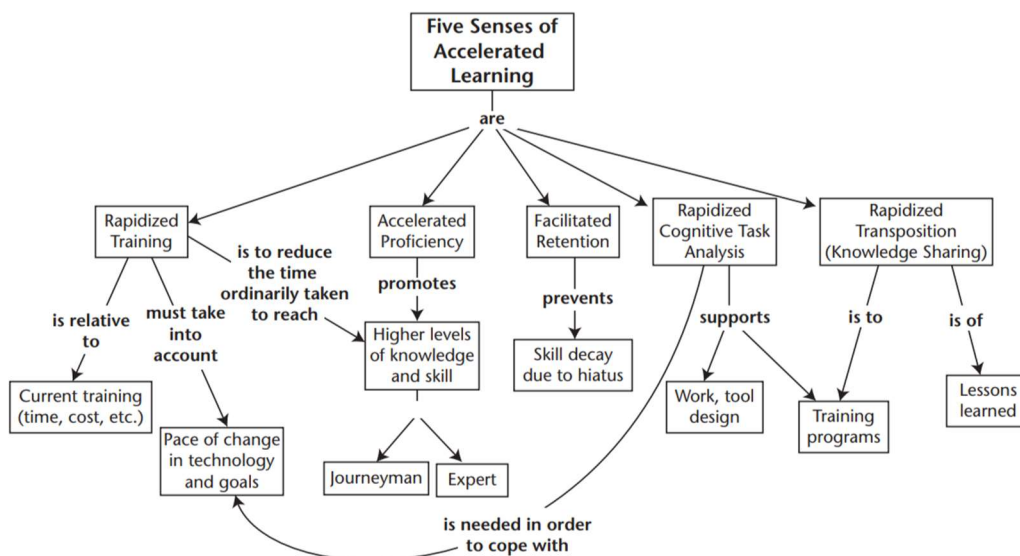
- Experiential Learning (e.g., Kolb, 1984; Kolb, Boyatzis & Mainemelis, 2001)
- Deliberate Practice (e.g., Ericsson, Krampe, & Tesch-Römer, 1993)
- Accelerated Expertise (e.g., Hoffman et al., 2014)
- Guided Practice (e.g., Bisbey, Traylor, & Salas, 2021)
- Teamwork (e.g., Tannenbaum & Salas, 2021)
- High Reliability Organizations (e.g., Weick, Sutcliffe, & Obstfeld, 1999)
- Conditions of learning (e.g., Gagné, 1985)
- First Principles of Instruction (e.g., Merrill, 2002)
- Situated Learning (Lave & Wenger, 1991)
- Blooms taxonomy of educational objectives (e.g., Bloom, Englehart, Furst, Hill & Krathwohl, 1956; Anderson & Krathwohl, 2001)
- Kirkpatrick's training evaluation levels (e.g., Kirkpatrick, 1954; Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2016)
- Training criteria (e.g., Alliger et al., 1997)
- Skill decay/Skill fade (e.g., Arthur, Day, Bennett & Portrey, 2013; Deighton et al., 2023)
- Instructional Design (ID)/Instructional Systems Design (ISD)¹ (e.g., Branson et al., 1975; IAEA, 2021)

För projektets syften har den modell för accelererat lärande som presenteras av Hoffman et al. (2014), se Figur 1 och Figur 2, använts som teoretisk utgångspunkt eftersom den visar på bredden i begreppet och utgör en lämplig, pedagogisk karta över centrala aspekter. Perspektiv och begrepp som inkluderas i modellerna nedan har således utgjort kärnan av projektteamets utgångspunkt i analysen genom att det påverkat vilken typ frågor och diskussionsämnen som särskilt belysts under intervjuer och workshops.

¹ I synnerhet avseende den s.k. ADDIE-modellen.

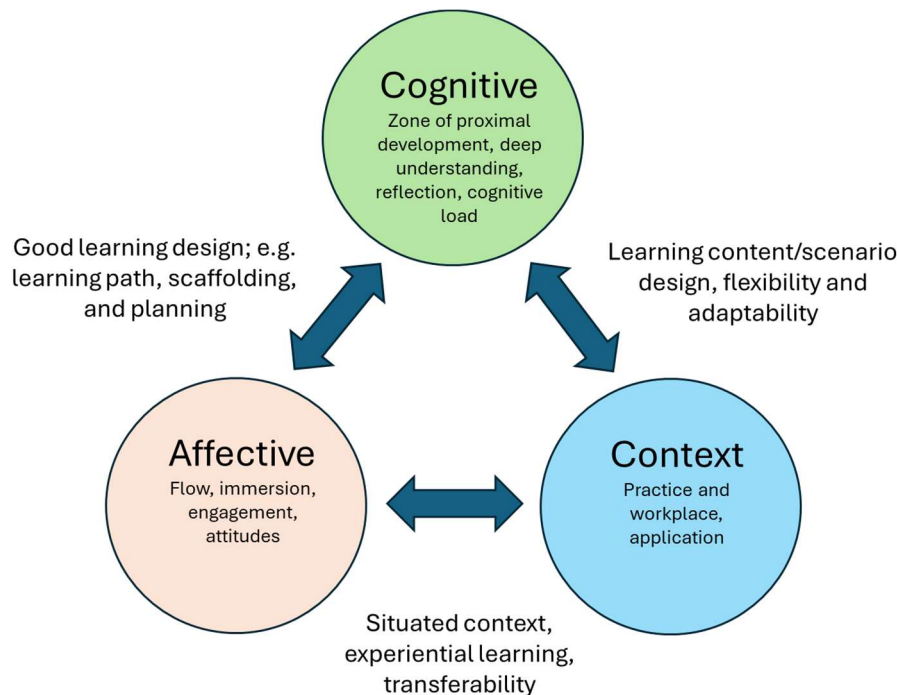


Figur 1: Modell av begreppet accelererat lärande (återgiven baserat på Hoffman et al., 2014).



Figur 2: Fem aspekter av accelererat lärande (återgiven baserat på Hoffman et al., 2014).

Figur 2 är viktig att förstå eftersom den visar att det i begreppet accelererat lärande ingår mer än att bara leverera "samma lärande på kortare tid", så till vida att begreppet innefattar att accelerera lärande med bibehållen eller förhöjd kvalitet och effekt. Petersen et al. (2019) presenterar en alternativ teoretisk modell över begreppet i sitt 'Accelerated Learning Framework' (ALF), se Figur 3.



Figur 3: Accelerated Learning Framework (återgiven baserat på Petersen et al., 2019).

Modellerna från Hoffman et al. (2014) och Petersen et al. (2019) kompletterar varandra och ger båda ledtrådar till aspekter kring lärande som utifrån ett teoretiskt perspektiv bör belysas om man intresserar sig för accelererat lärande. Exempelvis kan man i syfte att främja accelererat lärande fråga sig vilka praktiska åtgärder som kan övervägas av/för olika intressenter som exempelvis driftsledning, kravställare, leverantör, och deltagare.

En orsak till att forskning kring vuxet lärande är så komplex är att behoven och den mest optimala utformningen beror på många faktorer, som exempelvis elevens kunskapsnivå, motivation, och tillgång till miljöer för lärande. Enkla och allmängiltiga svar går sällan att ge. Detta beror delvis på att behov ("vad") och lämplig utformning ("hur") förändras över tid allt eftersom en person som tränas eller deltar i utbildning och därmed ökar sin förståelse över tid. Jämför exempelvis med den resa mot expertis som beskrivs av Dreyfus & Dreyfus (1980) som använder sig av fem steg: novis, avancerad nybörjare, kompetent, expert, och mästare, samt deras beskrivning av hur analysförmåga och sätt att agera skiljer sig åt beroende på vilken nivå man befinner sig på, vilket i sin tur påverkar behov och upplägg av träning och utbildning. Notera att det finns många varianter av denna modell kring vad som skiljer sig mellan beteendet på olika nivåer. Poängen här är dock att komplexiteten och svårigheten i att ge entydiga svar på vad som är ett optimalt upplägg för lärande beror på att behoven är föränderliga under en livscykel av lärande. I Hoffman et al. (2014) presenteras dock några generella principer:

- *Training is generally more effective if the initial learning is about domain concepts and principles rather than specific details of tasks and procedures.*
- *Training at advanced levels (training to perform in dynamic and complex domains where tasks are not fixed) is generally more effective if it involves extensive practice on realistic examples or scenarios (e.g., problem-based learning).*
- *Training has to balance giving and withholding of outcome and process feedback to achieve optimal learning at different stages of advancement.*

- *Training at intermediate and advanced levels benefits significantly from experience at challenging problems or cases, the ‘desirable difficulties.’ Short-term performance might suffer, but longer-term gains will emerge.*
- *Mentoring is valuable and critical for advanced learning, because it provides opportunities to receive rich process and outcome feedback as learners encounter increasingly complex problems. However, mentoring is not always necessary in advanced stages of learning.*
- *Training using intelligent tutoring systems and serious games (virtual reality systems) (ex. simulatorer, författarnas tillägg) can be highly effective.*

Koedinger, Booth, & Klahr (2013) sammanfattar med precision många av de avvägningar man ofta står inför vid utformningen av ett träningsprogram, exempelvis avvägning mellan fokuserad och utspridd träning, när återkoppling bör ges, samt hur konkreta problem och exempel bör utformas. Salas, Tannenbaum, Kraiger, & Smith-Jentsch (2012) beskriver ett antal generella evidensbaserade rekommendationer för hur man maximerar effektiviteten i träning och utbildning, vilka sammanfattas i Tabell 1 nedan (i artikeln förklaras varje punkt mer ingående). Rapportförfattarnas uppfattning är att KSU är en mogen leverantör av träning och utbildning, som i någon omfattning och utformning beaktar alla dessa punkter i checklistan. Den presenteras dock nedan eftersom punkterna anses ha hög relevans i den mån träning och utbildning i framtiden kommer att utvecklas för anpassning mot nyetabletrade reaktorer (ex. SMR) samt inför ev. revision eller vidareutveckling av en existerande verksamhet.

Tabell 1: Rekommendationer för att skapa träningseffektivitet enligt Salas et al. (2012).

Before training	Conduct training needs analysis: • Conduct job-task analysis • Conduct organizational analysis • Conduct person analysis	Prepare learning climate: • Schedule accordingly • Notify employees of training and attendance policy • Prepare supervisor and leaders	
During training	Enable right trainee mindset: • Build self-efficacy • Promote a learning orientation • Boost motivation to learn	Follow appropriate instructional principles: • Use a valid training strategy and design • Provide opportunities to practice • Promote self-regulation • Incorporate error into training	Use technology wisely: • Use computer-based training correctly • Provide structured user control • Enhance learning through simulations
After training	Ensure transfer of training: • Remove obstacles • Provide tools/advice to supervisors • Encourage the use of debriefs and other reinforcements	Evaluate training: • Clearly specify the purpose • Consider evaluating at multiple levels • Precisely link to training needs	

I Salas, Reyes, & Woods (2020) beskrivs på motsvarande generella plan återkommande, övergripande frågor kopplat till ett arbetslags träning, se Tabell 2.

Tabell 2: Återkommande frågor kring träning enligt Salas et al. (2020).

Before training	What needs to be trained? • Attitudes • Behaviour • Cognition	Is the organization ready to train their teams? • Positive climate • Buy-in from leaders • Motivated trainees
During training	What does a training program look like? • Type of trainer • Location (on vs off-site) • Spaced vs massed	How will the training be delivered? • Information • Demonstration • Practice • Feedback
After training	Does the training work? • Reactions • Learning • Behaviours • Results	Will the training last? • Supportive transfer climate • Continual feedback • Refresher training

5. Metod

5.1. Aktionsforskning

Greenwood & Levin (1998), Dickens & Watkins (1999), och Stringer & Ortiz (2021) beskriver det angreppssätt för analys av komplexa sociotekniska system som kallas aktionsforskning. Föreliggande projekt är ett exempel på aktionsforskning, där forskningsaktiviteterna i hög utsträckning genomförs tillsammans med den organisation och de individer som studeras (populationen). Aktionsforskning präglas av en gemensam kunskapsgenerering mellan forskningsutförare och population, i detta fall driftsledning/-personal i kontrollrummet vid RAB 3/4 respektive instruktörer och metodutvecklare vid KSU Ringhals. Aktionsforskningsprojekt påverkar därför ofta direkt studieobjektet under genomförandet medelst de diskussioner och kunskapsinhämtande aktiviteter som genomförs.

Aktionsforsknings syfte är med den bakgrunden att bidra till positiv förändring, eller åtminstone förutsättningar och rekommendationer för det, inte bara efter utan även under genomförandet (jmf. med att neutralt betrakta en organisation under genomförande och i efterhand redovisa resultaten).

5.2. Datainsamling

Intervjuer & workshops: efter en introduktion av projektet och dess syfte gentemot KSU centralt och lokalt RAB/KSU Ringhals, följt av intern dialog bland annat på det Nationella Utbildningsrådet (NUR), så genomförde projektet 13 individuella intervjuer och tre uppföljande, faciliterade workshops med totalt sex deltagare från RAB 3/4 resp. KSU Ringhals (utöver projektgruppen bestående av de tre rapportförfattarna och koordinatören från KSU Ringhals). Till detta även en större antal samordningsmöten och kunskapsspridningstillfällen (fler än 10) med förvaltaren inom träning och utbildning vid KSU Ringhals.

Under perioden december 2023 till mars 2024 genomfördes 12 individuella intervjuer, med personer som valdes ut av forskningsteamet i samverkan med KSU Ringhals koordinatör, för att få en bred representation av olika ledningsnivåer: fem intervjuer med personal inom driften av RAB 3/4 och sju intervjuer med instruktörer och metodutvecklare vid KSU Ringhals. I syfte att inkludera ett myndighetsperspektiv genomfördes även en intervju med handläggare vid SSM som arbetat med kompetensrelaterade frågor i aktuella föreskrifter inom området (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2021).

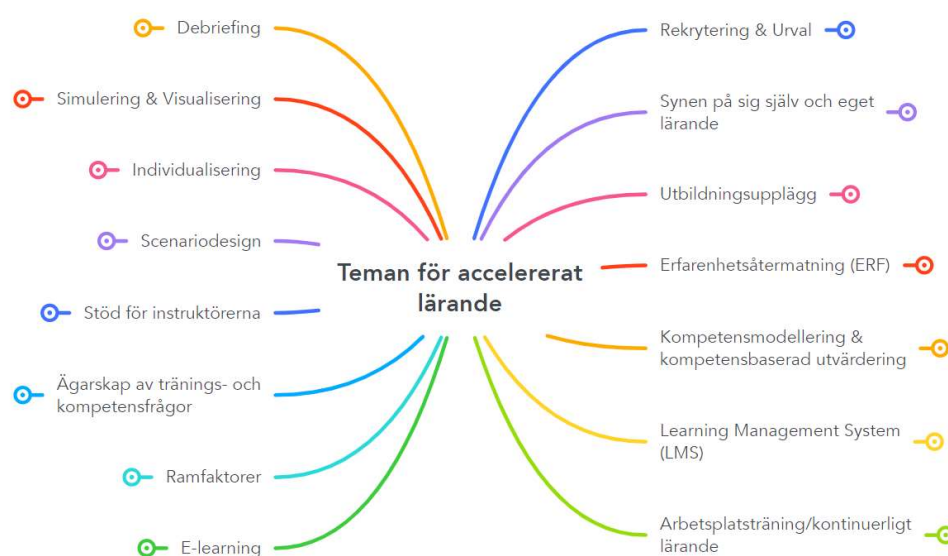
Bland den operativa driftspersonalen vid RAB 3/4 intervjuades produktionschef, driftchef, två biträdande driftchefer, och en skiftchef (med kompetensansvar för skiftlag). Vid KSU Ringhals intervjuades sju instruktörer, med olika ansvar inom metod, teknik, och kursutveckling (utöver att de alla levererar träning och utbildning i rollen som instruktör).

Intervjuerna tog ca 1.5 timmar per tillfälle. Projektets utpekade kontaktperson och koordinatör vid KSU Ringhals deltog vid samtliga intervjuer, förutom intervjun med SSM handläggare, och tillhandahöll mycket bakgrundskunskap både före, under, och efter intervjuerna. Från projektets sida deltog tre personer enligt beskrivningen i stycke 3.5.

Intervjuerna var av semistrukturerad karaktär, vilket innebar att efter en introduktion till projektet och dess syfte fortsatte intervjuerna med några inledande, förberedda frågor baserat på respektive deltagares roll och erfarenhet. Därefter, och ofta relaterat till deltagarens svar på de inledande frågorna som anpassats mot individens erfarenhet och roll, förlöpte en friare dialog med fokus på kvarvarande potential med relevans för accelererat lärande inom ramen för en kontrollrumsoperatörs kompetensresa, från nyanställd till reaktoroperatör. Frågeställningarna rörde sig över alla typer av inläringstillfällen under en karriärs livscykel av lärande, från rekrytering och befattningsutbildningar (POP, TOP, ARO, ROP) och de halvårsvis återkommande utbildningstillfällena med kompetensprövning, till aspekter av lärande i vardagen såsom exempelvis 'pre-job briefing/debriefing' (PJB/PJD), arbetsplatscoaching (APC), och praktiska kompetensprov (PKP).

Intervjudeltagarna fick före intervjun en introduktion till projektets och intervjuens syfte via en presentation och stimulerades också på förhand med den karta över teman för accelererat lärande som växte fram under projektet, se Figur 4².

Allt eftersom intervjuerna genomfördes samlades en mängd utsagor från de intervjuade kring olika aspekter som påverkar lärande. Dessa klustrades av rapportförfattarna och bildade en minneskarta där första nivån visas i Figur 4. Minneskartan användes som ett stimuli för att initiera diskussionen, efter vilket den fortsatta intervjun baserades på respons från deltagaren samt de särskilda intresseområden som identifieras av forskningsteamet på förhand sett till deltagarens erfarenhet och nuvarande roll. Samtliga deltagare gavs också möjlighet att själva reflektera fritt kring ämnet. De intervjuade fick således inte exakt samma stimuli under intervjuerna eftersom minneskartan och vilken typ av frågor som belystes alltså förändrades något efter hand allt fler intervjuer genomförts.

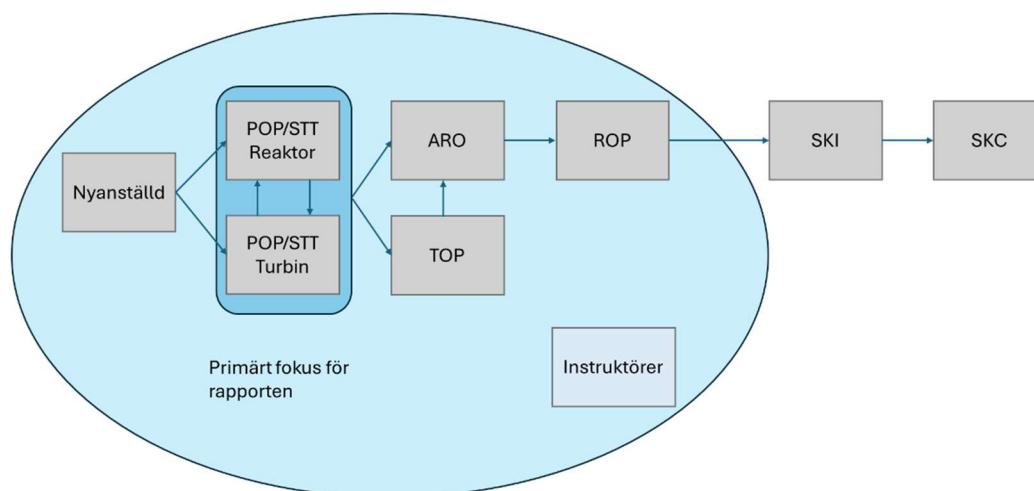


Figur 4: Karta över identifierade teman rörande accelererat lärande³.

² Notera att rubrikerna som används vid redovisning av observationer och rekommendationer i avsnitt 7 inte hundra procentigt är de samma, men de är sprungna ur det som syns i Figur 4.

³ De teman och åtgärder som identifierades under intervjuerna är av olika karaktär och magnitud. Rapporten redovisar det material som intervjuerna identifierat, utan att hävda att det nödvändigtvis är heltäckande.

Diskussionen under intervjuerna har rört sig från det att en person är nyrekryterad för POP-utbildning vidare till allt högre befattningar i det centrala kontrollrummet, vilket översiktligt illustreras i Figur 5. Under dessa olika delar av karriären genomgår en person ett antal olika tränings- och utbildningsprogram, där huvuddelen av diskussionerna rört sig kring befattningsutbildningar till POP, TOP, ARO och ROP samt återkommande utbildningstillfällen inom respektive befattning, kompetensprövningar, och lärande i vardagen (PJB/PJD, APC, PKP).



Figur 5: Faser i en kontrollrumsoperatörs karriär som varit i fokus under datainsamling och analys.

Dokumentgranskning: inom ramen för projektet har KSU Ringhals och RAB driftsorganisation gett projektdeltagarna möjlighet att gå igenom ett stort antal dokument som berör träning och utbildning på olika nivåer. Utöver det så har ett flertal dokument från SSM, IAEA⁴, och WANO⁵ studerats. Sammanställning av dokument som projektmedlemmarna bekantat sig med i olika utsträckning redovisas i Tabell 3.

⁴ IAEA, International Atomic Energy Agency, <https://www.iaea.org/>

⁵ WANO, World Association of Nuclear Operators, <https://www.wano.info/>

Tabell 3: Dokument som berörts under datainsamling och analys.

RAB	Kompetens- och behörighetsprövning av processoperatörer och kontrollrumspersonal
RAB	Kompetensbedömning i Simulator
RAB	Driftmannaskap
RAB	Cykliska programmet
RAB	Arbetsplatscoachning
RAB	Chefers observationer av utbildning
RAB	Metod för effektutvärdering
RAB	Riktlinjer för NDP kompetensråd (DUR)
RAB	Riktlinjer för Erfarenhetsåterföring mellan KSU och Ringhals
RAB	Identifiering av anläggningsändringar som påverkar driftutbildning och/eller simulator
RAB	Human Performance (HuP) träning och uppföljning
KSU	Simulatorhandbok
KSU	Körhandledning ÅT 23a Pass1.1
KSU	Utbildningsplan för grundutbildningar och återträning
KSU	Utbildningsprogram för POP och operatörer. (Blockschema)
KSU	Processen Återkommande utbildning (inkl. koppling till SAT-analysen)
KSU	Schema Återkommande utbildning
KSU	S5-Processerna
KSU	Processen instruktörsutbildning
SSM	SSMFS 2018:1 Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om grundläggande bestämmelser för till-ståndspliktig verksamhet med joniserande strålning
SSM	SSMFS 2021:6 Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om drift av kärnkraftsreaktorer
WANO	WANO Guide 2008-02 Guidelines for Simulator Training
IAEA	IAEA SAT-Manual NG-T-2

6. Observationer och rekommendationer

Notera att KSU för nuvarande driver initiativet *Framtidens Utbildning*, som adresserar eller kommer adressera flera av de teman för accelererat lärande som beskrivs i rapporten. Flera av de personer som intervjuades var inblandade i olika delar av detta initiativ, vilket berör många punkter som exempelvis vidareutvecklade upplägg för befattningsutbildningar, utvärderingsmetoder, stödteknologier som exempelvis utvärderingsverktyg, simulatorer, och 'e-learning'. Enligt nuvarande plan drivs initiativet fram till 2028. Eftersom implementering och effekter av den vidareutveckling som sker inom *Framtidens Utbildning* inte kan observeras i dagsläget, så kunde rapportförfattarna inte heller göra en bedömning av hur rekommendationerna i detta avsnitt har hanterats eller framgent planeras att hanteras som konsekvens av projektet *Framtidens utbildning*.

I Tabell 4 presenteras en kortfattad sammanställning av temaområden med observerad, kvarvarande potential för accelererat lärande som identifierats under projektet tillsammans med exempel på rekommenderade åtgärder för varje temaområde. Respektive temaområde och alla dess rekommenderade åtgärder beskrivs mer omfattande längre fram i rapporten.

Tabell 4: Sammanställning av observerad, kvarvarande potential och rekommenderade åtgärder.

Temaområde med observerad, kvarvarande potential	Rekommenderade åtgärder till stöd för accelererat lärande
6.1 Strukturerad analys	- Håll SAT-analysen levande med 'graded approach', och komplettera analysen med förståelsemål - Behåll SAT kompetens inom KSU. Tillse att verken också har SAT kompetens
6.2 Genomgång efter övning / återkoppling	Fortsatt utveckla metod och verktygsstöd för genomgång efter övning / återkoppling
6.3 Jämförbar utvärdering över tid och mellan miljöer	Fortlöpande uppföljning av individuell kompetens baserat på en kompetensmodellsbaserad utvärdering
6.4 Lärandet i vardagen	- Utvecklingsplaner för individ och team med åtgärdsplan och kontinuerlig uppföljning. Öka möjligheterna att arbeta med konceptet FUE (före-under-efter) i genomförande av utbildning/träning - Vidmakthåll och utveckla användningen av PJB, PJD, och APC - Utred om handledarutbildning ska återinföras - Skapa/värna möjligheten att gå bredvid och verkligen få tilllämpa kunskaper/färdigheter från befattningsutbildning, exempelvis genom handledning vid arbete i normal drift som del av utbildningsperioden
6.5 Erfarenhetsåterföring	- Rapportera 'good practices' i ERF, inte bara avvikelser - Vidareutveckling verktygsstöd för ERF
6.6 Rekrytering och vidare karriär	- Utveckla urvalsmetoden, exempelvis införa tester på faktisk kompetens, exempelvis i matematik, inte bara kontrollera behörighet - Skapa projekt kring kunskapsspridande och intresseväckande spel/simulatorer som riktar sig till allmänheten
6.7 Pedagogisk modell och individanpassat lärande	- Fortsatt utveckling av så kallade pedagogiska vyer i G-SIM - Utbilda flera instruktörer på G-SIM pedagogiken - Tillgängliggör G-SIM station nära verkens kontrollrum

	• Skapa ett forskningsprojekt som empiriskt studerar skillnader mellan inläringen i de olika miljöerna
6.8 Utformning befattningsutbildningarna	• Överväg uppdelad utbildning för TOP och ROP, med en fas 1 av befattningsutbildning i tillräcklig omfattning för godkännande att arbeta operativt i ny befattning, följt av ett avslutande moment med fördjupad utbildning i en fas 2
6.9 Återkommande utbildning	• Översyn av det cykliska programmet • Möjliggör befattningsvis träning

6.1. Strukturerad analys

Hoffman et al. (2014) tar i Figur 2 upp 'Rapidized Cognitive Task Analysis' som en central del i accelererat lärande, och med det avses att ett sätt att skapa förutsättningar för accelererat lärande är att förbättra analysmetoder som kartlägger de arbetsuppgifter exempelvis en operatör i ett kärnkraftverk behöver utföra. I kapitel 3 av SSMFS 2018:1 *Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om grundläggande bestämmelser för tillståndspliktig verksamhet med joniserande strålning* (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2018) framgår i 10 § följande krav avseende systematisk kompetenssäkring:

"Det ska säkerställas att de som arbetar i verksamheten har den kompetens och lämplighet i övrigt som behövs för arbetsuppgifter som har betydelse för strålsäkerheten.

Den kompetens som behövs inom verksamheten och den kompetens som finns tillgänglig ska på ett systematiskt sätt identifieras och dokumenteras.

Om det behövs för att uppnå och upprätthålla den kompetens som är nödvändig, ska utbildningar genomföras eller andra åtgärder vidtas."

Dessa krav utvecklas specifikt för kärnkraftverk i kapitel 3 av SSMFS 2021:6 *Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om drift av kärnkraftsreaktorer* (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2021), se avsnitt 6.3. och 6.9. nedan.

Uppdatering av befintlig SAT-analys: i SAT-Manual NG-T-2 (IAEA, 2021) beskrivs de senaste rekommendationerna kring att arbeta med SAT-metoden, genom en så kallad 'graded approach'. En avsevärd investering har historiskt gjorts gällande SAT-analyser. Det är centralt att analyserna såväl förvaltas som uppdateras och vidareutvecklas över tid, för att säkerställa att kompetensen upprätthålls och vidareutvecklas över tid.

Förvalta kompetens avseende SAT-analys: kompetens rörande SAT vid KSU, och verken (ex. för kravställning och utvärdering), måste likt analysen förvaltas och vidareutvecklas över tid. Befintliga analyser har till stor del genomförts av personal som inte längre finns kvar i verksamheten.

Anpassa befintlig SAT-analys till 'graded approach': när befintliga SAT-analyser utfördes gjordes ingen skillnad på grundläggande och specifika kompetenser. Därför innehåller befintliga arbetsuppgiftsanalyser (AU) mycket detaljerade kunskaper, färdigheter, och attityder (KFA). Syftet med 'graded approach' (på svenska benämnt *anpassad tillämpning*) är att förenkla analyserna (utan att göra avkall på kvalitén) i syfte att effektivisera förvaltning och uppdatering över tid. Därtill kommer behovet att tydligare definiera grundläggande kompetenser som är relevanta för många AU inom ett område eller system. Dessa KFA kan då samlas under ett eget kompetensområde, i stället för att direkt knytas till specifika AU. När sedan AU analyseras så identifieras vilka kompetenser, utöver de generella

kompetenserna, som utföraren måste ha för att utföra specifik AU. På så sätt kommer antalet KFA i specifika AU minskas och kunna hållas uppdaterade på ett betydligt effektivare sätt.

Exempel på grundläggande kompetenser (kunskapsbaserade; ej knutna till AU):

- Reaktorfysik
- Termodynamik
- Instrumentering
- Brandskydd
- Driftmannaskap

Eftersom 'graded approach' skiljer mellan generell och specifik AU rekommenderas att SAT-Manual NG-T-2 (IAEA, 2021) nyttjas för att i detalj se vad en analys av en specifik arbetsuppgift bör innehålla. Rekommendationen är att befintliga SAT-analyser anpassas till 'graded approach', vilket bedöms leda till bättre definierade grundkriterier och en tydligare förståelse av vad som behöver ingå i utbildningarna, vilket väntas kunna medföra ökad förståelse för utförandet av specifika arbetsuppgifter.

För kontrollrumsbefattningar syftar 'graded approach' även mot att identifiera generella kompetenser på olika nivåer. För anläggningssystem rekommenderas två typer av generella kompetenser:

- Anläggningsgenerella kompetenser (AU; oftast färdighetsbaserade)
 - omfattar en arbetsuppgift som finns för flera system eller hantering av likartade komponenter. Anläggningsgenerella AU ska hanteras på samma sätt som specifika AU och ska då i de flesta fall ha kriterier och KFA.
- Systemgenerella kompetenser (oftast kunskapsbaserade)
 - beskriver de kompetenser som är gemensamma för alla AU i berört system. Dessa bygger på en befintlig struktur. För dessa kompetenser behövs oftast inte kriterier eller KFA anges, utan endast mål.

För övriga roller på RAB bör fokus vara att uppdatera och identifiera alla AU som enligt senaste SSM föreskriften bedöms ha betydelse/särskild betydelse för strålsäkerheten (och därmed ska analyseras). Dessa roller bör analyseras på samma nivå som för kontrollrumsbefattningarna.

När det gäller övrig kompetens rekommenderas även här en 'graded approach' för att kunna nyttja analyserna till flera olika roller. De nivåer som förslagsvis kan användas är:

- Branschgemensam
- Företagsnivå
- Avdelningsnivå
- Enhets/sektions nivå
- Befattningsnivå

6.2. Återkoppling efter träning

Väl utförd genomgång efter övning eller återkoppling efter träning ('after action review/debriefing') är en central aspekt för lärande. Rall, Manser & Howard (2000) beskriver det som 'the heart and soul of training'. Gardner (2013) beskriver det också som en hörnsten och Crookall (2010) beskriver det som tillfället då träningsupplevelsen (av spelbaserat lärande eller simulering) kan resultera i lärande - och att den viktigaste delen av lärandet

kommer från effektiv återkoppling, inte från själva genomförandet av träningsmomentet i sig.

Särskilt vid träning av ett team, exempelvis ett skiftlag, är det ingen av de tränade som har helhetsbilden under själva träningspasset utan den kan bara betraktas av hela teamet under återkopplingen. Kolb (1984) anser också att lärandet primärt inte finns i själva genomförandet av ett träningsmoment, utan i den reflekterande process som sker efteråt, där återkoppling är ett mycket viktigt element. Keiser & Arthur (2021) beskriver återkoppling som 'a systematic technique that turns a recent event into a learning opportunity through a combination of task feedback, reflection, and discussion'.

En färsk sammanställning av bakgrund och teori samt en mall presenteras i Schmüser & Viale (2023). I Keiser & Arthur (2022), ges 11 rekommendationer för hur en process för återkoppling bör utformas. Tannenbaum & Cerasoli (2013) visar i sin meta-analys att effekten av återkoppling hos team som har en fungerande process presterar 25 % bättre än team där återkopplingen inte är effektiv eller är inkonsekvent.

I Villado, Winfred, & Bennetts (2009) analys rapporteras motsvarande tydliga resultat av effektiv återkoppling. Givet denna väl bevisade effekt så är detta något som bör ägnas stor omsorg. Det rekommenderas att instruktörer och deltagare ges ramfaktorer, metoder, och verktyg som maximerar effekten av återkoppling, vilket även inkluderar kontextualisering så att deltagarna tydligt förstår vilken/vilka situationer som avses ex. genom möjlighet att återuppspela nyckelsituationer för att knyta an såväl återkoppling som utvärderingsresultat, och att kommentarer som fångats under passet tydligt kan relateras till specifika skeenden och beteenden.

Kontinuerlig utvärdering och utveckling av återkopplingsprocess: vid återkoppling efter träning under återkommande utbildning i fullskalesimulatorn vid Ringhals används oftast Plus-Delta metoden av instruktörer och driftschefer, för att ge återkoppling till skiftlag. Plus-Delta metoden upplevs som funktionell av KSU och de intervjuade har inte framfört några direkta kommentarer kring detta, annat än att den psykologiska tryggheten såsom klimatet vid återkoppling generellt sett utvecklats till det bättre under de senaste åren. Exempelvis så har metodtester som genomförts av KSU de senaste åren bland annat innehållit att ett skiftlag får observera ett annat skiftlag som tränas och därefter ge återkoppling. Detta koncept ger en bra erfarenhetsöverföring mellan skiftlagen samt bidrar till ett öppnare och tryggare klimat.

Här rekommenderas att undersöka vilka förutsättningar som behövs för att återkoppling ska skapa och stimulera lärande, och bidra till ökad transfer in i arbetet i vardagen. Kompetensen reflektionsförmåga är central för effektiv återkoppling, såväl i stunden för genomförande som för dess effekter på längre sikt. Detta bör beaktas och vara ett eget fokusområde i samband med utbildning. Exempelvis genom att använda systematisk reflektion i direkt anslutning till simulatorpassen för att skapa goda förutsättningar för återkoppling, och främja fortsatt lärande i vardagen. Reflektionsförmåga är också en viktig faktor för att främja transfer mellan utbildnings-/träningsmiljö och operativt arbete i befattning. Återkopplingen bör även varieras för att inte de som tränas ska avstanna i utvecklingen, utan fortsätta utmanas och stimuleras gällande sin reflektionsförmåga. Detta behöver kunna takas med skiftlagets mognadsgrad. Det är även centralt att återkoppling kan varieras för att främja lärdomar både för individ och grupp.

Tid och struktur för återkoppling: utifrån intervjuer, och i linje med SAT, framgår att tiden för återkoppling är den allra värdefullaste under ett pass i simulatorn. Studien visar tydligt på vikten av att denna återkoppling måste värnas så att återkoppling kan genomföras så effektivt och strukturerat som möjligt, utan stress. Nivån på den återkoppling som ges vid halvårsvis återkommande utbildning (en vecka under vår resp. höst) har ökat markant, både från instruktörerna och därtill även kursdeltagarna emellan, vilket leder till ett mer öppet klimat där man vågar blotta eventuella kunskapsluckor. En utveckling av återkopplingen som används vid återkommande utbildning, åtminstone för vissa pass, som bedöms ha potential för accelererat lärande är att använda en fylligare metod, enligt den typ av rubriker och frågor som beskrivs i Tabell 5. Den diskussion som uppstår genom Plus-Delta frågorna rymmer oftast en delmängd av dessa frågor någonstans under återkopplingen, men om den typen av frågor kan göras mer explicita för att gå mot mindre diskussion av vad som hände under passet och mer mot att besvara frågorna som visas i Tabell 5, så skulle effekten i lärandet potentiellt kunna ökas.

Tabell 5: Exempel på debriefing protokoll från Schmüser & Viale (2023).

Fråga	Djupare förklaring	
What was expected to happen?	What was the original goal? What were we supposed to save?	
What actually happened?	What were the actual results? What did we actually save?	
Why did it turn out the way it did?	Focus on what, not who.	
What can be improved and how?	Focus on what can actually be influenced?	
What can we spread further?	Can others learn from this? Who/which people? How shall we spread it further?	
Keep doing	Stop doing	Start doing

Följ vetenskapliga rön inom 'teamwork': Tannenbaum & Salas (2021) beskriver i sin bok *'Teams that work'* sju stycken nyckelfaktorer, se Tabell 6, för 'teamwork' baserat på mycket omfattande forskning (170 tidigare modeller av teamwork och 1 000 vetenskapliga referenser), som bedöms kunna utgöra en solid bas i en mer teoridrivna återkoppling (även om flera av nyckelfaktorerna inte behöver beaktas efter varje träningstillfälle). Relevanta vetenskapliga rön bör identifieras och övervägas/utvärderas med avseende på om/hur/varför det kan/bör implementeras i verksamheten.

Tabell 6: 7C modellen av teamwork Tannenbaum & Salas (2021).

Nyckelfaktor i 7C modellen	Nyckelfrågor
Capability	Does our team have the right people on it with the right mix of individual and team knowledge, skills and attributes)
Cooperation	Do team members possess the right attitudes and beliefs about teaming and our team
Coordination	Is our team consistently demonstrating teamwork behaviours ?
Communication	Are team members sharing info effectively with each other and with those outside of the team?
Cognition	Do team members possess a shared understanding about priorities, roles, vision, if-then, etc.?
Conditions	Are the necessary conditions in place to enable our team to work together and succeed?
Coaching	Are our team leader and/or other team members demonstrating leadership behaviours that help the team "win"?

Teknikstöd inför och under återkoppling: tidigare försök att använda teknikstöd som exempelvis videoinspelningar under återkoppling har gjorts vid KSU, men tekniken har upplevts som alltför omständlig att använda inom ramen för de tidsförhållanden som råder kring passen i samband med återkommande utbildning och kompetensprövning. Återkoppling inleds oftast inom 15 minuter från att passets avslutats, vilket medför att det är kort om tid för driftchef och instruktör(er) att analysera och sammanställa all sin återkoppling till skiftlaget. Här bedöms det finnas en potential med modernare verktyg för ex. annotering (dvs. funktioner som gör att driftchef och instruktör(er) effektivt och tidssynkroniserat kan markera en intressant sekvens under utförandet, kommentera, och sedan vid återkoppling snabbt visa upp den som underlag för diskussion), tillsammans tidssynkroniserad logging av olika utvärderingsmått och datakällor (såväl från observatörsbedömningar som systembaserade mått). Sådana verktyg kan avsevärt minska tidsbehovet för såväl förberedelser som genomförande, och bidra till mer kontextualiserad och effektiv återkoppling.

“Ett perfekt genomförande”: många av de frågor som diskuteras under återkoppling berör samarbete och kommunikation mellan medlemmar i skiftlaget, snarare än specifika prestationsvariabler där det är rättframt att beskriva ett objektiva kriterium (exempelvis tid från larm till åtgärd slutförd). Det kan dock finnas ett värde i att logga sådana prestationsvariabler och presentera dem vid återkopplingen. Exempelvis kan man för vissa typer av scenarier kunna spela in ”den perfekta körningen” så att individ/skiftlag kan relatera sitt genomförande.

Följ utvecklingen av AI-tillämpningar för återkoppling: användning av algoritmer från AI-området (Artificiell Intelligens) för mönsterigenkänning och sensor/datafusion pågår inom kärnkraften, se exempelvis Castor & Borgvall (2019), såväl som i resten av samhället. På forskningsfronten förekommer flera projekt som väger ihop olika typer av operatörsrelaterade datakällor i syfte att mäta ex. prestation och arbetsbelastning. Ett aktuellt exempel redovisas i Zhang, Shadevan, Lau, & Weinger (2020), där AI-baserad fusion av flera psykofysiologiska mått som ögonrörelser, hudkonduktans, och andningsfrekvens uppges predicera 75–83% av skiftlagens prestation relaterat hur en observatör bedömer den. Utvecklingen av dylika AI-baserade utvärderingsverktyg bedöms öka starkt och bör i ett längre tidsperspektiv bevakas genom att aktivt följa den vetenskapliga utvecklingen och genomföra riktade satsningar som forskningsprojekt, marknadsanalys m.m. Utvecklingen är svår att förutsäga, men givet den kraftiga tillväxt som sker inom området är det rimligt att mer personliga digitala instruktörer inom överskådlig tid blir verklighet (ex. motsvarande de som VD för Khan Academy beskriver i sitt TED-talk⁶ kring AI-baserade personliga instruktörer). Det har forskats kring detta länge och för vissa delar av kontrollrumsoperatörens kompetens, åtminstone avseende mycket av den grundläggande kompetensen (ex. ’teamwork’ aspekter), bedöms att detta kommer bli en verklig möjlighet som nu och framgent behöver bevakas, övervägas, och utvärderas med avseende på om/hur/varför det kan/bör implementeras i verksamheten.

6.3. Jämförbar utvärdering över tid och mellan miljöer

En central aspekt för effektiv utbildning och träning är metoder och verktyg som stödjer tillförlitlig och precis utvärdering av dess effekter på lärande – exempelvis, hur utvecklas kompetensen hos personalen över tid, inom och mellan miljöer, för individ respektive grupp? Hur väl överförs effekterna från lärandemiljön till den operativa miljön, och hur

⁶ Khan (2023), TED talk om personliga AI lärare, <https://www.youtube.com/watch?v=hJP5GqnTrNo&t=14s>

länge består dessa effekter (i synnerhet för kompetens som normalt inte stimuleras i vardagen, som ex. haverier)? Dessa frågor är centrala, i synnerhet för komplexa, säkerhetskritiska miljöer som ett kärnkraftverk, eftersom personalens kompetens över tid är en nyckelfaktor för säker och effektiv drift.

I kapitel 3 av SSMFS 2021:6 *Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om drift av kärnkraftsreaktorer* (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2021) framgår i 1 § till 4 § följande kring systematisk kompetenssäkring:

”1 §. Behoven av kompetens och personella resurser för att utföra arbetsuppgifter som har betydelse för strålsäkerheten, ska vara identifierade på flera års sikt.

Det ska finnas dokumenterade planer för hur de identifierade behoven ska mötas på kort och lång sikt.

2 §. För arbetsuppgifter som har betydelse för strålsäkerheten, ska det finnas dokumenterade värderingar som för kärnkraftsreaktorn identifierar

1. de kriterier för kompetens och lämplighet i övrigt som ska vara uppfyllda för att få utföra arbetsuppgifterna,

2. hur det ska bekräftas att de som arbetar med uppgifterna uppfyller kriterierna, och

3. hur länge en sådan bekräftelse ska anses vara giltig för att säkerställa kompetens.

För arbetsuppgifter i form av manuella uppgifter som bidrar till att fullgöra de grundläggande funktionerna, ska första stycket 1 även omfatta kriterier för förtrogenhet.

3 §. Det ska säkerställas att varje person med arbetsuppgifter som har betydelse för strålsäkerheten är behörig för uppgifterna genom en värdering av om personen uppfyller kriterierna enligt 2 § och i övrigt passar för befattningen eller rollen.

Värderingen ska

1. genomföras återkommande med en frekvens som är anpassad till arbetsuppgiftens betydelse för strålsäkerheten,

2. dokumenteras på lämpligt sätt, och

3. ligga till grund för kommande värderingar.

För varje person som har arbetsuppgifter inom operativ drift eller som har befogenhet att fatta tekniskt operativa beslut ska värderingen genomföras minst en gång per år.

4 §. Sådan utbildning som behövs för att få utföra arbetsuppgifter som har betydelse för strålsäkerheten, ska tas fram, genomföras och utvärderas på ett kvalitetssäkrat sätt och med ändamålsenliga metoder.

För personer som utbildar andra ska kriterierna enligt 2 § första stycket 1 omfatta såväl fackkunskap som vuxenpedagogik.

Utbildning som har genomförts med godkänt resultat, ska för varje person dokumenteras avseende omfattning och tidpunkt.”

En viktig lärdom inom flera jämförbara domäner är sedan ca 20 år tillbaka är att utvärderingar av lärande tidigare tenderat att fokusera alltför mycket på resultat snarare än effekter på lärande, och därtill med alltför mycket fokus på hur enskilda, specifika sakuppgifter utförs i en viss sekvens. Erfarenheter från exempelvis militärt stridsflyg (Castor, Borgvall, & Bennett, 2009, Borgvall & Castor, 2010) och civil sjöfart (CSMART, 2016) visar på

mycket positiva effekter av en kombination, där arbetsuppgifter och dess tillhörande kriterier knyts till en övergripande kompetensmodell. En viktig skillnad mellan en sådan kompetensmodellsbaserad bedömning, och mer traditionella metoder, är att den förstnämnda inte enbart fokuserar på specifika bedömningskomponenter (se Figur 6 för vidare förklaring) såsom färdigheter, kunskaper, och attityder relaterat en viss händelse. Som komplement identifieras även en övergripande kompetensmodell där sådana komponenter länkas till högre ordningar av kompetenskluster, ofta uttryckta som kompetensdomäner och/eller kompetensområden, vilket är i harmoni med det som 'graded approach' inom SAT strävar efter (se avsnitt 6.1 om strukturerad analys). Genom att göra detta går bedömningen av en specifik komponent, exempelvis en viss kunskap eller färdighet för en specifik händelse, att relatera till en högre kompetensnivå, t.ex. en kompetensdomän, tillsammans med andra kompetenskomponenter som är kopplade till den kompetensdomänen, oavsett vilka specifika händelser eller handlingar som ingick under det aktuella träningsfallet.

Competency-based approach (example)			
Traditional approach (example)			
Event	Criteria	Competency Domain	Competency Area
Alarm initiates plant process analysis	1. Initiate correct use of appropriate instructions	Regulations & Work Procedures	Operator Fundamentals
	2. Ensure common understanding within the team (e.g. by meetings and note-taking)	Operational Leadership	Operator Fundamentals
	3. Back-up behaviour among team members	Teamwork	Operator Fundamentals
	4. Correct and timely identification alarm cause	System Interactions & Process Analysis	Technical Competence & Process Understanding
	5. Elaboration and selection of strategy for remediating the cause	System Interactions & Process Analysis	Technical Competence & Process Understanding
	6. Correct operational implementation of the strategy and monitoring of desired effects	System Interactions & Process Analysis	Technical Competence & Process Understanding

Figur 6: Illustration av hur en kompetensmodell och kompetensbaserad utvärdering kompletterar ett traditionellt uppgiftsbaserat angreppssätt (Borgvall, Insulander, Castor, & Markström, 2020).

Traditionella metoder fokuserar ofta enbart på specifika kompetenskomponenter, och dessa är oftast mycket intimt kopplade till arbetsuppgiften/händelsen. Även om bedömningskriterierna ofta är noggrant analyserade och väl definierade saknar de typiskt sett dessa kopplingar till högre ordningens kompetenskluster. Detta innebär att en viss färdighet eller kunskap som demonstreras vid en viss händelse inte har några kopplingar till samma eller mycket liknande färdighets-/kunskapsdemonstrationer vid en annan händelse. En konsekvens av detta är att om två olika händelser till 70 % kräver samma demonstration av en färdighet/kunskap (dvs. 30 % skiljer sig), kommer bedömningsresultaten inte automatiskt att kopplas samman i dess gemensamma bidrag till en högre ordnings kompetens. I grunden är utvecklingen av en rikare kompetensmodell, där länkar och relationer mellan olika utfö-

randekriterier, kompetenskomponenter, och bedömningskriterier görs explicita, den huvudsakliga skillnaden och enligt många den största fördelen med en kompetensmodellsbaserad metod.

I Castor, Borgvall, & Bennett (2009) beskrivs ett kompetensbaserat upplägg för att kvantifiera träningseffekter över tid samt inom och mellan träningsmiljöer, för svenska stridsflygloter. Rapportförfattarna har även gjort motsvarande typer av utvärdering vid det stora marina träningscentret C-SMART⁷. I Borgvall, Insulander, Castor, & Markström (2020) beskrivs ett forskningsprojekt inom metodutveckling avseende observatörsbaserad utvärdering av kompetens inom kärnkraft. Projektet utfördes tillsammans med KSU Ringhals och RAB i ett forskningsprojekt finansierat av SSM. I projektet anpassades och testades en metod med tillhörande verktyg för digital observatörsbaserad kompetensutvärdering, gemensamt benämnda CADDIE, i samband med återkommande utbildning vid RAB/KSU Ringhals. Projektet utvecklade en kompetensmodell baserat på befintliga SAT-analyser (AU utförandekriterier), vilken sedan utgjorde basen för design av observerbara utförandekriterier som implementerades och utvärderades med hjälp av ett digitalt verktyg med möjlighet till tidsstämplade kommentarer från observatör. Metoden och verktyget medgav utvärdering av såväl individ, grupp, och skiftlag avseende händelser (AU), operatörsprinciper, och kompetensområden (inkl. driftmannaskap) samt möjligheten att omedelbart efter passets genomförande delge resultatet i samband med återkoppling, inklusive de kommentarer som observatören noterat under och efter genomförandet.

Med lärdomar ur ovan nämnda forskningsprojekts genomförande så har KSU Ringhals sedermera bedrivit viss egen utveckling av metod och verktyg för att digitalisera bedömningar som görs vid utvärderings- och bedömningspass i simulatoren under den återkommande utbildningen. I dagsläget är detta avgränsat till utförandekriterier baserat på AU i SAT-analysen samt generella kriterier för operatörsprinciper.

Utveckling och implementation av kompetensmodellsbaserad utvärdering: i skrivande stund är det oklart om/när/hur ovan nämnda utveckling av metod och verktyg för utvärdering av lärande och kompetens fortsätter. Bedömningen är att det finns kvarvarande potential av hög relevans, som KSU Ringhals och RAB rekommenderas att adressera för den återkommande utbildningen, och i möjligaste mån även vid tillämpbara tillfällen för exempelvis befattningsutbildningar och lärande i vardagen (ex. APT/APC, PKP), baserat på nedanstående behov (vilka på olika sätt berörs ytterligare i de efterföljande avsnitten nedan):

- att uppdatera SAT-analysen, med anpassning till 'graded approach' (se avsnitt 6.1) inklusive etablering av en kompetensmodell. Kriterier som relaterar till SAT-analysen bör vara konceptuellt enkla att förstå för målgruppen. Måtten bör visualiseras när det är möjligt. Måtten bör också på förhand vara tillgängliga för de som tränas. De tränade ska kunna förstå hur de kan ändra sitt beteende för att påverka måttet. I den mån observatörs/instruktörsbaserade skattningar används måste kriterierna var observerbara, och ofta behövs ett arbete att "översätta" exempelvis operatörsprinciperna till observerbara beteenden, vilket ger mer användbara resultat än en generell skattning av exempelvis situationsmedvetande eller operatörsprincip. Arbete med att identifiera och tydligt definiera kriterier och observerbara beteenden har hög potential att leda till ökad validitet och reliabilitet (ex. interbedömmarreliabilitet dvs. att alla observatörer bedömer samma skeende på samma sätt).

⁷ CSMART, <https://www.csmartalmere.com/>

- att med kompetensmodellen som ”klistra” relatera samtliga relevanta områden i utvärdering såsom händelser, arbetsuppgifter (AU), operatörsprinciper, driftmannaskap (och ev. ytterligare kategorier av relevans) så att utvärdering inkluderar all relevant data och att resultat kan redovisas för de olika kategorierna omedelbart efter genomförande (inkl. tidsstämplade kommentarer från observatör/bedömare).
- att tillse så att informations- och datamodellen medger att följa såväl individ som grupp, över tid (oaktat om skiftlag förändras eller ej), för att medge trendning inom och mellan individer och skiftlag i syfte att adressera uppåt-/nedåtgående tendenser samt kompetensens beständighet (’retention’).
- att metod och verktyg kan tillämpas över miljöer, om än på olika detaljeringsnivå, så att det över tid finns en möjlighet att relatera resultat från olika lärandemiljöer såsom återkommande utbildning, befattningsutbildning, och lärande i vardagen, på alla nivåer av ’training criteria’ (Alliger et al., 1997; Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2016).
- att skapa en koppling mellan årligen uppdaterade utvecklingsplaner för individ och skiftlag, så att dessa kan följas upp med stöd av utvärderingsresultat från olika lärandemiljöer med avseende på de mål och åtgärder som identifierats och genomförts från år till annat (cf. ’learning management system’, LMS). Insamlade mått bör vara enkelt jämförbara med historiska mätvärden. Mått som samlas in bör automatiskt jämföras och ev. presenteras i relation till motsvarande mått som samlas under andra jämförbara träningsstillfällen.
- att skapa en tidssynkroniserad koppling mellan utvärderingsverktyget och simuleringsmiljö (G-SIM och fullskalesimulator) så att systemet kan ’prompta’ bedömningar från observatören/bedömaren så att data införd från utvärderingsverktyget och simuleringen (ex. loggning av systemparametrar med relevans för utvärdering/återkoppling) är tidssynkroniserade och i efterhand kan analyseras/presenteras på en synkroniserad tidslinje vilket i sin tur medger stöd för kontextualiserad och fördjupad återkoppling och analys. Det behöver vara enkelt att relatera insamlade mått till en tidslinje, eftersom tid är en viktig organiserande princip för att förstå en situation. Andra sätt att rangordna och ordna data kan dock också tänkas, till exempel att presentera händelser i prioritetsordning (betygsatt eller härledd enligt någon algoritm). Måtten bör representera både processen och resultatet. Särskilt för processrelaterade mått är det önskvärt att kunna presentera dem i realtid samtidigt som passet framskrider. Instruktörer ska också kunna presentera mått direkt efter att en träningssession har avslutats. Mått som är för komplexa, för beräkningskrävande, eller kräver praktisk hantering/övervakning av en ingenjör eller analytiker, är mindre sannolika att effektivt stödja träning eftersom distansen i tid från genomförande till återkoppling ökar.
- att analysera, förstå, och adressera olika användargrupperns behov och krav på data från utvärdering, som ex. de tränade, instruktörer och metodutvecklare, behovsägare, kravägare, granskare (ex. SSM, WANO), forskare, och teknikutvecklare. Vissa skillnader som påverkar insamling av data kan förväntas, men framförallt skillnader i hur (ex. jämförelser) och med vilken detaljeringsgrad de blir mest värdefulla att betrakta.

Kompetensmodellering som komplement till SAT-analys: vid KSU finns en befintlig SAT-analys med fokus på arbetsuppgifter och dess tillhörande utförandekriterier, kunskaper, färdigheter, och attityder. Som beskrivs i avsnitt 6.1 bör denna fortsätta hållas förvalta och uppdaterad samt därtill anpassas till ’graded approach’ vilket i kombination med kompetensmodellering adresserar den strukturella skillnaden mellan en traditionell händelseorienterad metod, med en kompetensbaserad metod för utvärdering. Det rekommenderas

att utöver anpassningen till SAT 'graded approach' även genomföra kompetensmodellering i relation till SAT analysen. Konsekvenser av detta är att vid utvärdering så skapas en rikare modell, där resultat kan aggregeras på många sammanhängande ledder och nivåer som ex. händelser, operatörsprinciper, driftmannaskap, och olika nivåer av kompetensmodellen.

Utvärderingsdata skuren på olika ledder och bredder: det finns och kommer sannolikt alltid att finnas behov av att analysera och redovisa data från utvärdering av lärande på olika ledder och bredder. Ibland på händelser, ibland sorterat på driftmannaskap (se punkter nedan), operatörsprinciper, en kompetensmodellsbaserad ledd, eller någon annan ledd som exempelvis beskrivs av WANO. Databaser från utvärdering behöver därför kunna skäras på olika sätt.

Ett konkret exempel på detta är utvärdering av driftmannaskap som innefattar flera olika kategorier, som alla bör/ska utvärderas och kunna redovisas gentemot olika intressenter, de som tränas och KSU/verk men även olika externa organisationer som exempelvis SSM och WANO. Detta ställer stora krav på såväl analys, modell, metod, och verktyg för utvärdering eftersom data måste kunna samlas in och redovisas för olika kategorier på ett effektivt och sammanhängande sätt.

De föreskrivna kategorierna vid RAB avseende driftmannaskap är:

- STF hantering
- Säkerhetskultur
- Beslutsfattande och problemlösning
- Felförebyggande metoder
- Genomförande av koppling
- Operatörsprinciper ('operator fundamentals', WANO, 2013)
- Reaktivitetshantering

Beroende på vem mottagaren är så bör utvärdering av samtliga kategorier kunna redovisas.

Effektmätning: inom satsningen *Framtidens utbildning* utvecklar KSU en ny metod för effektmätning. Den förefaller vara under utformning, varför det således inte varit möjligt för projektet att ta del av erfarenheter annat än en kortfattad beskrivning av syftet. Denna utveckling är mycket intressant för projektets ämnesområde, och en metod för effektmätning är enligt utsagor något som har diskuterats länge inom svensk kärnkraft. En dylik metod är givetvis central för att på ett strukturerat sätt analysera effekter på kompetens till följd av förändringar i exempelvis kursupplägg, simulatoranvändning, rekrytering, cykliska programmet, eller anläggning.

Att utveckla och implementera en metod för effektmätning är komplext. Olika typer av förändringar måste gå att fånga och det måste också finnas en modell för hur olika mått eller bedömningar hänger ihop. Modellen 'training criteria' (Kirkpatrick, 1954; Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2016) med fyra nivåer av utvärdering, 'reactions – learning – behavior – results', är flitigt använd i dylika sammanhang. Rapportförfattarna rekommenderar dock Alliger et al. (1997) som bas för ett metodförsök där modellen populeras med specifika instrument och mått som adresserar de olika nivåerna; från kursutvärderingar (ett typiskt mått på 'reactions'-nivån) till exempelvis WANO 'performance indicators' ('results'-nivån).

Kostnad för olika åtgärder måste också hanteras i metoden för att kunna driva analyser och ROI ('Return on Investment') diskussioner för att kunna sätta satsningar på träning och

personalens kompetens i relation till andra typer av satsningar. En metod för effektmätning behöver också ett sätt för att kunna kvantifiera kostnad för utbildning och träning mot andra kostnader. Att utveckla metod och instrument för effektmätning som kopplar ihop mått på de olika nivåerna konceptuellt samt analyser av data kräver sannolikt ett flerårigt, utforskande metodutvecklingsprojekt med strukturerad datainsamling (något som bör kunna bidra med mycket intressanta insikter gällande framtida utveckling av träning och utbildning).

6.4. Lärandet i vardagen

Som Salas et al. (2012) påpekar i Tabell 1 finns det ett antal processer och förutsättningar före-under-efter (FUE) träning och utbildning, som kan bidra till effektiviteten i lärandet. RAB och KSU Ringhals har under en längre tid arbetat med att utveckla det som kallas FUE, kring den återkommande utbildningen och under befattningsutbildningarna, där skiftlag och individer exempelvis får förberedelseuppgifter innan en träningsvecka, utvärdering och återkoppling under genomförandet, och individuella utvecklingsplaner efter de återkommande utbildningsveckorna.

Process för kontinuerlig uppföljning av utvecklingsplaner: utvecklingsplaner upprättas i dialog mellan driftchef, instruktör, och skiftlagsmedlem i samband med återkommande utbildning, och är tänkta att aktivt arbetas med under tidsperioden mellan tillfällena för återkommande utbildning. Under projektet har det framkommit att ramfaktorer tyvärr försvårar detta. Här bedöms det finnas god potential till att etablera en tydlig process, med avsatt tid, för att under halvåret mellan återkommande utbildningstillfällen aktivt arbeta med åtgärder och uppföljning, med kortare intervall (exempelvis kvartalsvis) i syfte att stödja lärandet. Troligen är detta en process som såväl organisation (skapa förutsättning, ex. dedikerad tid till förfogande) som individen (egenansvar/självdisciplin) och berörd chef (ex. kontinuerlig uppföljning och planering) behöver ta ett ansvar i att skapa förutsättningar och rutiner för.

'Pre-Job Briefing/Post-Job Debriefing' (PJB/PJD): vid i stort sett alla arbetsmoment i kontrollrummet och anläggningen (förutom dagligen förekommande moment som exempelvis rondning) används PJB, eller det enklare formatet "fem steg innan", som en metod för att exempelvis förbereda mer komplexa moment och på förhand analysera felförebyggande åtgärder. Efter genomförandet utförs sedan i förekommande fall en PJD, där man går igenom hur det gick, relaterat PJB, samt dokumenterar erfarenheter och lärdomar för framtiden. Oftast genomförs PJD när något moment inte gått felfritt. Rapportförfattarna rekommenderar att som utgångspunkt alltid genomföra en PJD när en PJB utförts, eftersom det är viktigt att dra erfarenheter och lärdomar även när önskat utfall uppnås utan några större utmaningar (varför gick det bra?, avvikelser från PJB?, uppkom oväntade händelser?, osv.). PJB/PJD är goda tillfällen för lärande i vardagen eftersom ingående personal, samt eventuella experter, samlas för att diskutera tillvägagångssätt, risker och erfarenheter från tidigare utföranden (PJB) – och utvärderar i efterhand (PJD), vilket bidrar till kontinuerligt lärande inte bara för den genomförande gruppen utan även för andra i den mån PJB/PJD dokumenteras på ett sätt som är tillgängligt även för andra. Kunskapsspridning inom skiftlag sker lämpligen genom samlad genomgång med hela skiftlaget rörande identifierade erfarenheter, vilket skapar bra lärotillfällen eftersom en stor samlad kunskap finns tillgänglig. Det är lämpligt att hitta en rutin för att sprida sådana reflektioner skiftlagen emellan, genom möte eller dokumentation.

Handledning under och efter utbildning: tillgången till utsedda handledare som kan hjälpa och stötta individer under utbildning är en viktig komponent i accelererat lärande,

och dessa handledare bör då vara personer som betraktas som föredömen i sin yrkesroll och som kan hjälpa till att sprida kunskap, erfarenheter, och utgöra viktiga kulturbärare för aspekter som attityd och ansvarstagande (särskilt viktigt i tidiga faser av karriären). Under utbildning till ny befattning är det även viktigt att man under utbildningstiden kan få möjlighet att "gå bredvid" en erfaren befattningsinnehavare för att ta lärdom av dennes agerande samt att efter utbildning i befattning fortsatt få 'coaching' av handledare.

Utbyte av personal: utbyte mellan driftorganisation RAB och KSU Ringhals har visat sig ge god effekt åt båda håll, åtminstone vid Ringhals. Genom att låta operatörer delta i planering och genomförande av den återkommande utbildningen får ordinarie instruktörer ökade möjligheter att vidmakthålla aktuell förståelse av hur arbetet bedrivs i kontrollrummet. Detaljer rörande praktiken i arbetet förändras allteftersom exempelvis erfarenhetsåterföring och anläggningsförändringar sker, och detta utbyte ger en god möjlighet för instruktörerna att följa detta. För operatörerna är det ofta utvecklande att delta i utbildningen från instruktörsperspektivet, eftersom de får möjlighet att se hur andra skiftlag löser sina uppgifter, och därmed stimuleras i att analysera uppgifter och genomförande på ett djupare plan än vid normalt skiftarbete.

Kontinuerlig kunskapsspridning mellan instruktörerna: kompetensen hos instruktörerna är givetvis av högsta vikt för att analysera, leverera, och vidareutveckla träning och utbildning. Instruktörerna vid alla tre verken genomgår årligen ett program med återkommande utbildning med fokus på instruktörsrollen, med erfarenhetsspridning och kunskapsutbyte kring hur man maximerar lärandet vid träning och utbildning. Den generella rekommendationen är att investering i djupare instruktörskompetens inom såväl sakkunskap som vuxenpedagogik är kritiskt eftersom instruktörernas vidareutveckling över tid kommer ge avkastning bortom dem själva, till de som genomgår utbildning och träning.

6.5. Erfarenhetsåterföring

Hoffman et al. (2014) tar i Figur 1 upp 'Rapidized Transposition/Knowledge Sharing' som en viktig aspekt av accelererat lärande. Rapportförfattarna lägger i detta in den erfarenhetsinsamlings- och återföringsprocess som vid RAB benämns ERF. ERF samlar in erfarenheter från olika typer av källor som:

- PJB/PJD
- AvÄrS/ERFKA (vilket avser verktygen vid Ringhals/Forsmark)
- Ringhals/Forsmark ERF-sida via intranät
- WANO-databas via intranät
- Norderf

AvÄrS står för avvikelse och ärendehanteringssystem, i vilken personal kan registrera in ärenden, avvikelser, och erfarenheter som ska eller bör förmedlas vidare i organisationen. En äldre beskrivning och analys av systemet återfinns i Mårtensson (2009). ERF-processen drivs primärt av Teknikkontoret (NT), och på RAB är en av de biträdande driftscheferna ansvarig för att fånga upp erfarenheter och AvÄrS-ärenden som är relevanta att återföra till den operativa driftspersonalen. Rutinen är att varje morgon gå igenom om det inkommit relevanta erfarenheter i någon av kanalerna. Primärt väljs mellan några olika sätt att återföra erfarenheterna till driftspersonalen:

- Via den ERF-kommunikatör som finns på varje skiftlag.
- Via arbetsschemat för skiftlaget, där det ingår att en gång per arbetsperiod gå igenom vilka AvÄrSer som finns och kvittera de som valts ut för genomgång.

- Vissa av erfarenheterna som dokumenterats i AvÄrS och som bedöms särskilt lämpliga/viktiga av den biträdande driftschefen tillförs behovslistan för programmet för återkommande utbildning i dialog med KSU. Behoven relateras till det löpande cykliska programmet och i dialog mellan driftchef och KSU fastslås inriktningen på nästa återkommande utbildningsvecka, med hänsyn tagen till uppkommande behov baserat på uppkomna AvÄrSer.
- Ny rutin på RAB är fokusERF. Där NT värderar om ett AvÄrs ärende ska göras till fokusERF och då skickas riktat till grupper på RAB att hantera skyndsamt för att få till ett snabbt lärande. Detta går då inte enbart till drabbad grupp utan även till de som det kan vara relevant för.

På chefsnivå sker också delning av erfarenheter på så kallade LCR möten (Leadership, Coaching, and Review), bland annat utifrån de observationer som görs under APC (Arbetsplatscoaching). Dessa är kopplade mot den verksamhetsutveckling man har identifierat och prioriterat sedan tidigare.

Erfarenhetsåterföringen kan således ta sig uttryck på många olika sätt, genom allt från formella granskningar av händelser eller ett kort informationsutbyte strax före en 'pre-job briefing' (PJB) till en informell genomgång med kollegor som ska utföra en liknande arbetsuppgift som operatören själv nyss utfört. Även om det skett tydlig utveckling gällande ERF de senaste åren så har det under flera av intervjuerna nämnts som ett område med potential för accelererat lärande. I många fall handlar det om att dagens ERF tidigare hanterades utav Teknikkontoret, snarare än Driftkontoret, vilket lett till att erfarenheters konsekvenser för frågor kring operativa driftsfaktorer hos personal i kontrollrum som ex. beteende, kompetens, och tränings-/utbildningsbehov potentiellt inte identifierats och förts vidare rätt väg i organisationen. Under intervjuerna nämndes att resultaten från ERF processen kommer ut till respektive linje, men borde även kunna sorteras på tänkbara åtgärder (arbetssätt, anläggningskunskap etc.). Många erfarenheter samlas in strukturerat, men den centrala frågan är hur de transformeras till ett lärande för kontrollrumsoperatörerna och blir en dokumenterad ERF. Den nya rutinen med fokusERF kan potentiellt komma att förändra detta, dock så är den nyligen införd och dess konsekvenser okända i dagsläget.

Stödverktyg för erfarenhetsåterföring: om möjligt bör operatörer konsultera ERF databasen för ett visst delsystem inför arbete eller förändringar av systemet. Enligt intervjuerna skulle det tekniska stödet för detta kunna utvecklas och ett exempel från Forsmark som nämndes var utvecklingen av en Supersök-funktion. Supersök-funktionen gör det enklare för en operatör kan hitta relevanta ERF ärenden relaterat ett specifikt system. Exempel som nämndes under intervjuerna där det är lämpligt att konsultera ERF var vid:

- 'Pre-Job Briefing', PJB⁸
- FEM steg – INNAN⁷ (kortform av PJB)
- Coachning
- Projektarbete
- Beredning av arbetsorder

'Safety I vs. Safety II': en annan kommentar kring ERF från en av intervjuerna var att det som dokumenteras primärt handlar om avvikelser från önskat eller förväntat beteende. Flera deltagare har berört detta, och en intervjuad refererade själv distinktionen mellan det som inom forskningsområdet 'Resilience Engineering' (se exempelvis Hollnagel, Woods,

⁸ <https://karnkraft.vattenfall.se/siteassets/forsmark/jobb/vara-varderingar.pdf>

& Leveson, 2006) kallas 'Safety-I' (S-I) respektive 'Safety-II' (S-II). Read, Shorrock, Walker, & Salmon (2021) ger också en översikt av hur synen på mänskliga "felhandlingar" förändrats de senaste 60 åren. För fördjupning av denna distinktion mellan S-I och S-II hänvisas till Hollnagel (2013; 2014), men Tabell 7 från Eurocontrol (2024) ger en sammanfattning av skillnaderna mellan perspektiven och synen på människans roll. I S-II perspektivet ingår att lära även av framgångar, inte enbart av misstag eller misslyckanden, och att förstå och återupprepa det som fungerar genom att förstärka framgångsrika beteenden.

Om man följer denna tanke så bör ERF processen utökas till att utöver avvikelser även dokumentera positiva erfarenheter kring hur man löst situationer, och inte bara S-I situationer där det går snett, och därigenom förstärka ERF-processen genom att rapportera in 'good practice', som bidrag till accelererat lärande - inte bara dokumentera och analysera S-I situationer där det går snett.

Tabell 7: Skillnader i perspektiv mellan S-I och S-II (Eurocontrol, 2024).

	S-I	S-II
Definition of safety	That as few things as possible go wrong.	That as many things as possible go right.
Safety management principle	Reactive, respond when something happens or is categorised as an unacceptable risk.	Proactive, continuously trying to anticipate developments and events.
View of the human factor in safety management	Humans are predominantly seen as a liability or hazard.	Humans are seen as a resource necessary for system flexibility and resilience.
Accident investigation	Accidents are caused by failures and malfunctions. The purpose of an investigation is to identify the causes.	Things basically happen in the same way, regardless of the outcome. The purpose of an investigation is to understand how things usually go right as a basis for explaining how things occasionally go wrong.
Risk assessment	Accidents are caused by failures and malfunctions. The purpose of an investigation is to identify causes and contributory factors	To understand the conditions where performance variability can become difficult or impossible to monitor and control.

Kunskapsöverföring mellan expert och novis: ett annat tänkbart sätt att teoridrivet utveckla en driftsrelaterad ERF eller en beskrivning av 'good practice' vidare skulle kunna vara att använda de generella skillnader mellan experter och noviser som exempelvis uttrycks av Ross, Schafer, & Klein (2006) i listan nedan. Tanken är att om dessa skillnader är typiska skillnader mellan experter och noviser, så bör expertens beteende/kunskap för varje punkt göras tydligt under analys av 'good practice' så att de som ännu inte är experter har något att jämföra sig med. Det är ofta svårt att identifiera vad det är experten gör annorlunda, vare sig det är genom intervju eller observation, men det förhindrar inte att analysen bör göras och sammanställningar som i Tabell 8 nedan kan vara en startpunkt.

Tabell 8: Skillnader mellan expert och novis (Ross, Schafer, & Klein, 2006).

Typ av förmåga eller egenskap	Beskrivning
Perceptual skills	Experts have the ability to make fine discriminations. They see more in a situation than a novice by noticing cues that a novice does not see.
Mental models	Experts have rich internal representations of how things work in their domain of practice. These mental models allow them to learn and to understand situations more rapidly.
Sensor of typicality and associations	Experts have a larger repertoire of patterns. They recognize what is typical in a situation and they recognize complex patterns. They also recognize when things are not going as expected, i.e. when there is an anomaly, or something is missing.
Routines	Experts know how to get things done. They have a wide repertoire of tactics. They don't just know about things; they know how to do things.
Declarative knowledge	Experts know more fact and details and have more tacit knowledge than novices do. Tacit knowledge is the operational knowledge inaccessible to consciousness. Much of expertise operates without conscious effort and that tacit knowledge supporting expertise is not verbally encoded nor easily articulated.
Mental simulation	Experts run mental simulations to refine their course of action or to understand how a situation got to the point at which they found it
Assessing the situation	Experts spend more time than novices understanding the dynamics of the situation. Novices spend more time deliberating over the course of action.
Finding leverage points	Experts can find leverage points in a situation and capitalize on them to implement innovative strategies. Leverage points are opportunities for making critical changes at relatively low effort.
Managing uncertainty	Experts have a range of strategies for managing uncertainty in the field.
Understanding one's own strengths and limitations (metacognition)	Experts are better self-monitors than novices.

6.6. Rekrytering och vidare karriär

Under flera av intervjuerna diskuterades kraven vid initial rekrytering till POP i relation till att det blivit allt svårare att attrahera unga talanger till en karriär inom kärnkraftsbranschen. POP som befattning är som tidigare nämnt inte en befattning i kontrollrummet, men de tillhör fortfarande skiftlaget och anses även utgöra talangpoolen för fortsatt karriär som kontrollrumsoperatör.

Rekryteringsprocess: En fråga som återkom under flera intervjuer var om det inte var lämpligt att utveckla urvalsmetoden vid initial rekrytering eftersom flera tidigare utbildningar på gymnasienivå förändras de senaste åren och att rekryteringsbasen nu är mer diversifierad. Ett exempel som nämndes var att införa tester på naturvetenskaplig kompetens, se så kallad A8 områdesbehörighet, och inte bara kontrollera behörigheten. Rekrytering av

i grunden förberedda och motiverade individer är givetvis en central komponent för lärande och utveckling. Om man lyckas med god rekrytering av POP så skapar detta inte bara positiva effekter för utbildningen utan även för kompetensförsörjning och accelererat lärande i ett längre perspektiv, i det fall man kan behålla och utveckla personal från POP mot högre befattningar i kontrollrummet. Att grundkompetensen inom matematik och naturvetenskap är nödvändig för att kunna ta till sig utbildningen, och att det rör sig om mycket utbildning under en karriär, är något som bör betonas starkare i samband med rekrytering.

Rekryteringspool: det pågår en diskussion kring åtgärder som höjer kompetensnivån vid intag till POP utbildning och en ambition om att även höja statusen för befattningen genom andra åtgärder samt att tydliggöra att dagens POP utgör den primära talangpoolen för framtida kontrollrumsoperatörer. Eftersom befattningar nära och i kontrollrummet är kritiska för säker drift samt att kärnkraftsproduktion är enormt komplex, så finns det även en tydlig ambition mot att personal ska kunna ha en livslång karriär inom branschen. Åtgärder som främjar denna ambition bedöms vara av yttersta vikt, och kan få mycket stora konsekvenser för kompetensförsörjning och accelererat lärande (jmf. med begreppet 'ränta på ränta' avseende sparande/investering).

Ansvar för att skapa en god rekryteringsbas ligger utanför RAB/KSU Ringhals ansvar och är i stor mån ett ansvar hos tillståndshavare i samverkan med övriga samhället (ex. skolor och lärosäten). Dock bedöms att branschen som helhet skulle kunna gagnas av att skapa projekt kring kunskapsspridande och intresseväckande, redan från relativt tidig skolålder, exempelvis med hjälp av lättillgängliga spel/simulatorer som riktar sig till allmänheten för att därigenom gagna förståelse och intresse för en karriär inom kärnkraften. Exempel på förebild kan vara miljön RANCOR som tagits fram av Idaho National Laboratory, se exempelvis Hall et al. (2023) för en beskrivning. I RANCOR kan icke-specialister "spela" med en förenklad kärnkraftsimulator för att lära sig grundläggande samband och principer, och därigenom förhoppningsvis skapa sig en grundläggande förståelse och utveckla ett intresse. Ett annat exempel kan vara den utveckling av spel för allmänheten som KSU påbörjat under sommaren 2024⁹.

Överutbildning av POP: över tid har det teoretiska innehållet i POP utbildningarna minskats, eftersom det historiskt funnits åsikter om att POP överutbildas på teoretiska kunskaper medan deras arbetsuppgifter primärt är mer praktiska färdigheter. Om man betraktar POP som den primära talangpool ur vilken man till stor del rekryterar mot nästa befattningsnivå som TOP eller ARO/ROP (med potential till ytterligare utbildning mot högre befattning efter hand), så bedöms dock goda teoretiska kunskaper redan i samband med POP utbildning vara motiverat och den historiska överutbildningen avseende teoretiska kunskaper anses ha en god grund ur perspektivet att POP är framtidens kontrollrumsoperatörer. Under intervjuerna har det återkommit att mycket av kvarvarande potential för accelererat lärande finns i rekrytering och utbildning av POP. Möjligheten att påverka och forma dessa individer är stort i början av karriären och det är viktigt att sätta rätt attityd tidigt, eftersom de i många fall efter hand går vidare som kontrollrumsoperatörer. Idag är utbildningen mycket riktad mot att lära sig utföra arbetsuppgifterna ute i anläggningen. En fundering som lyfts under intervjuerna är om inte andelen processförståelse borde öka redan under detta utbildningssteg vilket skulle kunna korta ner tiden när personen sedan går vidare till operatör.

Specialisering inom befattning: vid några intervjuer diskuterades frågan hur man kan tillse att exempelvis en POP, eller annan roll, som vill stanna kvar i befattning fortfarande kan känna att kompetensutveckling, och karriär, kan fortsätta även om man varit i rollen

⁹ <https://www.ksu.se/en/innovative-game-sparks-steam-interest-among-young-students/>

under många år. Rapportförfattarna rekommenderar att utforska möjligheten till specialisering inom befattning, som en alternativ karriär till gagn för såväl individ som organisation.

6.7. Pedagogisk modell och individanpassat lärande

KSU har sedan 2016 år utökat sin simulatorförmåga med miljön G-SIM, samtidigt som även funktionaliteten och driftsomfånget i fullskalesimulatorn vidareutvecklats med exempelvis förbättrade simuleringar av transienta förlopp och haveritillstånd. I grunden används samma simulering av reaktorprocessen i G-SIM som i fullskalesimulatorn, men den fysiska typlikheten/verkslikheten har anpassats för att skapa en ny typ av träningsmiljö som medverkande personal från RAB/KSU upplever vara mycket värdefull som komplement till fullskalesimulatorn.

Under utvecklingen av G-SIM har även den pedagogiska modellen förändrats för att utforska hur utbildning och träning av förståelse för processen kan levereras på nya sätt. En komponent i detta är fortsatt utveckling av fler pedagogiska vyer som visualiserar och ger inblick i system och processers tillstånd bortom vad som är tillgängligt att betrakta i såväl kontrollrummet som i fullskalesimulator.

Som Meier (2000) påpekar i sin handbok kring accelererat lärande så karakteriseras lärande bland annat av följande principer:

- *Learning is creation, not consumption, and knowledge is not absorbed but created. This assumes learning as the creation of new meaning and understanding, and assimilating it into the work we do.*
- *Collaboration aids learning – learning is better within a social context and we often learn in collaboration with peers rather than in isolation.*
- *Learning comes from doing the work itself (with feedback) and real concrete situations are often better than hypothetical and abstract concepts.*

G-SIM metod & pedagogik: den metodologiska och pedagogiska modellen som används vid laborationer i G-SIM bedöms stimulera dessa principer på ett sätt som kompletterar övrig träning och utbildning, exempelvis i att stimulera djupare system- och processförståelse kring exempelvis termodynamik på ett mer effektivt sätt. Notera dock att G-SIM ska ses som ett komplement till övrig utbildning respektive träning i fullskalesimulator, eftersom det är olika delar av kompetensen som tränas i dessa olika miljöer. Fullskalesimulator utgör alltså en kritisk resurs för exempelvis validering av kompetens och anläggningsändringar.

Lättillgänglig simulering nära driftsmiljön: en bedömd potential som flera intervjuade har nämnt är tillgång till en G-SIM miljö nära det operativa kontrollrummet, till stöd för exempelvis egen träning individ/grupp, PJB, och analyser. Denna typ av simulatorförmåga eller digitala tvilling (i nära anslutning till den skarpa driften) kan exempelvis användas för:

- Provkörning av instruktioner
- Test av åtgärder
- Föröva inför åtgärder eller tränings-/utbildningsmoment
- Förtydliga anläggningsresponser, t.ex. vid transienta händelser och störningar
- Studier och utbildning

Rapportförfattarna rekommenderar att denna möjlighet utreds och övervägs för implementation, eftersom åtgärden kan bidra till att minimera ramfaktorers inskränkning på tillgänglig tid för lärande i vardagen, tillika främja möjligheter och effekter till det senare.

Utforskande övning med guidning och återkoppling: scenarierna i G-SIM övningarna är utformade på ett annat sätt än i fullskalesimulatoren. Ett typiskt träningspass i fullskalesimulatoren under de återkommande utbildningsperioderna börjar oftast med att reaktorn går med 100 % kapacitet varpå det tillstöter ett antal störningar som ett helt skiftlag ska hantera under ca 2,5h, inkl. återkoppling. Primärt träningsfokus är här följande av instruktioner, procedurer för samarbete, beslutsfattande, och kommunikation inom skiftlaget. En laboration i G-SIM börjar oftast från olika utgångslägen i ett haveri med korta moment, där eleven får veta mer kring problemet och driftläget än vid en övning i fullskalesimulatoren. Ambitionen med upplägget att de först ska förstå systemet och den fysikaliska processen, innan de får titta på instruktionerna. Målet för de kortare laborationerna är ofta ett driftläge som inte tar så lång tid att uppnå och eleverna gör i stället flera mindre laborationer. Mellan dessa diskuterar de i mindre grupp och antecknar insikter, eleven ges därmed tid att reflektera efter varje moment. Dessa insikter kan vara lätta att glömma bort i ett längre scenario, som i fullskalesimulatorena. Instruktörer talar inte om när eleverna ”gör fel” utan de får upptäcka konsekvenserna själva, och laborationerna representerar ett utforskande lärande där eleverna genom de pedagogiska vyerna får mer instrument än i verkligheten, exempelvis för att se läckageflöden vilket gör att de på ett tydligt och visuellt sätt kan betrakta effekten av sina handlingar.

I G-SIM pedagogiken ingår alltså att förkorta loopen mellan genomförande, reflektion, och experimenterande vilket stöder den cykel av lärande som Kolb (1984) beskriver, där lärande sker genom en cyklisk process i fyra faser i ‘the experiential learning cycle’:

- *Concrete Experience – having the actual experience*
- *Reflective Observation – reflecting on the experience*
- *Abstract Conceptualization – learning from the experience*
- *Active Experimentation – trying out what you have learned*

G-SIM och det pedagogiska upplägget kring denna simuleringsmiljö, som skiljer sig från träningsupplägget i fullskalesimulatoren, bedöms som en mycket intressant plattform för att träna och utbilda i system- och processförståelse. All verksamhet och vidareutveckling av plattformen samt pedagogiken med pedagogiska vyer och laborationer, inkl. fler instruktörer som kan leverera dem, bör stödjas i största möjliga mån. G-SIM och fullskalesimulatoren är olika typer av pedagogiska miljöer, utformade för att stimulera olika delar av kontrollrumsoperatörernas kompetens. Fullskalesimulatoren är mycket hårt belagd och kräver betydligt mer resurser än G-SIM. Således kompletterar miljöerna inte bara varandra med olika modeller och syften, utan G-SIM erbjuder också en betydligt högre tillgänglighet med lägre resursbehov.

Forskningsprojekt G-SIM/fullskalesimulator: i flera av intervjuerna framkom att träning i G-SIM ger goda effekter avseende process- och systemförståelse. Dessa effekter bör enligt rapportförfattarna vidare analyseras och bekräftas genom studie som empiriskt studerar skillnader mellan inläringen i de olika tillgängliga träningsmiljöerna. Syftet med ett sådant projekt är att empiriskt belägga vilken typ av kompetens som lämpligast tränas i respektive miljö, så att träning kan levereras på effektivaste sätt över tillgängliga simulatormiljöer. Se även de studier kring hur G-SIM kan användas för att träna adaptiv expertis som redovisas i Skjerve, Holmgren, & Widheden (2015) och Skjerve & Holmgren (2018)

som ett exempel på hur G-SIM simulatoren och pedagogiken kan användas för att accelerera lärandet för vissa delar av kompetensen.

6.8. Utformning befattningsutbildningarna

Om man beaktar de faktorer i accelererat lärande som Petersen et al. (2019) tar upp i sin ALF-modell, se Figur 3, med finns några aspekter rörande utformningen av befattningsutbildningarna som diskuterades under intervjuerna.

G-SIM i befattningsutbildning: strukturen i befattningsutbildningarna har under de senaste åren förändrats en hel del, och bygger mer mot förståelsenivå i stället för kunskapsnivå. G-SIM används i hög utsträckning för att öka system- och processförståelse (se avsnitt 6.7) och det märks tydligt en operativ effekt av detta, enligt flera intervjuade personer ur driftorganisationen på RAB. Önskemål framkommer att även de äldre operatörerna, som inte tränades med hjälp av G-SIM under sin befattningsutbildning, skulle kunna få ta del av detta i samband med återkommande utbildning – något som med dagens upplägg inte är görbart pga. tidsfaktorn relaterat allt som ska uppnås. Rapportförfattarna rekommenderar att möjligheterna utreds i syfte att främja ett engångsgenomförande som under en period tar skapar möjlighet även för äldre operatörer att genomgå de G-SIM moment som är relevanta för deras respektive befattning.

'E-learning': intervjuerna visar att användningen av digitala självstudier ('e-learning') har ökat i befattningsutbildningarna under senare år, vilket möts med delade uppfattningar. Användning sker i hög utsträckning vid initial utbildning för POP, där dock behovet av lärarstöd och kulturell skolning är stort. Det gäller att i ett tidigt skede få individerna förstå sitt egenansvar för lärandet, och för detta så bedöms lärarledd undervisning vara ett viktigt komplement till 'e-learning'.

"På jobbet" i samband med utbildning: idag ges all utbildning under TOP/ROP/SKC utbildningen i ett sammanhållet program hela vägen till godkännande för operativ drift i befattning. En fråga som diskuterats under intervjuer är om det är möjligt att ta det i etapper i stället och överväga uppdelad utbildning för TOP och ROP, med en fas 1 av befattningsutbildning i tillräcklig omfattning för godkännande att arbeta operativt i ny befattning, följt av ett avslutande moment med fördjupad utbildning i en fas 2. Man skulle exempelvis efter 2/3 av programmet kunna godkännas att delta i praktiskt arbete i tjänsten under handledning och översyn av erfaren kollega, för att sedermera genomgå de avslutande delarna av utbildningen. Detta bedöms kunna underlätta för eleven att ta åt sig den djupare kunskapen och få en bättre förståelse för processen inför att träda in i operativt arbete i befattning utan den typ av handledning/översyn som ges i föregående fas. I och med ett sådant upplägg kan också eventuellt möjligheterna till mer individuell anpassning utbildning skapas (idag genomgår i princip alla elever samma process i utbildningsprogrammen).

6.9. Återkommande utbildning

I Figur 2 tar Hoffman et al. (2014) upp aspekten 'facilitated retention' som en del i accelererat lärande, dvs. att åtgärder som underlättar för operatörerna att komma ihåg och påminna sig om delar av kompetensen som inte används så ofta i vardagen, exempelvis beteende vid haveri eller störd drift. Att glömma är mänskligt och inom den vetenskapliga litteraturen kring träning och utbildning används begrepp som 'retention', 'skill decay', eller 'skill fade'. Se exempelvis Arthur, Day, Bennett, & Portrey (2013) och Deighton et al.

(2023) för översikter av forskningsområdet, eller Svensson, Angelborg-Thanderz, Borgvall, & Castor (2013) som redovisar forskning från återträning av svenska stridspiloter.

I kapitel 3 av SSMFS 2021:6 Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om drift av kärnkraftsreaktorer (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2021) framgår av 5 § och 10 § följande kring systematisk kompetenssäkring:

”5 §. Personer med manuella uppgifter som bidrar till att fullgöra de grundläggande funktionerna, ska återkommande genomgå utbildning av sådan omfattning och inriktning som behövs för att de ska upprätthålla och vidareutveckla sin kompetens.

Utbildning i rutiner för beredskap för och krishantering i samband med radiologiska nödsituationer, ska återkommande genomföras för all berörd personal.

10 §. Varje person som har en befattning i det centrala kontrollrummet, ska med högst tolv månaders mellanrum genomföra utbildning enligt 5 § i sådan omfattning att personen kan fullgöra nödvändiga manuella uppgifter vid händelser och förhållanden i händelseklass H1–H5 samt vid scenarier för radiologiska nödsituationer.

För varje befattning ska utbildningen omfatta minst fem dagars träning i sådan fullskalesimulator som avses i 7 kap. 25 § Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2021:4) om konstruktion av kärnkraftsreaktorer.”

Under intervjuerna har det cykliska programmet och den återkommande utbildningen som levereras av KSU Ringhals för RAB diskuterats flitigt, vilket genererat flera observationer och rekommendationer som redovisas nedan.

Cykliskt program: innehållet i den återkommande utbildningen styrs och genomförs verksvis enligt ett cykliskt program löpande på sex år basis. Historiskt sett har det vanligaste upplägget varit två veckor återkommande utbildning på hösten och två veckor på våren, varav en vecka under respektive period varit teoretisk och en vecka praktisk simulatorträning. Dessa perioder kan upplevas tunga med mycket som ska ”tas in” samt att det kan gå lång tid mellan tillfällena som respektive individ deltar eftersom träningstillfällena måste fördelas på alla godkända operatörer (minimikraven enligt föreskriften uppfylls, dock så önskar operatörerna, som omnämns på andra ställen i rapporten, så mycket återkommande utbildning som möjligt).

Det cykliska programmet är väldigt omfattande och tenderar växa med åren. Nytt innehåll tillkommer men det är sällan något plockas bort från programmet. Innehållet är baserat på grundutbildningar samt arbetsuppgiftsanalyserna från SAT-analysen. Detta program är fördelat på en sexårs cykel där vissa teman är återkommande varje år, vartannat år eller vart tredje år.

En viktig aspekt när det gäller relaterade arbetsuppgifter är att dessa oftast är analyserade enskilt men när de sedan kopplas ihop med andra arbetsuppgifter i ett simulatorpass kan utförandekriterierna bli annorlunda beroende på att utförandet kan variera vid multipla händelser, varför de hela tiden måste verifieras.

Utspridd återkommande utbildning: för att underlätta inläring och bättre säkra dess effekter (’retention’) är det centralt att försöka skapa så optimala träningstillfällen som

möjligt, samt att över tid hela tiden undersöka möjligheterna att utveckla den återkommande utbildningen vidare. RAB planerar exempelvis att införa simulatorträning i direkt anslutning till ny skiftperiod (s.k. ”torsdagskörningen” eller ”pågång-torsdagen”) vilket skulle medföra att operatörerna får en mer utspridd återkommande utbildning i stället för enkom två komprimerade veckor, vilket bedöms kunna ge goda och mer utspridda inlärningseffekter (’retention’). I detta försök kommer även erfarenhetsåterföring inkluderas vilket möjliggör snabbare delgivning till operatörerna av dragna erfarenheter, än om de samlas enkom till de ordinarie veckorna med återkommande utbildning. ”Torsdagskörningarna” har med god erfarenhet tidigare genomförts på Ringhals i samband med revisioner, och inför att man går på en skiftperiod, för att träna utvalda passager i avställnings- och uppgångsfaserna.

Svårighetsgrad i simulatorpass: historiskt sett har det varit en viss utmaning att skapa struktur i simulatorpassen under den återkommande utbildningen avseende svårighetsgrad och komplexitet, bland annat beroende på att operatörerna har olika lång erfarenhet i rollen samt att passen oftast skapas för hela skiftlaget (inte för enskild eller mindre grupp). Det vore en fördel om man också kunde skapa tillfällen där man tränar operatörerna kategorivis, vilket skulle ge ökad möjlighet till erfarenhetsåterföring mellan individer inom samma befattningsområde.

Normal drift eller haveriträning: vid några intervjuer framkommer också önskemål om att även träna mer i normal drift avseende ex. effektoptimering respektive revisionsdrift, medan mycket av innehållet under den återkommande utbildningen idag är inriktad mot haveriträning, eftersom detta är det enda tillfället detta kan tränas. Här rekommenderas översyn av ramfaktorer som begränsar möjligheterna till ökad simulatorträning, för att öka möjligheten till mer fokus även på annat än haveriträning (ex. effektoptimering) samt att utreda om och hur G-SIM kan göras än mer tillgängligt nära av den operativa driftsmiljön.

Önskemål om mer simulatorträning/återkommande utbildning: i nästan samtliga intervjuer framkommer att majoriteten av operatörerna önskar mer omfattande återkommande utbildning vilket tyvärr försvåras av olika ramfaktorer som exempelvis tillgång till simulatorer, bemanningsläge, och omfattande cykliska program. Tydliga syften och mål med passen är av hög vikt för att veta vad som är fokus i lärandet samt kunna ge en tydlig återkoppling.

Typer av simulatorpass: det finns tre typer av generell struktur och syfte för simulatorpassen.

- Utvärderingspass (syfte och innehåll är helt okänt för skiftlaget). Här bedöms skiftlagen utifrån utvalda viktiga arbetsuppgifter mot tydliga kriterier som verket fått på remiss för bedömning. Innehållet i denna typ av pass är reglerat i dokumentation.
- Bedömningspass (syfte presenteras för skiftlaget innan). Här bedöms skiftlagen utifrån utvalda viktiga arbetsuppgifter mot tydliga kriterier och mål med vad som ska uppnås med träningen. Här kan instruktörerna innan passet ge en lite övergripande beskrivning av passets innehåll, exempelvis om vilken instruktionen som kommer tränas och att kommunikationen observeras noggrant, medan målen behandlas efteråt.
- Träningspass (syfte och mål presenteras för skiftlaget innan). Här kan instruktörerna eventuellt även diskutera målen med eleverna innan för att skapa en tydlig bild av vad syftet med passet är. Passet syftar ofta till att fördjupa sig i ett specifikt moment (exempelvis inkoppling av matarvatten till reaktorn). Under dessa

pass integrerar instruktören med skiftlaget ute i simulatorn och ställer frågor samt ger förklaringar direkt.

Återkommande utbildning för POP: i intervjuerna framförs önskemål om mer möjligheter till verksnära utbildning under den återkommande utbildningen för POP (exempelvis Navet/TTC om det finns förutsättningar). Det som diskuterades kan sammanfattas med mer träning lokalt ute på verket, mer praktisk träning som knyter an till teoretiska ämnen som exempelvis termodynamik, strömningslära. Sammanfattningsvis att träna mer helhet likt arbetet i vardagen, där varje arbetsuppgift inkluderar teoretisk kunskap, teknisk förståelse, felförebyggande arbetsmetoder, och driftmannaskap.

Idag utförs ett antal APT (Arbetsplatsträning) som anknyter mot det cykliska programmet. Ansvarig för genomförandet av dessa är skiftchefen och genomförs oftast efter den återkommande utbildningen.

POP kan även delta i simulatorkörningarna och då hjälpa instruktören utföra uppgifter ute i anläggningen som beordras av operatören. Med dagens tekniska lösningar borde detta inte medföra några större problem, förutom att instruktörens belastning måste beaktas, eventuellt bör då instruktörsbemanningen utökas om det kan ge ett ökande lärande.

Samfunktionsträning: en verksamhet som historiskt genomförts med relativt låg frekvens är samfunktionsträning, där många funktioner på RAB samtränas för exempelvis haverihantering. Detta beror på att det är stort och väldigt komplext att få med alla avdelningar när de samtidigt ska sköta drift och all reguljär verksamhet. De gånger samfunktionsträning genomförts har det varit positiv respons från alla inblandade, och man har även identifierat att man behöver ökad förståelse för varandras arbetssätt.

Inom detta område har det dock gjorts relativt stora förändringar de senaste åren. Samträning sker varje år med alla skiftlag och det tekniska stödet. Vid flertalet av träningstillfällena är även ledningscentralen (LC; lokalt vid RAB även kallat kommandocentralen, KC) och utvalda andra delar i beredskapsorganisationen med och övar. Detta bedöms som en positiv utveckling som bör fortsätta till att involvera enskilda funktioner att aktivt delta i simulatorträning, som exempelvis tekniskt stöd (TS), kommandocentralen, brandstyrka, vaktstyrka samt experter inom olika områden som hård och underhåll.

Efterbearbetning och återkoppling: en viktig del i den återkommande utbildningen är reflektion och återkoppling, se avsnitt 6.2, och det gäller att hitta balansen träning/övning med reflektion. Det är viktigt att de observationer som instruktörerna gör under träningsveckan återkopplas till respektive individ och team i direkt anslutning till observationerna så att det finns möjlighet till korrigering åtgärder under det fortsatta träningstillfället. Det bör även göras en sammanställning till slutet av träningsveckan där en avstämning görs med respektive skiftchef och driftchef (eller av denne utsedd representant) som stöd till upprättande av utvecklingsplaner för varje enskild individ. Detta är ett givande sätt att driva fortsatt lärande, förutsatt att det stötts och verifieras av närmaste chef. Skiftchefens påverkan på individens lärande kan inte nog poängteras. Det kommer alltid finnas svåra avvägningar mellan att utföra de reguljära arbetsuppgifterna i driften och tillse operatörers vidareutveckling. Här vill rapportförfattarna lyfta fram vikten av kompetens hos och rutiner för engagemang från skiftchefen så att vidareutveckling och lärande i vardagen främjas på ett strukturerat och effektivt sätt.

Det är viktigt att försöka få en fortlöpande uppföljning av skiftlagens utveckling. Tyvärr försvåras jämförelserna mellan träningsveckorna under den återkommande utbildningen av att sammansättningarna av skiftlagen förändras pga. att nya operatörer tillkommer och träningsinnehåll förändras. Denna förändring går givetvis inte att undvika över tid. Dock bedöms det möjligt att, genom ett gediget och uthålligt analysarbete med att identifiera kriterier baserat på SAT-analysen relaterat en kompetensmodell, öka jämförbarheten över tid; särskilt gällande individernas kompetensutveckling (inom samma eller som del av olika skiftlag; jämför det arbete som beskrivs i Borgvall et al., 2020).

7. Avslutande reflektioner

Nedan sammanfattas tre övergripande reflektioner från rapportförfattarna, gällande projektets genomförande och dess resultat.

Resultat under genomförandet: upplevelsen från detta aktionsforskningsbaserade projekt är att det redan under sitt genomförande gett konkreta effekter. Flera av de som intervjuats har sagt att diskussioner varit mycket givande och fått dem att reflektera över dagens processer och påbörja/analysera/planera möjligheter till vidareutveckling. Flera initiativ har påbörjats (införts eller analys/planering påbörjats) i samband med projektets genomförande. Detta känner rapportförfattarna igen från andra, tidigare projekt, en aktionsbaserad ansats påverkar oftast den organisation som studeras. Resan är därigenom en central del av målet och resultatet från ett projekt av denna typ.

Mogen träningsorganisation: i en jämförelse med andra träningsorganisationer som rapportförfattarna arbetat med under sin karriär så är KSU en mycket mogen träningsorganisation. Många av de insikter och rekommendationer som görs i den vetenskapliga litteraturen är redan dagens praktik i träning och utbildning. Styrande dokument, processer, och analyser har funnits på alla de områden där rapportförfattarna sökt förståelse. Det råder alltså ingen brist på utredningar/analyser, reglering, och dokumentation. Om det finns någon utmaning så är det att hålla allt levande över tid samt påverkan från ramfaktorer som gör att elever och instruktörer exempelvis inte hinner med allt rekommenderat arbete som exempelvis beskrivs inom FUE-processen (Före, Under, Efter) trots att alla håller med om att det är värdefullt.

Kvalitetssäkring av träning och utbildning: I flera av intervjuerna har en diskussion om ramfaktorer, exempelvis tillgänglig arbetstid, bemanningsläge eller tillgänglighet till simulatorer, tagits upp som faktorer som är begränsande för att ytterligare kunna accelerera lärandet. Dylika begränsande ramfaktorer bedöms av rapportförfattarna alltid finnas, samtidigt som kontrollrumsoperatörerna enligt den intervjuade driftverksamheten oftast säger att de skulle vilja få tillgång till mer träning och utbildning.

Reflektionen från rapportförfattarna rör vem skulle ha mandat att säga till om/när att ramfaktorer behöver förändras till att medge tränings- och utbildningssatsningar om det inte finns en oberoende kvalitetsgranskningsfunktion med förmåga att bedöma kompetensfrågor? Vilket skulle kunna beskrivas som att någon har ett veto mot när ramfaktorer anges som skäl när tid och resurser för träning inte prioriteras tillräckligt. Bland annat i IAEA (2021) som beskriver SAT, så förekommer begreppet 'training department' och det som avses är, motsvarande övrig oberoende kvalitetsgranskningsfunktion inom verksamheten, en organisatorisk enhet med gehör långt upp i ledningen, vars uppgift det är att internt (men oberoende) kvalitetsgranska träning- och utbildningsfrågor. Idag diskuterar och löses dessa frågor effektivt och väl i samförstånd mellan KSU Ringhals och RAB. Reflektionen är huruvida ett 'training department' skulle ha en viktig funktion att fylla, särskilt när framtida trolig nyetablering kommer ställa höga krav på träning och utbildning både för dagens operatörer och nyrekryterade. Även om nyetablering kommer till stånd så kommer dagens reaktorer och utbildningssystem att användas för lång tid framöver. Det är centralt att inte bara förvalta utan även fortsätta utveckla träning och utbildning för befintliga reaktorer, parallellt med utveckling riktad mot potentiell nyetablering.

8. Referenser

- Alliger, G. M., Tannenbaum, S. I., Bennett, W., Jr., Traver, H., & Shotland, A. (1997). A Meta Analysis of the Relations Among Training Criteria. *Personnel Psychology*, 50, 341-358. doi: 10.1111/j.1744-6570.1997.tb00911.x
- Anderson, L., W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). *A taxonomy of learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of educational objectives: Complete edition*, New York: Longman.
- Aquinis, H., & Kraiger, K. (2009). Benefits of Training and Development for Individuals, Teams, Organizations and Society. *The Annual Review of Psychology*, 60. doi: 10.1146/annurev.psych.60.110707.163505
- Arthur Jr., E. A. Day, W. Bennett Jr., & A. M. Portrey (Eds.) (2013). *Individual and Team Skill Decay: The Science and Implications for Practice*. New York, NY: Routledge.
- Artman, H., Borgvall, J., Castor, M., Jander, H., Lindquist, S., & Ramberg, R. (2013). *Towards the Learning Organisation - Frameworks, Methods, and Tools for Resource-Efficient and Effective Training*. FOI-R--3711--SE. Totalförsvarets Forskningsinstitut, FOI: Stockholm. <https://www.foi.se/rest-api/report/FOI-R--3711--SE>
- Bisbey, T. M., Traylor, A. M., & Salas, E. (2021). Transforming Teams of Experts into Expert Teams: Eight Principles of Expert Team Performance. *Journal of Expertise* 4(2), 190-207.
- Bloom, B., Englehart, M. Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1956). Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. *Handbook I: Cognitive domain*. New York, Toronto: Longmans, Green.
- Borgvall, J., & Castor, M. (2010). Framing and Leveling Preparatory Training for Large Force Exercises. *Proceedings of 8th annual Meeting of the Society for Human Performance in Extreme Environments 2010 (HPEE 2010)*. San Francisco, FL.
- Borgvall, J., Insulander, M., Castor, M., & Markström, E. (2020). Competency-based assessments of Nuclear Power Plant control room operators. *SSM rapport 2020:11*. <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/contentassets/40f61b030bcc43b084502b48221f727d/202011-competency-based-assessments-of-nuclear-power-plant-controlroom-operators.pdf>
- Branson, R. K., Rayner, G. T., Cox, J. L., Furman, J. P., King, F. J., & Hannum, W. H. (1975). Interservice procedures for instructional systems development. (Vols. 1-5) *TRADOC Pam 350-30*, NAVEDTRA 106A. Ft. Monroe, VA: U.S. Army Training and Doctrine Command.
- Castor, M., Borgvall J., & Bennett, W. (2009). Knowledge and Skill-based Evaluation of Simulated and Live training – from Evaluation Framework to Field Application. *Proceedings of International Symposium of Aviation Psychology ISAP 2009*. Dayton, OH; Wright State University.

- Castor, M., & Borgvall, J. (2019). Myndighetsstöd: Artificiell Intelligens – tillämpning inom kärnkraften. *SSM rapport 2019:29*. <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/publikationer/rapporter/sakerhet-vid-karnkraftverken/2019/201929/>
- Crookall, D. (2010). Serious Games, Debriefing, and Simulation/Gaming as a Discipline. *Simulation & Gaming*, 41(6), 898-920. doi: 10.1177/1046878110390784
- CSMART (2016). *State of the science to state of the practice of the SEAS competency based assessment process. Proficiency Training and Assessment DNV (Det Norske Veritas) accreditation*. Internal CSMART Document.
- Deighton, C., Chittaro, L., Van der Pal, J., Oprins, E., Van Puyvelde, M., Taylor, H. & Rankin, K. (2023). *Skill Fade and Competence Retention: A Contemporary Review*. NATO STO TR-HFM-292.
- Dickens, L., & Watkins, K. (1999). Action Research: Rethinking Lewin. *Management Science*, Volume 30, Issue 2. doi: 10.1177/13505076993020.
- Dreyfus, S. E., & Dreyfus, H. L. (1980). *A Five-Stage Model of the Mental Activities Involved in Directed Skill Acquisition*. Technical report ORC80-2. University of California-Berkely.
- Ericsson, K. A., Krampe, R. T., & Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100, 363-406.
- Ericsson, K. A., Hoffman, R. R., Kozbelt, A., & Williams, A. M. (Eds.). (2018). *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Eurocontrol (2024). *From Safety-I to Safety-II: A White paper*. Besökt 2024-06-11. <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/2437.pdf>.
- Ford, J. K. (2021). *Learning in organizations: An evidence-based approach*. Routledge/Taylor & Francis Group. ISBN 9780367201890. doi: 10.4324/9780429260018
- Gardner, R. (2013). Introduction to debriefing. *Seminars in Perinatology*, 37 (3) 166-174. doi: 10.1053/j.semperi.2013.02.008
- Gagné, R. M. (1985). *The conditions of learning (4th ed.)*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Greenwood, D. & Levin, M. (1998). *Introduction to action research: social research for social change*. Thousand Oaks, California: Sage Publications.
- Hall, A., Boring, R. L., Ulrich, T. A., Lew, R., Velazquez, M., Xing, J., Whiting, T., & Makrakis, G. M. (2023). A Comparison of Three Types of Computer-Based Procedures: An Experiment Using the Rancor Microworld Simulator. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 67(1), 2552-2557. doi: 10.1177/21695067231205507

- Hoffman, R. R., Ward, P., Feltovich, P. J., DiBello, L., Fiore, S. M., & Andrews, D. (2014). *Accelerated Expertise: Training for High Proficiency in a Complex World*. New York, NY: Psychology Press.
- Hollnagel, E. (2013). A tale of two safeties. *Nuclear Safety and Simulation*, Vol. 4, Number 1, March 2013. <https://erikhollnagel.com/A%20Tale%20of%20Two%20Safeties.pdf>
- Hollnagel, E. (2014). *Safety-I and Safety-II – The past and future of Safety Management*. Aldershot, UK: Ashgate.
- Hollnagel, E., Woods, D. D., & Leveson, N. G. (2006). *Resilience engineering: Concepts and precepts*. Aldershot, UK: Ashgate.
- IAEA (2021). Systematic Approach to Training for Nuclear Facility Personnel: Processes, Methodology and Practices. *IAEA Nuclear Energy Series No. NG-T-2.8*. <https://www.iaea.org/publications/13535/systematic-approach-to-training-for-nuclear-facility-personnel-processes-methodology-and-practices>
- Keiser, N. L., & Arthur, W. Jr (2021). A meta-analysis of the effectiveness of the after-action review (or debrief) and factors that influence its effectiveness. *Journal of Applied Psychology*. doi: 10.1037/apl0000821
- Keiser, N. L., & Arthur, W. Jr (2022). A Meta-Analysis of Task and Training Characteristics that Contribute to or Attenuate the Effectiveness of the After-Action Review (or Debrief). *Journal of Business and Psychology*, 37(5). doi:10.1007/s10869-021-09784-x
- Kirkpatrick, D. L. (1954). *Evaluating Human Relations Programs for Industrial Foremen and Supervisors*. PhD dissertation, University of Wisconsin-Madison.
- Kirkpatrick, J. D., & Kirkpatrick, W. K. (2016). *Kirkpatrick's Four Levels of Training Evaluation*. Association for Talent Development. ISBN 978-1607280088.
- Koedinger, K. R., Booth, J. L., & Klahr, D. (2013). Instructional Complexity and the Science to Constrain It. *Science*, 342, 935-937.
- Kolb, D. A. (1984). *Experimental Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Kolb, D. A., Boyatzis, R. E., & Mainemelis, C. (2001). Experiential learning theory previous research and new directions. *Perspectives on Thinking, Learning, and Cognitive Styles*, 1(8), 227–247.
- Lave J., & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge, UK: University of Cambridge Press. doi: 10.1017/CBO9780511815355
- Meier, D. (2000) *The Accelerated Learning Handbook 5th Ed*. McGraw-Hill. ISBN 9780071355476.

- Merrill, M. D. (2002). First principles of instruction. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 43–59. doi: 10.1007/BF02505024
- Mårtensson, H. (2009). Analys av avvikelse- och ärendehantering i AvÄrS - Med fokus på ett kärnkraftverks säkerhetskultur. *Masteruppsats Kognitionsvetenskap LIU-KOG-VET-A--09/006--SE*. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:319616/FULL-TEXT01.pdf>.
- Ostrowski Martin, B., Kolomitro, K., & Lam, T. C. M. (2014). Integrative Literature Review Training Methods: A Review and Analysis. *Human Resource Development Review* 13(1), 11–35. doi: 10.1177/1534484313497947
- Petersen, S. A., Oliveira, M., Hestetun, K., & Sørensen (2019). ALF - a Framework for Evaluating Accelerated Learning in Industry. *International Journal of Serious Games*, 6(3) 81-99. doi: 10.17083/ijsg.v6i3.314
- Rall, M., Manser, T., & Howard, S. K. (2000). Key elements of debriefing for simulator training. *European Journal of Anaesthesiology*, 17. 516-517.
- Read, G. J. M., Shorrock, S., Walker, G. H., & Salmon, P. M. (2021). State of science: evolving perspectives on ‘human error’. *Ergonomics* 64 (9), 1091–1114. doi: 10.1080/00140139.2021.1953615.
- Ross, K. G., Schafer, J. L., & Klein, G. (2006). Professional judgement and “naturalistic decision making”. In *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance*, Ericsson, K.A., Charness, N., Feltovich, P. J., Hoffman, R.R. (Eds.). Cambridge University Press.
- Salas, E., & Cannon-Bowers, J. A. (2001). The Science of Training: A Decade of Progress. *Annual Review of Psychology*, 52, 471–499. doi: 10.1146/annurev.psych.52.1.471.
- Salas, E., Tannenbaum, S. I., Kraiger, K., & Smith-Jentsch, K. A. (2012). The science of training and development in organizations: What matters in practice. *Psychological Science in the Public Interest*, 13(2), 74–101. doi: 10.1177/1529100612436661
- Salas, E., Reyes, D. L., & Woods, A. L. (2020). Team training in organizations: It works - When done right. In L. Argote & J. M. Levine (Eds.), *The Oxford handbook of group and organizational learning* (pp. 233–252). Oxford University Press.
- Schmüser, P. & Viale, A. (2023). Challenges of translating after-action reviews to extreme action teams - A qualitative study of firefighters in Sweden. *Masteruppsats Umeå Universitet*. <https://umu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1765053/FULL-TEXT01.pdf>
- Skjerve, A.B., Holmgren, L., Widheden, B. (2015). Towards an Approach for Training Nuclear Power Plant Control-Room Crews in Handling Unforeseen Events. In: Luca Podofilini, Bruno Sudret, Božidar Stojadinović, Enrico Zio, Wolfgang Kröger (Eds), *Safety and Reliability of Complex Engineered Systems*, London: Taylor & Francis Group, pp. 3895-3902.

- Skjerve, A.B., Holmgren, L. (2018). Training licensed nuclear power plant operators for handling unforeseen accident events. Development and assessment of a training approach based on adaptive expertise theory. *Arts and Social Sciences Journal*, 9:385.
- Stringer, E.T., & Ortiz, A. (2021). *Action Research*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Strålsäkerhetsmyndigheten (2018). Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om grundläggande bestämmelser för tillståndspliktig verksamhet med joniserande strålning. *SSMFS 2018:1*. <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/publikationer/foreskrifter/ssmfs-2018/ssmfs-20181/>
- Strålsäkerhetsmyndigheten (2021). Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om drift av kärnkraftsreaktorer. *SSMFS 2021:6*. <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/publikationer/foreskrifter/ssmfs-2021/ssmfs-20216/>
- Svensson, E., Angelborg-Thanderz, M., Borgvall, J., & Castor, M. (2013). Skill Decay, Reacquisition Training, and Transfer Studies in the Swedish Air Force: A Retrospective Review. In W. Arthur Jr., E. A. Day, W. Bennett Jr., & A. M. Portrey (Eds.), *Individual and Team Skill Decay: The Science and Implications for Practice* (pp. 258-281). New York, NY: Routledge.
- Tannenbaum, S. I., & Cerasoli, C. P. (2013). Do Team and Individual Debriefs Enhance Performance? A Meta-Analysis. *Human Factors*, 55(1), 231-245. doi: 10.1177/0018720812448394
- Tannenbaum, S. I., & Salas, E. (2021). *Teams that work*. Oxford University Press.
- Zhang, X., Shadevan, M., Lau, N., & Weinger, M. B. (2020). Multi-source information fusion to assess control room operator performance. *Reliability Engineering & System Safety*, vol 194, 106287. doi: 10.1016/j.ress.2018.10.012.
- Villado, A. J., Winfred, A. Jr, & Bennett, W. Jr (2009). The After-Action Review Training Approach: An Empirical Test. *Proceedings of 24th annual conference of the Society for Industrial and Organizational Psychology SIOP 2009*. New Orleans, LA.
- WANO (2013). Operator Fundamentals Weaknesses. WANO report *SOER 2013-1*.
- Weick, K. E., Sutcliffe, K. M., & Obstfeld, D. (1999). Organizing for High Reliability: Processes of Collective Mindfulness In R.S. Sutton and B.M. Staw (eds), *Research in Organizational Behavior*, Volume 1, (pp. 81-123). Stanford: Jai Press.



Strålsäkerhetsmyndigheten arbetar pådrivande och förebyggande för att skydda människor och miljö från oönskade effekter av strålning, nu och i framtiden.

Du kan ladda ner våra publikationer från www.stralsakerhetsmyndigheten.se/publikationer. Om du behöver alternativa format som exempelvis lättläst, punktskrift eller Daisy, kontaktar du oss på e-post registrator@ssm.se.

Strålsäkerhetsmyndigheten
171 16 Stockholm
08-799 40 00
www.stralsakerhetsmyndigheten.se
registrator@ssm.se

©Strålsäkerhetsmyndigheten