

1	Inledning	5.3.5	Är säkerhetsarbetet effektivt?
2	LearnSafe projektet	5.4	Resurser och förmåga
2.1	Utmaningar i säkerhetsarbetet	5.4.1	Elektricitet som produkt
2.2	Stöd och hinder för organisatoriskt lärande	5.4.2	Prestationsförmåga
2.3	Resultaten från projektet	5.4.3	Resurser
2.4	Andra rapporter	5.4.4	Konkurrens
2.5	Dokumentering och rapportering	5.5	Beslutsfattande
2.6	Ett genomslag av resultaten	5.5.1	Fyra nödvändiga villkor
2.7	En uppföljning av projektet	5.5.2	Bedömningar och värderingar
2.8	Ett slutresultat	5.5.3	En tidsdimension
3	Säkerhetskultur och lärande organisationer	5.5.4	Svåra beslut
3.1	Situationen 2004	5.5.5	En situationsbedömning
3.1.1	Säkerhetskultur	5.5.6	Beslutsfattande i grupp
3.1.2	Två olycksteorier	5.5.7	Några politiska beslut
3.1.3	Villkor för säkerhet	5.6	Myndighetstillsyn
3.1.4	Organisatoriska frågor	5.6.1	Tre uppgifter
3.1.5	En syntes	5.6.2	En osynlig linje
3.2	Vad har hänt sedan år 2004	5.6.3	Olika kravsystem
3.2.1	Fukushima	5.6.4	Ett utvecklingsbehov
3.2.2	Myndighetstillsynen	5.7	Balanser
3.2.3	Resiliens	5.7.1	Helhet och detaljer
3.2.4	Säkerhet1 och säkerhet2	5.7.2	Stabilitet och förnyelse
3.2.5	Ny teknologi	5.7.3	Säkerhet och ekonomi
3.2.6	Attityder och beteenden	5.7.4	Andra balanser
3.2.7	Samhället	5.7.5	Konflikter
3.2.8	En omvärdering av kärnkraftsolyckorna	5.7.6	Om makt
3.3	Vad är med nu som inte var med då	5.8	Lärande organisationer
3.3.1	MTO begreppet	5.8.1	Händelser som experiment
3.3.2	System för säkerhetsledning	5.8.2	Ett strategiskt perspektiv
3.3.3	Design och konstruktion	5.8.3	Obetydliga händelser
3.3.4	Granskningar	5.8.4	Förebygga eller lindra
3.3.5	Driftklarhetsverifiering (DKV)	5.8.5	Förebud och indikatorer
3.3.6	Ont uppsåt	5.8.6	Att lära från det som går bra
3.3.7	En global marknad	6	Vad vi lärt oss
3.4	Våra kontakter till anläggningarna	6.1	Från forskning till praktik
3.4.1	Enkät och intervjuer	6.1.1	Erfarenheter från LearnSafe
3.4.2	Resultaten	6.1.2	Hur borde FoU projekt sättas upp?
4	Säkerhetsområdet har utvecklats	6.1.3	Finansiering
4.1	God praxis	6.1.4	Förutsättningar för ett effektivt samarbete
4.1.1	En ambitionsnivå	6.2	Systemtänkandet som metod
4.1.2	Strategisk planering	6.2.1	Systemteorins tre problem
4.1.3	Säkerhetsindikatorer	6.2.2	En hierarki av system
4.1.4	En medvetenhet	6.2.3	Tillstånd och interaktioner
4.2	Säkerhetsanalyser	6.2.4	Stabilitet och instabilitet
4.2.1	Den deterministiska analysen	6.2.5	Nödvändiga villkor för att styra
4.2.2	Den probabilistiska analysen	6.2.6	Komplexitet
4.2.3	Mänskligt felhandlande	6.3	Kärnkraft som affärsverksamhet
4.2.4	Organisatoriska brister	6.3.1	Syn på affärsverksamhet
4.2.5	Erfarenhetsåterföring	6.3.2	Ledningens roll och uppgift
4.3	Organisatorisk struktur	6.3.3	Ledarnas attityder
4.3.1	Funktioner och processer	6.3.4	Innovationer
4.3.2	Grad av medbestämmande	6.4	Utvecklingsvägar
4.3.3	Producera själv eller köpa in	6.4.1	Nya anläggningar
4.3.4	Intressenter	6.4.2	En förnyad kravbild
4.3.5	Komplexitet	6.4.3	Beslutsstöd
4.4	En helhet	6.5	Utbildningsvägar för kärnkraftsområdet
4.4.1	En tillståndsvärdering	6.5.1	Bemanningen på anläggningarna
4.4.2	Kommunikation	6.5.2	Konkurrens om personal
4.4.3	Förtroende	6.5.3	Ett nytt sätt att agera
4.4.4	Andra mekanismer	6.6	Samhällstrender
5	Några reflektioner	6.6.1	Strävan att minska CO ₂ utsläpp
5.1	Hur vi förstår saker och ting	6.6.2	Stora projekt
5.1.1	Vårt språk	6.6.3	Myndighetstillsynen
5.1.2	Teorier	6.6.4	En global värld
5.1.3	Modeller	6.7	Varför olyckor fortfarande händer
5.1.4	Metoder	6.7.1	Några klassiska teorier
5.1.5	Verktyg	6.7.2	Systemfel
5.2	Är kärnkraften speciell?	6.7.3	Organisatoriska brister
5.2.1	En olyckspotential	6.7.4	En ny teori
5.2.2	Kärnkraftsteknik	6.8	Människan som komponent i system
5.2.3	Rekrytera och utbilda	6.8.1	Människor i grupp
5.2.4	Ett livscykelperspektiv	6.8.2	En arbetsfördelning
5.3	Organisera för säkerhet	6.8.3	Yrken och institutioner
5.3.1	Kravsystem	6.8.4	Innovationer
5.3.2	Säkerhetsspecialistens roll	6.9	En global värld
5.3.3	Säkerhetsavdelningens plats	6.9.1	En befolkningsexplosion
5.3.4	Byråkrati	6.9.2	Större, snabbare och billigare

- 6.9.3 En ekonomisk ojämlikhet
- 6.9.4 En agenda för hållbarhet
- 6.9.5 Internationella överenskommelser
- 6.9.6 En ny verklighet
- 7 Några rekommendationer
 - 7.1 Akademien
 - 7.2 Nuvarande anläggningar
 - 7.3 Branschen
- Några mer detaljerade rapporter
- Till läsaren
- Erkännande
- Intervjuformuläret
- Referenser
 - Referenser till LearnSafe rapporter
 - Andra referenser
- Förkortningar

LearnSafe projektet; ett återbesök

Björn Wahlström¹

bjorn@bewas.fi, +358 400448710

Sammanfattning: LearnSafe (Learning organisations for nuclear safety) var ett projekt som finansierades av EU under åren 2001–2004. I projektet deltog fem forskningsinstitutioner och nio organisationer från kärnkraftindustrin i Europa. År 2019 kom sammanlagt sex personer samman till ett litet projekt LSrevisited, för se på hur resultaten från projektet har använts och vad som hänt inom kärnkraften sedan projektet avslutades. Projektet ändrade sedan form genom att nya deltagare kom med och några av de ursprungliga föll bort. I vårt projekt har vi läst artiklar, pratat med folk från industrin och skrivit. Föreliggande rapport utgör en sammanfattning av det som hittills har diskuterats. Samtidigt är det tänkt att bitar av denna rapport ska kunna lyftas ut till mera detaljerade rapporter för olika ändamål. Sådana rapporter har påbörjats inom fem olika områden:

- Design; innovation, processer och produkter,
- Komplexitet; definitioner, problem och lösningar,
- Ledningsgruppen; sammansättning, uppgifter och strategier,
- Myndighetstillsyn; funktioner, problem och lösningar.
- Säkerhetsarbetet på kärnkraftverken; innehåll, aktörer och roller

Jag har valt att skriva rapporterna på svenska av två olika orsaker. För det första är svenska mitt modersmål och jag har då lättare att förmedla språkliga nyanser. För det andra går texterna tillbaka till det arbete jag gjorde tillsammans med Carl Rollenhagen under åren 2006 till 2014 i Vattenfalls institut för säkerhet (SMI, safety management institute). Detta arbete ledde då bland annat till att vi skrev en gemensam bok "Ledning av säkerhetskritiska organisationer: en introduktion", som publicerades av förlaget Studentlitteratur AB i Sverige.

1 Inledning

LearnSafe projektet² finansierades mellan 2001 och 2004 av EU:s fjärde ramprogram. I projektet deltog fem forskningsinstitutioner och nio organisationer från kärnkraftindustrin. År 2019 startade vi ett litet projekt för att ta fram information om hur resultaten utnyttjats, vad som har hänt efter 2004 och vad man möjligen kan lära sig av detta. Redan här i inledningen kan man konstatera att projektet inte lyckades speciellt väl i att föra ut resultaten till sina användare. Detta till stor del på grund av tre orsaker. I projektet hade vi antagit att en obetald fortsättning på sex månader skulle vara möjlig för att kompensera för de fördröjningar man alltid får i uppstarten av ett internationellt projekt med många deltagare. Vår vetenskapliga sekreterare vägrade dock kategoriskt att lyssna på våra argument, vilket då gjorde att vi med en stor insats tog fram de totalt åtta dokument som omfattade resultaten (deliverables) som vi hade definierat i vår projektansökan.

Eftersom projektet blev ganska abrupt avslutat, så närde vi ett hopp om att kunna få en fortsatt finansiering från EU. Det var visserligen uppenbart att ett nytt forskningsprojekt knappast skulle få finansiering, men genom att i stället låta industrin ta initiativet hoppades vi på att ett projekt skulle skilja sig tillräckligt mycket från det tidigare för att vara finansieringsbart. Vattenfall i Sverige tog på sig att vara koordinator för det nya projektet. I den ansökningsrunda där projektet lades hade man en möjlighet att få ett preliminärt uttalande för ett utkast till ansökan. Det uttalande vi erhöll var dock så pass negativt, att tanken på att utarbeta en fullständig ansökan skrinlades.

Nästa steg i planerna var då att undersöka möjligheterna att bygga upp ett finsk-svenskt samarbete. Tanken konkretiserades i flera möten med Vattenfall och TVO. TVO ställde dock som villkor att även Fortum i Finland skulle komma med i projektet. I diskussionerna ställde sig dock Fortum negativt till att delta med ett eget bidrag, eftersom man genom ägarandelar både i Forsmark och i Oskarshamn ansåg att man automatiskt borde få del av resultaten. Fortums inställning gjorde att initiativet förföll. I detta skede konstaterade Vattenfall att det ändå rörde sig om relativt små summor och att det därför inte var värt besväret att ta med andra. Slutresultatet blev att Vattenfall i sin egen organisation grundade ett safety management institut (SMI). En

¹ Flera personer har medverkat i tillblivelsen av denna rapport (se nedanför i Erkännande).

² Se <https://www.bewas.fi/learnsafe.html>.

extra fördel var att Vattenfalls vattenkraftanläggningar också kunde dra nytta av verksamheten. SMI startade sin verksamhet år 2006 och den har fortgått sedan dess.

Målsättningen för SMI var att ta vara på användbara idéer från den akademiska världen och omsätta dem i praktiskt arbete på anläggningarna. Detta gav upphov till de kurser i säkerhetsledning, som årligen har arrangerats av SMI. Utöver den egna personalen engagerades också externa föreläsare från den akademiska världen. Kurserna fick ett gott mottagande och man gick till och med så långt på några av anläggningar att man definierade dem som obligatoriska för personer med driftledningsansvar.

Rent generellt kan man se att det knappast på anläggningarna finns en möjlighet att ta del av allt som händer i den akademiska världen. Visserligen finns det konsulter i branschen, som har ett intresse av att marknadsföra nya initiativ. Det har lett till vad vi ibland såg som ett onödigt springande efter modenycker och som i ett längre sammanhang ofta visade sig vara dagsländor. Därför fäste vi i vårt projekt vikt på att från ett större underlag av akademisk forskning försöka vaska fram idéer som är hållbara också i ett praktiskt perspektiv.

Jag sammanfattar en längre tid av läsande och skrivande i denna rapport. Jag använder LearnSafe-projektet som referens för situationen år 2004, vilket gör att man kan få en överblick av de förändringar som har skett i branschen. Detta ger perspektiv på utvecklingen, som kan omsättas för att spegla den framtid som våra nuvarande anläggningar har kvar av sin drifttid. Jag har försökt göra texten tillräckligt allmän, så att den ska kunna förstås av en bred krets. Jag försöker också medvetet i texten ge min egen uppfattning i olika frågor som har dykt upp. Med ett sådant redaktionellt grepp hoppas jag att rapporten får en inriktning som kompletterar andra motsvarande dokument.

I följande avsnitt beskriver jag LearnSafe-projektet i korthet. I det tredje avsnittet beskriver jag vårt perspektiv på säkerhetskultur och lärande organisationer utgående från vad som hänt sedan år 2004. På sätt och vis betyder det en omvärdering av vad man visste då. I det fjärde avsnittet lyfter jag upp några områden där jag uppfattar att en utveckling till det bättre har skett. I det femte avsnittet behandlar jag ämnen som har uppträtt i den akademiska diskussionen under de mellanliggande åren och som kan ha ett inflytande på en kommande utveckling. I det sjätte avsnittet drar jag några slutsatser från den tidigare diskussionen och i det sista avsnittet utvecklar jag dem med en blick framåt.

2 LearnSafe projektet

LearnSafe-projektet föregicks av ett annat projekt EU-projekt ORFA³, som hade gjort en insats för att kartlägga på vilket sätt man kan anta att organisatoriska förhållanden påverkar säkerheten i kärnkraftverken. I en förlängning kan man säga att även ett tidigare projekt⁴ hade bidragit till att skapa ett internationellt nätverk som stödde de senare projekten (Wahlström et al. 1988).

LearnSafe-projektet genomfördes i två distinkta delar. I båda delarna skedde betydande insamlingar av empiriska data i formen av uttalanden av ledningsgrupper och chefer i de deltagande kärnkraftsorganisationerna. Insamlade uttalanden analyserades med två olika metoder (LSd3.pdf). Innehållsanalys (content analysis) görs oftast med speciella datorprogram i två skeden där man i det första skedet väljer ett antal nyckelord för en fortsatt analys och sedan i fortsätter med att dokumentera hur ofta dessa förekommer i det tillgängliga datamaterialet. För den andra analysmetoden använde vi en egen metod för att ge varje uttalande ett numeriskt värde för valda komponenter i en modell. Värdena tolkas då så att de bestämmer en luddig (fuzzy) tillhörighet till modellens dimensioner. Man ger på det sättet varje uttalande en bestämd plats i ett flerdimensionellt rum, som gör det möjligt att tillämpa vanliga numeriska analysmetoder. För analysen kodades alla uttalanden av tre personer som vägdes samman. För detta material kunde då klusteranalys användas för att sortera uttalandena i distinkta grupper. Projektets slutrapport ger en god översikt av datainsamling, analys och resultat av LearnSafe projektet (Wahlström et al. 2005).

³ Organisational Factors; their definition and influence on nuclear safety, Contract No: FI4S-CT98_0051.

⁴ COST-A1 Project: Systems of sociotechnologies and industrial safety.

2.1 Utmaningar i säkerhetsarbetet

I LearnSafe projektets första del identifierades utmaningarna för fortsatt säkerhet genom s.k. Metaplan sessioner. De gick till på så sätt att i ett möte i en grupp på ca tio personer ställdes frågan "Hur uppfattar ni utmaningarna i ledning och styrning av kärnkraftverken?". Deltagarna skrev på kort 3–5 viktiga utmaningarna de såg, korten samlades in och gick igenom så att likartade förslag sattes upp på en vägg bredvid varandra. I den diskussion som följde fick deltagarna ge förslag till förflyttningar av korten så att man kunde identifiera större områden där insatser behövdes i framtiden. Samtidigt gavs de större områdena egna namn. Metaplan sessionerna genomfördes på alla deltagande anläggningar i två olika grupper. Den ena gruppen bestod av personer från den högsta ledningen och den andra från mellanchefer inom olika säkerhetsrelaterade områden. Totalt finns 593 utmaningar antecknade i LearnSafe projektets data-material.

I den fortsatta behandlingen användes intervjuer för att diskutera hur utmaningarna kan tacklas i strategier, planer, åtgärder och handlande. Dessa användes i sin tur för att identifiera hur man föreställde sig att man kunde åstadkomma konkreta förbättringar i säkerhetsarbetet. Allt detta gick sedan som input till rapporten LSd8 som beskrivs nedanför.

2.2 Stöd och hinder för organisatoriskt lärande

I LearnSafe projektets andra del var fokus på de två relaterade begreppen organisatoriskt lärande och lärande organisationer. Det är visserligen uppenbart att det alltid är individer i organisationerna som lär sig och att det således behövs något mera för att en organisations ska kunna karakteriseras som lärande. Detta framgick också tydligt i det material som samlades in om stöd och hinder för organisatoriskt lärande. I en första datainsamling efterfrågades i Metaplan sessioner kännetecken och attribut på organisatoriskt lärande. Sessionerna genomfördes på alla deltagande anläggningar. Resultaten förde sedan vidare för att i gruppdiskussioner på anläggningarna fråga efter vad som främjar eller hindrar organisatoriskt lärande. Dessa resultat användes i sin tur för att fråga hur organisationskultur och olika subkulturer påverkar organisatoriskt lärande. Alla dessa resultat samlades sedan i typen av utsagor, antingen positiva eller negativa, vilket blev totalt 901. En första genomgång klassade sedan dessa som antingen stöd eller hinder. Också detta datamaterial analyserades innehållsmässigt med de två metoder som beskrevs i inledningen till detta avsnitt. Resultaten överfördes sedan till god praxis i dokumentet LSd8.

2.3 Resultaten från projektet

Resultaten från projektet dokumenterades i totalt åtta dokument (LSd1, ... , LSd8, se vidanstående ruta). Indelningen följde i stort existerande projektansökan. Den första rapporten beskriver objektet som studeras, dvs. teknologi, individer, grupp, organisation och omgivning och hur projektet ser på organisatoriska brister, ledningsarbetet och organisatoriskt lärande. Nästa dokument diskuterar organisationsmodeller, säkerhetsarbetet och förändringsmekanismer. Det tredje dokumentet beskriver hur det empiriska materialet samlades in och analyserades. Det fjärde dokumentet beskriver identifierade utmaningar och hur anläggningarna hanterar dem. Här identifieras också några generiska utmaningar för branschen och för projektet. Den femte rapporten lyfter upp egenutvärderingar som ett viktigt tema för organisatoriskt lärande. Nästa rapport behandlar hur kärnkraften samlar upp och analyserar drifterfarenheter och den sjunde rapporten hur allt detta tas om hand i ändringshanteringen. Den sista rapporten kan på ett sätt ses som projektets huvudresultat genom att den ger exempel på god organisatorisk praxis från tre olika infallsvinklar. Denna rapport har utgjort basen för vår enkät och de intervjuer som har genomförts.

Challenges identified in LearnSafe

1. Economic pressures
2. Human resource management
3. Nuclear know-how
4. Rules and regulation
5. Focus and priorities
6. Ageing, modernisation and new technologies
7. Public confidence and trust
8. Organisational climate and culture

Issues in organisational learning

1. Objectives, priorities and resources
2. Formal systems and practices
3. People's attitudes and orientation
4. Corporate culture and traditions
5. Communication, guidance and appraisals
6. Maintaining touch and focus
7. Openness and trust
8. Work community
9. Encouragement and rewards
10. Adequacy of means and methods
11. Networking and cooperation

Deliverables of LearnSafe

1. The research frame of LearnSafe
2. Organisational descriptions
3. Methods and tools for data collection
4. Challenges for the nuclear industry
5. Methods and tools for organisational self-assessments
6. Feedback and analysis of operational experience in the nuclear industry
7. Evaluation and assessment criteria for management of change
8. Good practices for nuclear safety

2.4 Andra rapporter

Under projektet genomfördes också några andra studier som relaterade till speciella intressen som de deltagande organisationerna förde fram under projektets gång (se vidstående ruta). Den första rapporten baserar sig på de utmaningar som identifierades och behandlar hur anläggningarna avser att möta dem. Den andra i listan är ett bidrag till ett EU finansierat systerprojekt till LearnSafe som presenterades på ett gemensamt arbetsmöte. Den tredje rapporten ger en översikt av dåvarande forskning inom organisatoriskt lärande. I den fjärde rapporten diskuteras en idé hur man kunde basera en värdering säkerhetsarbetet på en modell av hur man uppfattar värden i en organisation. I den femte rapporten förs denna idé vidare till ett konkret sätt att göra värderingar av effektiviteten hos säkerhetsarbetet. I nästa rapport beskrev vi en jämförelse av hur kvalitetsarbetet och driftledningen hos FKA och TVO strukturerats. Av speciellt intresse var här hur man såg på den då ofta rekommenderade processorienteringen. I den sjunde rapporten diskuterades organisatorisk styrbarhet och hur begreppet ska uppfattas och användas. Här baserade sig intresset på den planerade sammanslagningen av Barsebäck och Ringhals. Nästa rapport baserar sig på en jämförelse mellan FKA och TVO med avseende på kompetenshantering. I den nionde rapporten diskuterar vi olika sätt att strukturera en organisation inom kärnkraften. Här för vi bland annat fram tanken att det finns ett antal balanser som ledningen måste ta hand om. I nästa dokument diskuteras säkerhetsledning med en utgångspunkt att hitta och lösa problem. I det elfte dokumentet beskrevs sammanslagningen av Barsebäck och Ringhals och vilka lärdomar man kunnat dra av processen. Den näst sista rapporten behandlade en organisationsförändring på OKG. Intresset här kom av att myndigheten i Sverige, inspirerade av kolleger i England, krävde att en säkerhetsanalys ska göras för varje större organisationsförändring. I den sista rapporten beskrevs och analyserades, efter ett besök hos WANO i Paris, olika sätt att göra de s.k. peer reviewerna.

Additional reports of LearnSafe

1. Strategies, plans and actions in response to challenges at NPPs
2. Safety performance indicators for NPPs
3. Theoretical approaches to organisational learning
4. Towards an assessment of safety activities and their associated organizational context
5. Safety management of NPPs: Values and balance of attention
6. Quality activities, operations management and process orientation
7. Organisational controllability
8. A discussion of core competencies
9. Reflections on organisational structures in NPPs
10. Safety management as problem – identification and problem – solving
11. Merging two organisational cultures
12. The path to a new organisational structure
13. Reflections on the WANO peer review process

2.5 Dokumentering och rapportering

I projektet dokumenterades allt efter det fortskred och alla dokument samlades på en CD-skiva som tillställdes alla deltagare. Vi har inte kunnat få information om vad som hände med CD-skivorna, men vår gissning är att de i bästa fall registrerades och sparades, men ibland helt enkelt försvann, utan att få någon större uppmärksamhet.

Projektet rapporterades officiellt på ett halvtidsseminarium i WANOs lokaler i Paris och på ett slutseminarium i VTTs lokaler i Esbo. Projektet har också rapporterats på internationella möten och konferenser som framgår från informationen på projektets websidor. Projektet har dessutom rapporterats i form av kapitel i några böcker. Projektets websidor öppnades tidigt med material på VTTs server och kan ännu nås på adressen <http://virtual.vtt.fi/virtual/learnsafe/index.htm>. Dessa sidor innehöll dock inte de rapporter som deltagarna hade fått på sin CD skiva. Eftersom vissa delar av materialet har ett mera allmänt intresse beslöts i början av år 2018 att också dessa kunde laddas ner.

2.6 Ett genomslag av resultaten

Inom den akademiska världen bedöms prestation från hur många gånger en artikel eller rapport finns med i referenslistan i andra artiklar och rapporter. I tabell 1 har jag samlat antalet referenser av de artiklar och rapporter som från början varit tillgängliga på LearnSafe-projektets websida. Man kan se tydliga trender. Artiklar har bättre genomslag än kapitel i någon redigerad bok och rapporter som finns på en websida får knappast några citat överhuvudtaget. Man kan också se att ett etablerat författarnamn får betydligt större antal citat än andra. För den artikel som fått de flesta citaten (147) är visserligen fyra sådana där författaren citerar sig själv.

Genomslaget på anläggningarna bedömer vi som litet. Kanske först och främst för att tiden i projektet inte räckte till för att finslipa rapporteringen, men kanske även för att man på anläggningarna kanske inte har den vana som behövs för att läsa akademiska artiklar. En av orsakerna är visserligen att man måste läsa många

artiklar för att kunna få en uppfattning om ett område, eftersom de akademiska artiklarna oftast begränsar sig till sig på ett litet delområde som de behandlar i detalj.

Här ser vi möjligheter till förbättringar. Ett forskningsprojekt borde anpassa åtminstone en del av sin rapportering i mera handfasta "gör så här" rapporter, som har kommit till i ett direkt samarbete mellan forskarna och valda kontaktpersoner på anläggningarna. Exakt hur sådana rapporter borde se ut är svårt att ta ställning till på ett generellt plan, men olika möjligheter kan säkert hittas. Ett undantag från denna allmänna bedömning utgörs dock av Vattenfalls anläggningar i Forsmark och Ringhals, i och med att de har stött SMIs verksamhet och rent konkret använt sig av de årliga kurserna i sin säkerhetsledning.

2.7 En uppföljning av projektet

I början av 2019 samlades vi i en liten grupp för att diskutera en möjlighet att i en fortsättning samla in de resultat som LearnSafe projektet hade genererat och spegla den mot den kunskap om säkerhetsarbetets innehåll som hade samlats under de femton år som gått sedan projektet avslutades. Vi fullföljde initiativet och vidgade så småningom arbetet att omfatta forskare även utanför Finland och Sverige. Arbetet resulterade efter diskussioner både internt och externt till en artikel som beskriver de insikter som erhöles efter intervjuer med representanter från kärnkraftverk i fem länder slutförts (Schöbel et al., 2022).

De rekommendationer som LearnSafe projektet samlade finns tillgängliga i dokumentet Good practices for nuclear safety (LS_d8.pdf). Dokumentet har också använts i den enkät som togs fram och de intervjuer som har gjorts. Av praktiska orsaker kortades dock antalet punkter inom de olika områdena ner till tre och översattes till aktuella språk (finska, spanska, svenska, tyska). Den engelskspråkiga enkäten användes som norm i översättningsarbetet trots att den inte språkgranskats eller utvecklats språkmässigt i samma utsträckning som de översatta versionerna. Om man vill karakterisera dokumentet och den enkät som togs fram kan man säga att den representerar tre olika synvinklar på säkerhetsarbetet och vad de borde definiera i form av krav, skyldigheter och lösningar. Detta betyder visserligen att samma ämnen ibland återkommer i enkätens tre avsnitt, men ingen av de intervjuade tyckte att det störde. Den svenskspråkiga versionen av enkäten finns som bilaga till denna rapport.

När man nu i efterhand försöker bilda sig en uppfattning om hur aktuellt dokumentet var år 2004 kan man till exempel använda sig av en artikel som publicerats i Safety Science (Swuste et al., 2018). Man kan då säga att allt väsentligt när det gäller teorier, modeller och metoder speglades i dokumenteringen av LearnSafe. Vi anser det således motiverat att använda LearnSafe som en referens för situationen på anläggningarna år 2004.

2.8 Ett slutresultat

Artikeln (Schöbel et al., 2022) bör inte ses som ett slutligt resultat av vårt arbete, eftersom varje forskningsinsats av betydelse ofta genererar flera nya frågor än de frågor som besvarades i arbetet som gjordes. I artikeln lyfter vi fram tre frågor som vi ser som intressanta att gräva vidare i

- kärnkraften har enligt vår uppfattning visat sig speciell på många sätt, vilket gör att en förväntan om att kärnkraften ska lära sig av andra säkerhetsorienterade industrier och att de i sin tur ska lära sig av kärnkraften knappast kan fungera helt generellt,
- det visade sig att de tre storolyckor (TMI, Tjernoby, Fukushima) tydligt har påverkat sättet att se på kärnkraften och hur den i sin tur agerar. Tyvärr visade sig också att man i princip kan se alla tre som onödiga i den avseende att, man borde ha kunnat undvika dem om man före dem hade använt sig av tillgänglig information, vilket har att göra med hur organisatoriska svagheter och mänskliga misstag hanteras i riskanalysen,
- samarbetet mellan akademisk forskning och industriell verksamhet kan också anses fungera otillfredsställande på så sätt att de båda sektorerna verkar ha isolerat sig och inte i tillräcklig utsträckning stöder utvecklingsarbete som syftar till större effektivitet och säkerhet.

Vad som borde hända för att finna lösningar på dessa ganska generella problem är tills vidare oklart, men jag hoppas att fortsatta diskussioner ska kunna leda fram till olika förslag. Jag är medveten om att denna rapport knappast kan bidra till att föra frågorna vidare, men jag hoppas i alla fall att någon av mina yngre kolleger kan ta upp frågorna och hitta en lämplig samarbetspartner för att göra en mera helgjuten insats för att lyfta upp frågorna ovanför.

3 Säkerhetskultur och lärande organisationer

LearnSafe-projektet riktades speciellt in sig på vad man kunde kalla den organisatoriska komponenten i säkerhetsarbetet. För att förtydliga vad detta kan betyda i praktiken kan man med dagens termer säga att det rör sig om säkerhetskultur och lärande organisationer. Jag försöker i detta avsnitt ge vår uppfattning om situationen år 2004 och vad som hänt under de år som har gått sedan dess. Från detta identifierar jag några frågor som har fått en större vikt under de senaste åren och som således speglar det som man inte direkt hade tagit hänsyn till när LearnSafe projektet definierades. Bidrag till detta underavsnitt kommer dels från den akademiska världen, dels från internationell verksamhet inom säkerhetsområdet, men också från de kommentarer vi har fått i intervjuerna.

3.1 Situationen 2004

Situationen inom kärnkraften år 2004 kan karakteriseras av en begynnande optimism. Man hade klarat av chocken från Tjernobyl. Väst- och Östtyskland hade förenats. Sovjetunionen hade förbytts till ett Ryssland där situationen hade stabiliserat sig. Den allmänna opinionen i världen hade accepterat en kombination av liberalism och kapitalism som det bästa systemet. Begreppet säkerhetskultur hade satt sig och IAEA hade stigit fram som en huvudadvokat för att tala om metoder hur man borde utveckla säkerhetskulturen på anläggningarna. Beslutsstöd och artificiell intelligens hade i stort glömts bort från en tidig entusiasm under 1980-talet. Säkerhetsarbetet styrdes av en alltmer växande mängd av både nationella och internationella krav. Inom säkerhetsforskningen kunde man se enstaka artiklar som behandlade komplexitet och hur man borde hantera programmerbar elektronik. Ganska litet fanns skrivet om olika organisatoriska mekanismer man borde beakta i säkerhetsarbetet. Dilemmat att samtidigt se både till helhet och till detaljer var uttalat, men var kanske inte lyft till den nivå det förtjänar.

3.1.1 Säkerhetskultur

Begreppet säkerhetskultur introducerades av IAEA i rapporten INSAG-1 och den fick så gott som genast ett stort genomslag. Det tog en tid innan branschen hade hunnit ställa om sig för det nya konceptet, men nu räknas allt som handlar om människor till begreppet säkerhetskultur. Detta är inte i enlighet med hur man inom akademisk forskning associerat med begreppet kultur. Konferensen i Wien 1995 (Carnino, Weimann, eds 1995) förde med sig ett genomslag inom kärnkraftsbranschen, men också här kan man i de enskilda presentationerna se en osäkerhet i vad man egentligen menar med begreppet. Frågan är om begreppet ska ses som en norm eller något som kan observeras i en organisation är fortfarande inte löst och kommer antagligen att finnas kvar i en överskådlig framtid.

Det att en enkät ger som resultat att säkerhetskulturen i en organisation är god, behöver inte betyda att den faktiskt är det (Antonsen, 2009B). Exemplet från offshore beskriver hur en mätning visade att allt var väl, men att man sedan efter en incident ett och ett halvt år senare kunde visa på ett stort antal brister. Min klara uppfattning är att man inte ska lägga allt för stor förväntan på att goda resultat i en säkerhetskulturenkät faktiskt ger en mätning av verklig säkerhet.

En annan studie som jag uppfattar som relevant i detta sammanhang är (Morrow et al. 2014). Detta var en mycket stor studie som täckte in majoriteten av kärnkraftverken i USA. Totalt analyserade man 2876 svar från 63 olika sajter, dvs. ett mycket imponerande datamaterial. Vad kommer man fram till? Man hittar totalt nio faktorer som förklarar variabiliteten i materialet och de korrelationer man hittar i området mellan uppmätt säkerhetskultur och iakttagna prestationsindikatorer på säkerhet rör sig i området mellan 7 % och 21 %. Knappast ett övertygande resultat.

På senaste tid har man även frågat sig hur man kan vänta sig att en nationell kultur påverkar säkerheten i anläggningarna. Försök att svara på frågan har redan genomförts i Sverige och Finland (NEA, 2018; NEA, 2019). Man kan visserligen fråga sig varför ingendera rapporten refererar till Geert Hofstede (1997, 2010), som ju i alla fall är ett av de centrala namnen när det gäller nationella kulturer. Bidrag från akademien har jag hittat i två artiklar (Zotzmann et al. 2019; Yorio et al. 2019). Konklusionen från dem är att nationell kultur påverkar, men jag har svårt att se att detta förhållande påverkar hur man på anläggningarna borde förhålla sig till begreppet säkerhetskultur. Mitt intryck är att de studier som hittills har gjorts kanske ger de inblandade något, men att de trots allt reflekterar mera olika förutfattade meningar än fakta som kan användas i en strategisk planering.

Man kan fråga sig hur detaljerat man vill definiera säkerhetskultur, dvs. skapa något slag av understruktur av vad man menar med begreppet (Vierendeels et al. 2018). Jag anser att begreppet säkerhetskultur uppfattas av olika personer på ett mycket olika sätt och att det därför knappast hjälper, även om man skulle hitta en stabil

understruktur. Min rekommendation är därför att man låter begreppet stå för sig själv, utan att gå in alltför mycket på hur det uppfattas av olika personer. Däremot kan man med fördel använda begreppet i övergripande gruppdiskussioner om säkerhet för att skapa en större förståelse för hur begreppet säkerhetskultur uppfattas i olika organisatoriska enheter (Wahlström, Rollenhagen, 2009). Jag vill dock varna för att man använder begreppet i hopp om att få en indikator på verklig säkerhet, men jag kan dock vara överens med Le Coze (2019A) om att begreppet hjälper oss att tänka.

3.1.2 Två olycksteorier

Två konkurrerande teorier om hur olyckor uppstår hade lanserats redan före LearnSafe projektet startades, dvs. normal accidents (NA, Perrow, 1984) och high reliability organisations (HRO, LaPorte, Consolini, 1991; Rochlin, et al. 1987). De båda teorierna diskuterades intensivt inom akademiska kretsar efter att Sagan (1993) publicerat sin bok, som ställde begreppen mot varandra. Inom LearnSafe var väl HRO-teorin en lättnad, i synnerhet om man kunde visa att kärnkraften uppfyllde de kriterier (LaPorte, 1996) som ställdes. Idag kan man väl säga att man insett att de båda teorierna har sina egna platser och kanske sist och slutligen representerar två synsätt som i stort kompletterar varandra (LeCoze, 2016). Jag finner det empiriskt stött att organisationer över långa tidsrymder kan fungera säkert, men att detta förutsätter ett aktivt och insiktsfullt agerande av både ledning och personal.

3.1.3 Villkor för säkerhet

Frågan vad som är tillräckligt säkert väcktes tidigt (Starr, 1969), men den har fortfarande inte fått något uttömmande svar. I en reflektion av utvecklingen under de senaste två decennierna, så kan man säga att trenden från 2004 inte har brutits. Man utvecklar alltmer nya krav, men man är inte villig att ta bort något. Man kan väl säga att kraven har skärpts och för det mesta till det bättre, men ibland också så att de blivit mera detaljerade. En sådan utveckling är inte bra, eftersom det faktiskt kan betyda att vissa kanske goda lösningar kommer att uteslutas.

Jag har försökt utveckla tanken om nödvändiga och tillräckliga krav på säkerhet (Wahlström, 2018b), för att motverka att kravsystemen flödar över alla bredder. Man kan nämligen argumentera för att hur noga man än försöker få med allt som man tror att är viktigt, så kommer kravsystemen ändå vara ofullständiga (jfr. 5.6.3). Man kunde då åtminstone tänka sig en alternativ väg, som skulle betyda att man från ett begränsat antal krav på en hög nivå, konstruerar en argumentering från kända säkerhetsprinciper som gäller för det fall man önskar behandla. Det skulle samtidigt betyda att argumenteringen förs på en principiell nivå, vilket också skulle göra det möjligt att enklare ta fram säkerhetsargumentering för nya konstruktioner. Här kanske man kunde inspireras av hur man i Storbritannien hanterar de 36 krav man ställer på sin kärnkraft (ONR, 2017).

3.1.4 Organisatoriska frågor

När LearnSafe projektet drevs var det några frågor som var aktuella. En fråga var vilket som är bättre linjeorganisation eller processororientering. Linjeorganisation var det som användes, men sedan hade man med konsulter hjälp börjat inse att man borde styra sina processer så att de får kontinuitet i skarvarna mellan olika organisatoriska enheter. Diskussion gick till och med så långt att man i diskussionen om ett av IAEAs dokument hade fallit för rekommendationen att helt skrota linjeorganisationen och förlita sig på en processororientering, vilket kanske inte var motiverat. Min uppfattning är att en klar linjeorganisation behövs på anläggningarna, medan kravet på smidiga processer bör ses som något man försäkras sig om genom instruktioner och utbildning.

I slutet på 1990-talet fördes en intensiv diskussion om *business reengineering* och *lean organisations*. Diskussionen syftade till att dels hitta och ta bort onödigt arbete, dels att införa mera effektiva arbetsmetoder. Här förekom också åsikten att ett företag borde koncentrera sig på sin kärnverksamhet och således outsourca de komponenter som inte direkt stödjer kärnverksamheten. Man kan väl säga att kärnkraften liksom annan industriell verksamhet drabbades av en hord av konsulter som visste bättre i allt, utan att för den skull bli ställda till svars om deras rekommendationer inte fungerade. Man kan väl säga att situationen år 2004 hade lett till att många kärnkraftverk hade fått organisationer som kanske i efterhand kunde karakteriseras som anorektiska.

Om man ser på dåtida management litteratur fanns det en hel del skrivet om vilka förhållanden man bör se till för att få en effektiv organisation. Bland annat talade man om *empowerment* som antogs höja motivationen hos alla medarbetare. Detta samband har knappast ifrågasatts varken i Finland eller i Sverige. Man kan också konstatera att personalen på kärnkraftverken har givits i stort sett så fria händer att medverka, som det är möjligt i en säkerhetsorienterad organisation. Mitt intryck är även man i stort sett lyckats hantera

organisatoriska frågor på ett tillfredsställande sätt, trots att det alltid tycks finnas frågor som på något vis upplevs som kontroversiella.

3.1.5 En syntes

Jag vill redan här lyfta upp ett av de mera övergripande resultat som jag tycker har framkommit sedan LearnSafe projektet startades. Det har att göra med de processer som måste hanteras för att säkerhetsarbetet ska kunna fungera. Först och främst måste en säkerhetsredovisning finnas. Den uppstår i en första version i den design och konstruktionsprocess som leder till att en anläggning står färdig för att driftsättas. I princip betyder det att alla system finns beskrivna med stor noggrannhet så att driftpersonalen kan konsultera dokumentationen när frågor uppstår. Mera konkret betyder det att man har gått igenom olika händelseförlopp och utvecklat instruktioner för vad man ska göra i olika situationer. Här finns därför instruktioner för att sköta uppstarter och avstängningar, samt beskrivningar för hur olika störningar och nödsituationer ska hanteras. Till paketet hör även beskrivningar av det ledningssystem som ska tillämpas på anläggningen.

Nu är det ju så att hur väl man än har skött design och konstruktion så finns det alltid svagheter som man av olika orsaker inte har tänkt på tidigare. Dessa visar sig då under driften av den egna anläggningen och genom att samla erfarenheter från alla världens kärnkraftsanläggningar. Det betyder alltså att driftorganisationen från början måste ha ställt upp en process som ser till att väsentliga drifterfarenheter samlas in och analyseras. Detta sköts dels genom direkta händelseanalyser, dels genom att mera allmänt ta till sig annan relevant drifterfarenhet. För händelseanalyserna har flera olika typer av instruktioner utarbetats, vilka dock alla i stort sett är lika, genom att de svarar på frågorna vad och varför samt slutar med förslag till hur sådana händelser kan undvikas i framtiden.

Erfarenhetsåterföringen samlas i händelser, men det är kanske mera viktigt att ta hand om olika typer av iakttagelser från den dagliga driften där man har stött på oväntade situationer. Ofta blir det då så att man sett att något fungerat dåligt och som man kanske vill korrigera. Detta leder då till en process som kunde kallas ändringshantering, som också måste genomföras med en tillräcklig noggrannhet för att man inte ska få nya problem när man korrigerar de gamla. En större ändring medför då att man måste förnya delar av den ursprungliga säkerhetsredovisningen och kanske även måste få myndighetens godkännande av föreslagna ändringar. I en rapport från OECD/NEA (2005) kan man se att ett stort antal händelser faktiskt har inträffat på grund av att detta förarbete inte har gjorts tillräckligt noggrant.

Den sista viktiga processen som måste finnas på plats är en ständig återanalys av säkerhetsarbetets effektivitet. Man ska naturligtvis skapa sig en uppfattning om anläggningens inneboende säkerhet, som kanske bäst kan redovisas i en uppskattning av hur stor sannolikheten för en härdskada är. Som ett exempel har detta kontinuerliga ifrågasättande lett till att anläggningarna i Finland har kunnat påvisa en minskning i sannolikheten för härdskada har kunnat minskas med en storleksordning (Himanen et al. 2012). Denna förbättring hänför sig till att man så småningom genom att se möjligheter i den ursprungliga säkerhetsanalysen väljer att bygga bort upptäckta brister. På motsvarande sätt bör man försöka uppskatta hur effektivt säkerhetsarbetet i sig själv kan vara för att om möjligt göra det mera effektivt.

3.2 Vad har hänt sedan år 2004

Inom kärnkraften var man optimistisk och såg fram mot att bygga nya anläggningar ända tills år 2011 då Fukushima olyckan inträffade. Den var förorsakad av en yttre händelse, men den förde i alla fall med sig en osäkerhet i finansieringsbilden, som gjorde att många länder skrinlade tidigare planer. Olyckan ledde till massiva aktiviteter i alla kärnkraftsländer. Inom de internationella kärnkraftsorganisationerna IAEA, OECD/NEA och WANO har man nu i mångt och mycket genomfört det stora arbete som bara var påbörjat år 2004. I den akademiska världen hade ett nytt begrepp *resilience engineering* (Hollnagel et al., 2006) tagits fram, som redan har inspirerat många nya studier. Ny teknologi hade varit framme i LearnSafe arbetet, men nu måste man även vara beredd på hot som har att göra med dataintrång. Man kan också säga att samhället av idag karakteriseras av ett större tryck på individen och större osäkerheter inom den politiska sfären än vad som var fallet år 2004.

3.2.1 Fukushima

Jordbävningen och tsunamin i Japan den 11 mars 2011 uppfattas idag som en olycka inom kärnkraften trots att skadorna på anläggningarna i Daiichi förorsakades av en extern händelse. När man granskar händelsesekvensen i Fukushima Daiichi bör man dock beakta att även två andra anläggningar på Japans östkust utsattes för samma händelse utan att motsvarande skador blev resultatet. Enligt vad jag har kunnat läsa om

anläggningarna Onagawa och Fukushima Daini har orsaken tydligen varit personer med en djup insikt i kärnkraftens risker, som agerade kraftigt för att hindra konsekvenserna av en tsunami. Onagawa hade redan i konstruktionen flyttat sina dieslar så högt upp att de inte drabbades. Konstruktionen för Fukushima Daini var i huvudsak samma som systeranläggningen, men man lyckades här uppbyda personalen till att på kort tid installera flera kilometer av högspänningskabel för att förse anläggningen med elektricitet.

Man har argumenterat för att bidragande orsaker till att tsunamin ledde till en katastrof kan spåras i kärnkraftens sociala nätverk i Japan. Man hade tydligen före olyckan insett att skyddet mot en tsunami var otillräckligt, men efter år av förhållande fortsatte man att driva anläggningarna. Detta till trots att en uppenbar händelsekedja hade hittats, där ett enskilt fel kunde hota anläggningen. I Sverige hade man i en motsvarande situation efter silhändelsen i Barsebäck den 28 juli 1992, valt att ställa av fem reaktorer och inte starta dem förrän nödvändiga anläggningsändringar hade införts.

Politiskt var kanske Tysklands Energiewende den mest genomgripande konsekvensen av olyckan, men jag har förstått att den också gjorde att Vattenfall skrinlade sina tankar på att byta ut någon av de gamla enheterna mot en ny. Det som tillkom världen över var s.k. stresstester där man speciellt värderade hur yttre omständigheter såsom extrema klimatförhållanden och översvämningar kunde påverka anläggningarna och vad ett gemensamt fel på flera av anläggningarna på en sajt kunde betyda. Till detta tillkom översyner av beredskap inför storolyckor i de flesta länder, eftersom det var uppenbart att beredskapsplaneringen på de japanska anläggningarna inte hade fyllt en internationell kravnivå.

På det hela taget tycker vi inte att de tre storolyckorna TMI, Tjernobyli och Fukushima på något sätt fört med sig kunskaper eller erfarenheter, som skulle tala för att inte nuvarande myndighetskrav skulle kunna garantera en tillräcklig säkerhet (Schöbel et al., 2022). Samma slutsats tycks även andra komma till (Gallucci, 2012).

3.2.2 Myndighetstillsynen

När jag ser på myndighetstillsynen i Finland och Sverige kan man konstatera att en hel del har hänt sedan 2004. I Finland slutfördes en större uppdatering av YVL-guiderna 2013, vilket dock inte har hindrat att fortsatta uppdateringar har ansetts nödvändiga. Uppdateringarna har syftat till att ge riktlinjer för anläggningarna Olkiluoto-3 och Hanhikivi-1, som enligt nuvarande planer ska producera elektricitet 2022 och 2027⁵. I Sverige hade man 2004 hos SSM igångsatt förberedelser för att kunna licensiera nya anläggningar, som dock inställdes efter Fukushima olyckan. Arbetet hade visserligen framskridit så långt att år 2013 en större uppdatering av alla SSMFS dokument initierades. En del arbete finns ännu kvar att göra, men uppdateringarna är nu stort sett genomförda.

I och med att industrin i Finland sedan början av 1980-talet har varit och fortfarande är beredd på att bygga nya reaktorer, har man hos STUK upprätthållit en beredskap att licensiera nya anläggningar. I Sverige har inte en liknande beredskap funnits efter folkomröstningen år 1980. Tankeförbudslagen godkändes år 1986, men från och med 2009 var det möjligt att ersätta gamla reaktorer med nya. Vattenfall lämnade in en ansökan till SSM år 2012 om att få ersätta en eller två av de gamla svenska reaktorerna med nya, men har dock senare meddelat att nya reaktorer inte är aktuella.

I Finland och Sverige har man hos myndigheterna följt med vad som har hänt på den internationella arenan. IAEA har nu så gott som helt nått sitt mål att tillhandahålla ett fullständigt paket med internationella normer på kärnkraftsområdet. Utvecklingen har satt sina tydliga spår i de föreskrifter som tagits fram av SSM och STUK. På anläggningarna i Finland och Sverige är man naturligtvis beroende av de nationella kraven och här har anläggningarna gjort ett omfattande arbete genom att kommentera tidiga utkast till de nya kraven. På anläggningarna kan man också se ett betydligt större internationellt engagemang i den verksamhet som WANO bedriver. Anmärkningsvärt är att man inom WANO efter Fukushima nu också kan tillåta sig att kritisera en teknisk utformning av anläggningarna i ett land.

Beträffande aktiviteter inom IAEA vill jag peka på begreppet säkerhetskultur som vår mening blivit överpoängterat i förhållande till andra delar av säkerhetsarbetet. Här har initiativrika personer från Frankrike, Sverige, England och Norge bidragit till att cementera den definition av begreppet som gavs 1991 (INSAG-4). Aktiviteterna har lett till ett stort antal konferenser där praktiker har berättat om hur de upplever begreppet, utan att kritiska kommentarer från den akademiska världen har syntts eller hörts. I ett opublicerat föredrag har vi diskuterat några av de problem man kan se med begreppet (Wahlström, Rollenhagen, 2009).

⁵ Projektet har stoppats som konsekvens av kriget i Ukraina och tills vidare vet man inte vad som kommer att hända på platsen.

3.2.3 Resiliens

Begreppet *resilience engineering* fördes fram i boken⁶ och kan sägas ha att göra med att planera för organisationens elasticitet eller återhämtningsförmåga i ovanliga situationer. Begreppet resiliens "upptäcktes" på nytt av grupperingar som tydligen inte tidigare hade sysslat med risk och säkerhet (Linkov et al. 2013). Detta ledde till diskussioner i olika sammanhang och till en gemensam artikel med 22 författare (Linkov et al. 2018). Min uppfattning är att de senkomna författarna gjorde problemen alltför enkla för sig och därför drog på sig kritik. Synsättet har dock sina fördelar och en konstruktion som stöder ett återtagande av normal drift naturligtvis alltid har sin plats. Resiliens är dock inte bara en statisk förmåga att återställa, utan en dynamisk egenskap, vilket betyder att använda modeller och strategier också kan omvärderas beroende av situationen (Lundberg, Johansson, 2019). Harvey et al. (2019) diskuterar med exempel från byggnadsindustrin hur begreppet kunde användas för att definiera åtaganden i det praktiska säkerhetsarbetet.

När ett nytt koncept som resiliens föreslås och införs inom säkerhetsområdet väcker det naturligtvis först ett stort intresse och många forskare tar upp begreppet i sitt eget arbete. Sedan blir industrin och myndigheterna intresserade av hur begreppet ska behandlas och införas i det praktiska arbetet. När tiden går kan man sedan ofta särskilja olika tolkningar som inte var tänkta från början. Du Plessis och Vandeskog (2020) diskuterar hur tre olika tolkningar av resiliens kan konstrueras, 1) den tolkning som forskarna tänkt sig, 2) för att användas som skrappprat för att skyla över brister i pågående arbete och 3) för att avpolitiserat risker och befördra operatörernas ansvar. Vad man än menar att begreppet betyder, så betyder det inte att det revolutionerar sättet att göra riskanalys, eftersom man knappast kan fundera på återhämtningsförmågan för ett system om man inte vet vilka hot det kan utsättas för.

3.2.4 Säkerhet1 och säkerhet2

Begreppen säkerhet1 och säkerhet2 (Hollnagel, 2014) kan ses som en utveckling av begreppet resiliens. Säkerhet1 är kopplad till klassisk riskanalys och säkerhetsteknik där man identifierar olika hot och ser till att de byggs bort. Säkerhet2 argumenterar däremot att man hellre ska se på vad som fungerar bra och använda detta som en riktlinje. På det hela taget är det kanske inte så stor skillnad mellan synsätten, eftersom man också för säkerhet2 på något sätt måste definiera i vilka situationer man borde ha en återhämtningsförmåga och således fundera på vad man borde göra, för att systemen ska kunna gå tillbaka till det normala. Detta kan visserligen ge nya uppslag till hur man borde planera för att ta hand om störningar av olika slag (Labaka et al. 2015, Teperi et al. 2017).

Säkerhet2 erbjuder också ett slag av plattform för att i en händelseanalys börja med att diskutera vad som gick bra och först därefter fundera på vad man kunde ha gjort på ett annat sätt för att minska de problem man såg. Detta är otvivelaktigt ett användbart grepp för att skapa en öppenhet i analysen. Det Human Factors verktyg som Teperi et al. (2017) föreslår, erbjuder också ett naturligt sätt att starta en sådan diskussion. Tanken att verktyget kunde datoriseras för att bli praktiskt användbart kan också värt att undersöka, för att göra det enklare för driftorganisationen att ta tillvara och lagra den erfarenhet som alltid förmedlas av en oväntad händelse.

3.2.5 Ny teknologi

Ny teknologi diskuterades i viss mån i LearnSafe. Då var ett av problemen man såg att hitta reservdelar till system, ofta då datorer och kontrollsystem, som ohjälpligt hade blivit gamla. De lösningar man valde kan sammanfattas i tre olika strategier, dvs. 1) att byta ut hela system, 2) ersätta funktioner med något ganska lika och 3) att restaurera elektronikkort med komponenter från gamla kort. Idag kan man väl säga att det första alternativet blivit det man hållit sig till, men det har visat sig mycket svårt att bygga upp en tillförlitlig argumentering för att de nya systemen uppfyller gällande myndighetskrav. Svårigheten har här legat främst i att samla argument för att de nya systemen inte företar sig något oväntat i någon som helst situation.

Det som har tillkommit är ett krav på säkerhet mot yttre angrepp på alla programmerbara system som används på anläggningarna. Jag vill dock inte här gå in på detaljer av detta krav, som i värsta fall kan leda till en mycket svårhanterad argumentering i stor detalj. Vad som också har tillkommit är ett nyvaknat intresse för artificiell intelligens, som kan ge nya möjligheter för både konstruktions- och driftstöd. Problemet är dock här att argumentera för att de nya systemen inte för med sig nya säkerhetsrisker.

⁶ Hollnagel, E., Woods, D.D., Leveson, N., 2006. Resilience Engineering; Concepts and Precepts, Ashgate.

3.2.6 Attityder och beteenden

En återkommande diskussion inom säkerhetsarbetet har varit huruvida och på vilket sätt attityder och beteenden påverkar säkerheten. Bland resultaten från LearnSafe finns en rapport (LSa2.pdf) som går in på detta. Utan att här gå närmare in på sakfrågan, anser jag i att tillgängliga medel för en ökad säkerhet naturligtvis bör integreras i säkerhetsarbetet i en utsträckning som kan anses ändamålsenlig. En viktig regel i detta sammanhang är att i princip vem som helst som upplever att ett arbete inte är säkert ska kunna avbryta det (Weber et al. 2018), trots att en sådan regel i viss mån måste betingas av omständigheterna.

Det finns också olika typer av mer eller mindre standardiserade verktyg för att höja människors prestation (human performance tools), som kan och bör användas (IAEA, 2013). Beroende på område kan säkert många olika typer av hjälpmedel användas (Combs et al. 2006; Oedewald et al. 2015)

En annan fråga är i vilken mån man kan använda sig av puffar (nudge) i säkerhetsarbetet. Richard Thaler fick 2017 Nobels minnespris i ekonomi och det har föranlett att frågan ställts om principen kan användas i säkerhetsarbetet (Lindhout, Reniers, 2017). Författarna gör en bra analys av frågan och förhåller sig försiktigt positiva till att principen kan användas i industriella sammanhang för att försiktigt puffa beteenden i en önskad riktning.

3.2.7 Samhället

Man kan också argumentera för att samhället har ändrat sig sedan år 2004 då levde man ännu i euforin av att tudelningen av världen mellan två stormakter hade försvunnit. Nu har dock Rysslands invasion i Ukraina gett en förvarning om ett nytt kallt krig. Globaliseringen sågs också tidigare som en positiv sak. Visserligen hade branschens stora leverantörer problemet att nya anläggningar inte byggdes i världen. Detta har visserligen ändrats i en viss utsträckning, genom att nu ungefär 50 nya anläggningar byggs och ett hundratal anläggningar planeras. Det är visserligen främst i nya kärnkraftsländer man ser ett intresse för stora anläggningar, medan man i de gamla kärnkraftsländerna har ett större intresse för små modulära reaktorer (SMR).

I samhället i stort kan man idag se tre trender. Medvetenheten om att man borde göra något åt en global klimatförändring betydligt större nu än för femton år sedan. Detta skulle visserligen kunna ge kärnkraften en ny start, men enligt vår uppfattning finns det för närvarande inga tecken på att man kommer att hinna med den massiva utbyggnad fram till åren 2035 och 2050, som identifierats som viktiga milstolpar i en utveckling mot icke fossila lösningar. Den andra trenden är kopplat till en större osäkerhet för vad som kommer att hända i en nära framtid. Här ser man det faktum att Trump valdes till president i USA, England har tagit sig ur EU, Ryssland har återupplivat sina stormaktsambitioner och Kina för en expansiv politik som ett tecken på att nästan vad som helst kan hända. Till detta förekommer speciellt i sociala media en diskussion där man inte verkar vara beredd att hålla sig till fakta, utan nästan är villig att framställa också stora lögnar som gångbara sanningar.

En annan trend är kanske närmare det som anläggningarna ser. Kraven på personalen i alla organisationer har ökat. Man har svårare att skilja mellan arbete och fritid, trots att en ny typ av konsulter har framträtt och argumenterar för att anställda ska kunna säga nej till krav som inkräktar på fritiden. Situationen idag är kanske inte den samma som i början av 1960-talet då arbetsgivarna i stor utsträckning ställde överstora krav, men en närvaro 24/7/365, som många branscher idag förutsätter, kan bli dyr och svårhanterad om personalen inte ställer upp utanför normal arbetstid. COVID pandemin gav visserligen exempel på att nästan allt arbete kan skötas över nätet.

Till sist kan man väl i detta sammanhang konstatera att det både i Finland och i Sverige fanns en begåvningsreserv när kärnkraften byggdes ut. Det gjorde att man hade lätt att rekrytera kunniga personer. Situationen nu är en helt annan. Kärnkraftverken tvingas konkurrera med annan industri från ett underläge i och med att kärnkraften av många ses som en döende bransch. Samhällets begåvningsreserv sugits upp av annan verksamhet, så att det idag är svårt att hitta personer som är villiga att satsa sin egen karriär på drift- och underhållsuppgifter inom kärnkraften.

3.2.8 En omvärdering av kärnkraftsolyckorna

Det som jag tycker att är den största skillnaden mellan då och nu är att man bör omvärdera de tre stora olyckorna TMI, Tjernobyl och Fukushima. Man kan konstatera att ingen av anläggningarna uppfyllde enkelfelskriteriet och att det tydligen var känt inom organisationerna. I fallet TMI lyssnade jag på en presentation från EPRI på en konferens som hölls i Berchtesgaden i mars 1976 (Sheridan, Johansen, 1976). I presentation visade föredragshållaren med ett stort antal bilder att man kunde kritisera kontrollrummens

design på ett flertal anläggningar i USA. Informationen kom sedan ut i en tjock rapport som jag tyvärr inte ha fått tag på annat än i formen av ett utkast (EPRI, 1979). Efter olyckan hölls en konferens i Myrtle Beach som på ett sätt kan karakteriseras som HOF domänens återkoppling på de brister man hade hittat (Hall et al. 1981). I varje fall kan man konstatera att branschen kände till problemen, trots att de inte hade åtgärdats i tid före olyckorna.

När man ser på Tjernobylolyckan är problemet kanske att det i stället är svårt att göra en insiktsfull bedömning av händelseförloppet och vanför man i Sovjetunionen satsade så stort på en konstruktion med de fel den hade. När man ser till teknologin så är det i varje fall uppenbart att RBMK-anläggningarna åtminstone från början hade en tvådelad uppgift. De skulle producera elektricitet för samhället, men de skulle tydligen också förse vapenindustrin med plutonium. Genom att optimera driften just innan man stängde en anläggning kunde man få en del av bränslepatronerna att innehålla stora mängder plutonium, som då kunde tas ut och ersättas med nya. Om en anläggning på detta sätt har två uppgifter är det lätt så att den andra uppgiften för med sig att man tummar på säkerheten.

Ett annat problem med en anläggning med två uppgifter, varav den ena är vapenindustrin, är också att man inte gärna ger ut information om detaljer i hur den är konstruerad. Om man kan lita på film och böcker kunde man se detta i oviljan av etablissemangen att förmedla information som gällde anläggningen och hur den drevs. Om detta även gällde driftpersonalen, vilket man kan förmoda, så hade man faktiskt en olycka som väntade på att inträffa. Detta parat med vad jag någon gång hörde sägas att "TMI olyckan var något som bara kunde hända i ett kapitalistiskt samhälle" tyder på en uppfattning om att de egna anläggningarna var säkra, vilket de uppenbart inte var, eftersom snabbstoppet som utlöstes från kontrollrummet tydligen var det som gav reaktivitetstillskottet som ledde till den första explosionen.

När man ser på Fukushima olyckan har vi dock att göra med en olycka av mera vanlig typ, dvs. ett fall där kravet på en avsaknad av enkelfel inte gällde för anläggningen. När anläggningen byggdes lär man ha sprängt ner en naturlig barriär på 30m mot havet för att det skulle bli lättare att bygga anläggningen (Berglund, 2020). Sedan efteråt insåg man att 5,9 m uppenbart inte räckte och att man borde göra något åt saken. Då gick det som det brukar gå, när en säkerhetsbrist blir mycket dyr att korrigeras så gör man allt för att senarelägga (glömma?) det man borde göra. I det här fallet vill jag visa på vad som hände i Sverige efter den s.k. silhändelsen år 1992, som ledde till att fem anläggningar stängdes och inte fick starta upp på nytt innan problemen avlägsnats. Man kan också hänvisa till Forsmark händelsen 2006 som visade på hur viktig elförsörjningen faktiskt är i praktiken. Två händelser i Sverige som japanerna kunde ha lärt sig från, men inte gjorde det.

3.3 Vad är med nu som inte var med då

När man ser på dagens situation är det uppenbart att en hel del som är aktuellt idag inte fanns med eller berördes mycket lite i LearnSafe projektet. Nedanför ska jag lyfta upp några av dessa frågor där man kanske idag skulle välja en delvis annan inriktning. Först och främst vill jag föra fram frågan hur man egentligen ska organisera sig för det område för vilket man i Sverige använder förkortningen MTO. För det andra är det uppenbart att design och konstruktion är ett viktigt område när man syftar till att göra en anläggning säker. I LearnSafe projektet koncentrerade vi oss på anläggningarnas situation, vilket då betydde att hela paletten av olika intressenter inte diskuterades i tillräcklig utsträckning. Till sist borde den globala marknaden i ett nytt projekt få ett betydligt större utrymme nu än den hade 2004.

3.3.1 MTO begreppet

MTO definierades ursprungligen som samverkan mellan människor, teknik och organisation (Rollenhagen, 2020). På engelska talade man om human and organisational factors (HF&OF eller HOF). I den ursprungliga diskussionen om MTO kan man särskilja olika kunskapsområden beteendevetenskap, teknikkunskap, managementkunskap, socialpsykologi och sociologi. Som vanligt har det gått så att varje område ser sig självt som viktigast och försöker inbegripa delar av de andra områdena i sin expertkunskap. Inget illa med det, eftersom man då får en större förståelse för de olika områdena till exempel i frågor som hur ska man rekrytera och hur ska man organisera sig.

Om man startar med några utgångspunkter kan man säga att både ledningsgrupp och säkerhetsavdelning måste inbegripa kunskap från alla ovanstående områden. Nu har det både i Finland och Sverige varit vanligt att i huvudsak se anläggningarna som representationer för ett tekniskt kunnande och man har därigenom rekryterat i huvudsak ingenjörer för chefspositioner. Här bidrog TMI olyckan till att man insåg att man också behövde beteendevetarkompetens. Nu har det ofta blivit så att man till ledande positioner åtminstone på en koncernnivå främst rekryterar personer med administrativ eller kommersiell bakgrund. Sådana personer

borde väl i rimlighetens namn kunna sköta åtminstone O-delen av MTO området, vilket dock ibland har visat sig svårt.

Om man ser på ansvar kan man argumentera för att HF kunskap kan delegeras till en grupp med en stark beteendevetenskaplig kompetens, medan OF måste kvarstå som VD:s och ledningsgruppens ansvar. Detta skulle då betyda att HF ansvaret innefattar arbete för att se till att arbetsplatser och uppgifter är utformade på ett sätt som i olika situationer gör det enkelt att göra rätt. OF betyder att ledningsgruppen tar ansvar för att utveckla anläggning och organisation strategiskt, så att man reagerar på problem som kan uppstå. För alla positioner kan man argumentera för en uppdelning mellan generalister och specialister, där generalisterna har som huvudansvar att kunna jämka samman olika uppfattningar och specialisterna har som huvuduppgift att känna och följa med sitt område i detalj och i god tid föra fram hot och möjligheter.

3.3.2 System för säkerhetsledning

I millennieskiftet talade man fortfarande i stor utsträckning om två olika böcker som definierade en organisation, nämligen en kvalitetshandbok och en organisationshandbok. Numera är det klart att man vill ha ett integrerat ledningssystem, som tar hand om alla krav som ställs på organisationen (Grote, 2012). Säkerhetsledning ska således integreras i ledningssystemet, vilket kanske gör att säkerhetskraven till en del försvinner i systemet. Detta borde dock kunna motverkas på olika sätt, varav ett kunde vara att tydligt indikera säkerhetsbetydelsen för olika instruktioner, komponenter och system. Ett annat exempel kunde vara att driftklarhet skulle kunna indikeras med mätpunkter och algoritmer i betydligt högre grad än vad som nu är fallet.

3.3.3 Design och konstruktion

LearnSafe projektet koncentrerade sig på driften, vilket då betydde att design och konstruktion medvetet blev borta. Visserligen tog vi upp ändringshanteringen som en viktig komponent, där man i många fall förutsätter att myndigheten ska godkänna en säkerhetsutredning för valda konstruktionslösningar. Detta gällde även organisationsförändringar där man i England hade infört licensieringskrav 36, som förutsätter en säkerhetsutredning för alla större organisationsförändringar. Detta gjorde att dålig design inte togs upp som ett konkret problem, vilket det naturligtvis är (Wahlström, 2018b). När det gäller fel som uppstår i designprocessen kan det vara skäl att bekanta sig med bland annat (Taylor, 2007; Kinnersley, Roelen, 2007; Wimalasiri et al. 2010). Allmänt taget kan man se att dålig design har haft ett bidrag till mer än hälften av alla incidenter och olyckor (Moura et al. 2016).

Design behandlas i akademisk litteratur i ett flertal tidskrifter såsom Design Studies, Design Issues, Design Management Review, The Journal of Design Research, Design Research Quarterly och International Journal of Design. Dessa har ett mycket varierande innehåll, ända från design som konst till industriell produktutveckling. Det som tydligen verkar vara det svåraste när det gäller design och konstruktion är att skilja den innovativa biten från det som kan räknas som normal industriell praxis. Jag ska inte här ens göra ett försök i den riktningen, utan endast citera några artiklar jag tyckt att förtjänar att läsas. Dorst (2006) anknyter i sin artikel till klassikern Herbert Simon och påpekar mycket riktigt att design består av att lösa problem, både små och stora, och att det då inte finns någon skarp gräns mellan väl och dåligt strukturerade problem. Lurås (2016) diskuterar i sin artikel vad det att på basen av en systemidé betyder att få fram en konkret produkt och hur situationen så att säga hela tiden påverkas av hur konstruktionen framskrider. Schønheyder och Nordby (2018) diskuterar vad det betyder för ett litet norskt företag som specialiserat sig på design av säkerhets-system att svara på kundbehov och sätta upp effektiva processer.

Design teori har förändrats sedan millennieskiftet, så att man nu ser en skillnad i hur man ser på olika underavdelningar av design (Magalhaes, 2018). En design och konstruktionsprocess framskrider alltid i huvudsak enligt 1) en inventering av de krav som ska ställas på den färdiga produkten, 2) framtagande av en lämplig arkitektur för hur systemet ska förverkligas, 3) detaljerad design och konstruktion av de systemdelar som definierats, 4) test och integrering av de delar som tagits fram samt 5) verifiering och validering av systemdelar och det integrerade systemet. Dessa skeden finns med i den s.k. V-modellen för design där den nedåt riktade delen består av att bryta upp objektet i allt mindre delar så att de kan hanteras av enskilda personer och den uppåtriktade delen består av att dessa delar till slut integreras i ett alltmer färdigt system. Denna modell har dock kritiserats i samband med design av programvara (Goericke (ed.), 2020). Alternativet är att testa funktionaliteten kontinuerligt i alla skeden efter att en bestämd arkitektur har slagits fast. När man ser på design- och konstruktionsprocessen i anläggningarna kan man också se en skillnad mellan mindre projekt där anläggningen själv tar på sig ansvaret och större projekt där specialiserade företag gör arbetet.

Design och konstruktion inom kärnkraften består relativt sällan av att man skapar något helt nytt, utan oftast startar med en existerande konstruktion som ändras. Man får dock i sina ändringar noga hålla reda på hur ändringarna påverkar helheten. I ändringsarbetet gäller detta ofta att bygga bort problem i en existerande anläggning, dvs. man startar en process för att förbättra något som inte fungerat tillfredsställande (Jarrat et al. 2011).

Samma processtänkande som används för tekniska system borde kunna användas även när man tar fram en ny organisation eller gör en större organisationsförändring. Detta krav finns faktiskt med som det trettiosjätte kravet som måste vara uppfyllt för en kärnkraftsanläggning i Storbritannien. Kraven man ställer blir visserligen annorlunda och beaktar mekanismer och interaktioner som man måste planera för. En kommentar från managementlitteraturen är till exempel att man borde fästa mera uppmärksamhet på att stödja mellanchefer man planerar in i en ny organisation (Rezvani, Hudson 2016; Callari et al. 2019). Dunbar och, Starbuck (2006) diskuterar specifikt vad man kan lära sig av designorganisationer och av att designa sådana.

3.3.4 Granskningar

Granskningarna är viktiga instrument inom kärnkraften. Med dem försäkras man sig bland annat om att de ändringar som görs i anläggningarna och verksamheten är ändamålsenliga och inte förorsakar nya problem. Granskningarna förutsätter en bred kunskap om hur man ser till säkerheten genom en systematisk säkerhetsplanering och en medvetenhet om att fel lätt kan komma med ändringarna. Säkerhetsgranskningarna har en dignitet som har gjort att de fört med sig en stor grad av formalism. Man följer instruktioner och man antecknar vad man ser. På basen av vad man sett skriver man en rapport som går vidare som bas för möjliga ändringsarbeten.

Man brukar säga, man kan inte granska in kvalitet i ett arbete. I ett första steg är granskningen en extra barriär mot att fel kan smyga sig in. Man har kanske tänkt fel, man har kanske använt fel indata eller man har helt enkelt glömt något som är viktigt. I ett första steg är granskningen effektiv, den som har gjort arbetet får en omedelbar återkoppling och kan i en senare version presentera ett mera fullödigt arbete. Svårigheterna kommer när granskningen sker i flera steg. Då kan det hända att man i det första konstruktionsskedet frestas att skicka en halvfärdig produkt för granskning, för att senare i det egna arbetet komma lättare undan. Om ännu fler granskningarna sätts in, blir det ofta så att de första skedena blir allt mera rudimentära.

I början av 2000-talet sågs granskningarna av anläggningsändringarna i som problematiska, genom att de ofta förde med sig att tidtabeller och kostnader överskreds. Inom SMI igångsattes därför ett projekt som avsåg att kartlägga problemen och föreslå lösningar. Projektet resulterade i en artikel i Safety Science (Falk et al., 2012), som fortfarande är aktuell. Artikeln beskriver läget inom FKA och RAB före år 2012, som då betydde att den formella granskningen bestod av två steg, den primära och den fristående granskningen. Före dessa gjordes även granskningar i projekten som syftade till att stödja konstruktionsprocessen. Utöver de granskningar som gjordes av kärnkraftverken tillkom ännu den stickprovsmässiga granskningen som gjordes av SSM. En inventering av nuläget kunde vara på sin plats.

3.3.5 Driftklarhetsverifiering (DKV)

I Sverige uppträdde några tillbud där man gick vidare i en uppstart utan att ha kontrollerat att alla de villkor som måste gälla faktiskt gällde. Denna typ av händelser föranledde att driftklarhetsverifiering (DKV) fick ökad uppmärksamhet. Rent principiellt borde DKV i mångt och mycket kunna skötas automatiskt om anläggningen är utrustad med nödvändiga mätpunkter, men äldre anläggningar uppfyller vanligtvis inte detta önskemål. Mycket inom detta område har att göra med de instruktioner man använder sig av vid anläggningsändringar. Om de är mycket generella blir DKV något för kontrollrummet att följa med stor noggrannhet, vilket kan göra det motiverat att ta fram engångsinstruktioner för mera komplicerade skeden av en uppstart (Levovnik, Gerbec, 2018).

3.3.6 Ont uppsåt

Den säkerhet som är associerad till det engelska ordet security, kunde kallas en säkerhet mot olika typer av onda uppsåt. Här innefattas olika typer av brottslighet och terrorism, men även sabotage där den egna personalen kan förledas till brottsliga handlingar. Det är knappast värt att göra ett större nummer av denna typ av hot, men man bör i alla fall se till att man har skapat något slag av bastygghet också här. I begreppet *cyber security* ingår möjligheten av attacker mot informationssystem och datorer. Här är viktigt att personalen uppmärksammas på problem som kan uppstå till exempel med okända USB-stickor och alltför enkla lösenord. För att modellera ont uppsåt kan man använda modeller från spelteori (Meng et al. 2019), men redan ganska enkla modeller kan bli snabbt svårhanterliga. Ofta går det dock att på kvalitativa grunder bestämma sig för

någon nivå, där kostnaderna för skyddsåtgärderna är i paritet med den risk man anser att hoten utgör. Inom detta område bör man även skapa en uppmärksamhet mot att det även inom kärnkraftsområdet uppträder förfälskade produkter.

3.3.7 En global marknad

En stor skillnad, som man visserligen såg början av redan år 2004, är att rollen av huvudleverantör för anläggningarna har försvunnit. Detta ser man speciellt för de nya anläggningarna som byggs i Finland. Förändringen betyder att anläggningarna själva får lov att ta ett betydligt större ansvar för de anläggningsändringar som företas under den kvarvarande driftperioden.

När det gäller nya anläggningar har komplexiteten av projekten blivit mycket stor. För att ta ett exempel från Olkiluoto 3 projektet (Ruuska et al. 2009; Ruuska et al. 2011) är antalet företag som deltar mycket stort och djupet på kedjorna av underleverantörer i projekten kan i vissa fall nå ett djup på fem. Detta betyder också att risken för att något av åtagandena i en kedja av kontrakt går fel, kan bli den största osäkerheten i ett projekt (McDermott, Hayes 2018). I den situationen är det inte mer än naturligt att myndigheten börjar intressera sig för risker som uppstår i leverantörskedjorna (Speier et al. 2011).

3.4 Våra kontakter till anläggningarna

På det hela taget kan man säga att de anläggningar vi har fått information från har visat en berömvärd aktivitet som syftat till att ta till sig de möjligheter till förbättringar som har blivit uppenbara.

3.4.1 Enkät och intervjuer

Vi samlade en bild av vad som hänt på anläggningarna i en kombination av enkät och intervjuer. Enkäten och intervjuerna baserade sig på dokumentet "Good practices for nuclear safety (LSd8)", där antalet punkter i de olika avsnitten begränsades till de tre mest relevanta. En ursprunglig enkät skriven på engelska översattes till svenska och ändrades för att göra språket mera flytande. Svartalternativen för enkäten valdes till fyra för att säkra en avvägning av svaren antingen mot det positiva eller mot det negativa. Utgående från att anläggningarna har drifttillstånd valdes det sämsta alternativet som tillfredsställande (1) och de tre andra alternativen till bra (2), utmärkt (3) och berömligt (4). Med denna skala kan man naturligtvis fråga sig vad ambitionen borde vara för en anläggning. För det första kan man observera att IAEA talar om en *graded approach* (se till exempel INSAG-24) till de åtgärder som vidtas för säkerheten av anläggningarna. För det andra är det uppenbart att inte alla områden som diskuteras i enkäten och intervjuerna har samma dignitet, så att en viss variation i skattningarna kan anses väntad. För det tredje bör man utgå från att den sammantagna arbetsbelastningen från de olika områdena inte får överstiga organisationens förmåga. I enkäten ingick tre olika vinklingar på säkerhetsarbetet. Resultaten från enkät och intervjuer har sammanställts i rapporter till de deltagande organisationerna.

Det första avsnittet i enkäten är baserad på en funktionell uppdelning av säkerhetsarbetet. En mycket grov funktionell uppdelning kunde vara riskanalys, erfarenhetsåterföring, ändringshantering och prestationsvärdering (Wahlström, 2018b). Den föreslagna uppdelningen på elva delområden är mera detaljerad och ger en möjlighet att mera konkret diskutera hur man har organiserat säkerhetsarbetet.

Avsnittet om utmaningar baserar sig direkt på den uppdelning i grupper vi hittade i insamlade utsagor (LS_data_sets.xlsx/LS1) om vilka framtida utmaningar man såg för säkerheten i de Metaplansessioner som ordnades i projektet. Två huvudgrupper deltog, ledningsgruppen och en grupp bestående av mellanchefer i olika säkerhetsfunktioner. Dessutom deltog personalen från WANO:s byrå i Paris i en sådan session.

Avsnittet om organisatoriskt lärande grundar sig direkt på den klusteranalys som företogs för insamlade utsagor i den andra fasen av LearnSafe projektet (LS_data_sets.xlsx/LS2). Denna fas av datainsamling var bredare än den första fasen så att den dels bestod av Metaplansessioner och gruppssessioner samt dels av intervjuer med speciellt utvalda personer, då från en nivå över de deltagande anläggningarna. Dokumenterade utsagor klassificerades först i två grupper, den ena som pekade på saker som stödjer och den andra som hindrar organisatoriskt lärande. Man kunde kanske vänta sig att dessa två grupper skulle vara symmetriska, men det var de inte. Analys av de båda grupperna skilt för sig gav i det ena fallet fem och i det andra fallet sex kluster. Dessa kunde i analysen av hela materialet av elva kluster också identifieras.

3.4.2 Resultaten

I vårt projekt har vi resultat från Finland (Lovisa, TVO), Sverige (FKA, OKG), Schweiz, Spanien och Tyskland. Intervjuerna gjorde ansikte mot ansikte, per telefon och över nätet (Teams, Zoom). En rapport har skrivits och publicerats i Energy Research & Social Science (Schöbel et al., 2022). Intervjuformuläret som i sin ursprungsform fanns endast på engelska, finns nu även på finska, spanska, svenska och tyska. Om någon i framtiden vill tillgodogöra sig denna information är det fritt fram. Den svenska versionen av intervjuformuläret finns med som bilaga till denna rapport.

4 Säkerhetsområdet har utvecklats

Sedan år 2004 har en hel del hänt. I detta avsnitt lyfter jag upp några områden där jag uppfattar att en utveckling till det bättre har skett. Detta betyder naturligtvis inte att man därmed kan vara nöjd, utan jag försöker i de olika avsnitten ta ställning till vad man även borde göra i en fortsättning. Till att börja med vill jag framhålla att god praxis har spridit sig inom hela branschen, vilket enligt vår uppfattning är ett resultat av de *peer review* granskningar som görs av både WANO och IAEA. När man diskuterar med representanter från anläggningarna är det klart att man har tagit till sig den erfarenhet som de båda internationella organisationerna förmedlar. För WANOs del har en påverkan blivit mycket direkt, så att man går från *peer review* till *peer review* både med en lista på saker att göra och en förväntan om att genomförda förbättringar ska ses som acceptabla. När det gäller kopplingar från IAEA har påverkan varit mera indirekt och gått genom den nationella myndigheten, som ibland har fört in nya krav och i andra fall formulerat om existerande krav.

När man ser till säkerhetsanalyserna är det klart att PSA metodiken har fått en etablerad plats, trots att man när det gäller mänskliga misstag och organisatoriska brister ligger på ungefär samma nivå som år 2004. Organisatorisk struktur är åtminstone intuitivt viktigt för säkerhetsarbetet, men detta har dock fått relativt lite uppmärksamhet i den akademiska litteraturen. Kärnkraftens säkerhet hänger i stort på att man kan värdera den helhet som består av säkerhetsrelaterade aktiviteter på ett riktigt sätt och åtgärda identifierade brister utan att nya införs, vilket kunde sägas vara essensen i säkerhetsverksamheten. Man kan dock identifiera några kritiska artiklar som har pekat på problem i säkerhetsaktiviteterna som har kunnat iaktas (safety management, safety clutter, bureaucracy)

4.1 God praxis

De s.k. *peer review*erna som sedan slutet av 1990-talet genomförs av WANO och IAEA har haft en mycket central roll i att sprida god praxis. Sådana granskningar görs hos kraftbolagen på olika organisatoriska nivåer och hos de nationella kärnkraftsmyndigheterna. En innovation var att man inte bara söker brister, utan också strävar efter att identifiera god praxis. En vanlig uppfattning om god praxis är att man känner igen den när man ser den. Att nöja sig med detta är inte alltid rätt, utan det är ofta värdefullt att åtminstone för sig själv försöka definiera mera i detalj varför en praxis ska kunna karakteriseras som god. I LearnSafe projektet argumenterade vi för denna syn (LS14).

4.1.1 En ambitionsnivå

När man talar om god praxis i säkerhetsarbetet är den kanske första frågan man ställer sig om det faktiskt går att identifiera god praxis som skulle gälla för alla kärnkraftverk. På sitt sätt kan man kanske tycka så, åtminstone om man ser till hur de s.k. *peer review* granskningarna genomförs av IAEA och WANO (jfr LS14). Mera objektivt sett bör man emellertid ta hänsyn till den infrastruktur som finns i landet där en anläggning drivs och hur den har utvecklat sig från den tidpunkt man i det ifrågavarande landet beslöt sig för att beställa och bygga den första anläggningen. Härvidlag kan man direkt peka på skillnader mellan Finland och Sverige (Wahlström, 2020).

När man talar om god praxis kommer också frågan fram om vad som kan anses tillräckligt säkert (Starr, 1969). Att som många argumenterade åtminstone före 2004 är det inte tillräckligt att uppfylla myndighetskraven, eftersom alla kärnkraftsolyckor (TMI, Tjernobyli, Fukushima) har fört med sig nya myndighetskrav. Jag har redan i några sammanhang framfört synpunkten att ett system av myndighetskrav alltid kommer att vara ofullständigt.

4.1.2 Strategisk planering

Strategisk planering är kanske en av de mest använda metoderna inom företagsvärlden. Trots detta verkar det som om intresset för metodiken har avklingat i akademiska kretsar (Arend, et al. 2015; Wolf, Floyd, 2017). Författarna till de båda artiklarna menar att detta kan bero på att metodiken har blivit etablerad och därför inte mera uppfattas som tillräckligt intressant för forskarna. De ritar upp en modell av strategisk planering och för fram att själva processen är värdefull för de flesta organisationer, trots att man kanske i en förlängning inte helt ser den nytta man får. I min mening lönar det sig alltid att på ett systematiskt sätt se över organisationen, hur den fungerar både internt och i sin omgivning. Det hjälper till med att koordinera, kommunicera och legitimera organisationens mål och medel. På längre sikt kan man se andra fördelar, såsom till exempel att man gör en avvägning mellan omedelbara och kommande fördelar, att man söker strategier som kan hjälpa organisationen att anpassa sig till olika trender och att man understödjer ett organisatoriskt lärande. Jag tycker att artiklarna är värda att bekanta sig med, för att de bland annat för fram vikten av att också engagera mellanchefer i den strategiska planeringen, vilket bland annat betyder att man bör söka en balans mellan formalitet och flexibilitet samt att skapa en förmåga att reagera på förändringar i omvärlden. Le Coze (2019B) söker i sin artikel orsaker till att strategisk planering har rapporterats ganska litet inom säkerhetslitteraturen, trots att man i flera fall har konstaterat att beslut har tagits som på längre sikt har varit ofördelaktiga och som man kanske hade kunnat undvika med en mera noggrann strategisk planering (Hunter et al., 2011).

4.1.3 Säkerhetsindikatorer

Diskussionen om säkerhetsindikatorer initierades redan före år 2004, men frågan fortfarande lika aktuell nu som då. Om säkerhetsläget kan sammanfattas i ett litet antal karakteristiska indikatorer, är det naturligtvis en lättnad när det gäller styrning och ledning. Inom managementlitteraturen talade man redan i början på 1990-talet om konceptet *balanced scorecards* dvs. balanserade styrkort (Lawrie, Cobbold, 2004), vilka idag har ersatts med s.k. *key performance indicators* (KPI).

Inom den akademiska litteraturen har mycket skrivits om föregripande och eftersläpande (leading, lagging) indikatorer utan att någon god lösning av frågan har åstadkommit. Man kan dock ställa upp villkor som borde gälla om indikatorsystemet ska vara ändamålsenligt till exempel enligt:

- en blandning av verksamhetsrelaterade och finansiella indikatorer,
- ett hanterbart antal ordnade i undergrupper, som täcker in de viktigaste prestationsmåten,
- indikatorer som kan ge en återkoppling på hur man lyckats i sin års- och strategiska planering,
- en blandning av reaktiva och prediktiva indikatorer så att man kan få en uppfattning om framtiden,
- indikatorer med vilka man på ett begripligt sätt kan kommunicera både historia och nuläge till sina intressenter.

När man använder sig av indikatorer för styrning och ledning av en organisation måste man vara medveten om risken att man kan få goda värden på indikatorerna, trots att säkerheten kan vara på väg att urholkas.

4.1.4 En medvetenhet

Inom säkerhetsforskning har *situation awareness*, dvs. situationsmedvetenhet förts fram som ett viktigt begrepp (Endsley, 1995). Begreppet har också att göra med ett annat begrepp *mindfulness* (Weick et al 1999), som har använts i den gren av säkerhetsforskningen som har myntat begreppet *high reliability organisations* (HRO). Utan att ta ställning för det ena eller andra begreppet kan man tala om att en säkerhetsorienterad organisation bör ha en mycket god medvetenhet om vad som händer och i vilket tillstånd en anläggning och dess driftorganisation befinner sig. Detta är naturligtvis omöjligt för att en enda person eller till och med i en begränsad grupp skapa en sådan medvetenhet. Man måste således tala om en kollektiv medvetenhet som täcker in allt som är viktigt för driften. Har anläggningen svagheter som kan medföra störningar och hot mot säkerheten? Finns det luckor i personalens samlade kompetens, som kan göra att man missförstår signaler om att allt inte står rätt till?

Man kan notera skillnaden i det akademiska stöd de två begreppen har fått. Situationsmedvetenhet föranledde ett eget nummer där Endsley försvarade sin forskning mot flera angrepp (Endsley, 2015 A & B). Den kritik hon fick menade bland annat att hennes arbete inte fyllde måtten på vetenskap. Detta exempel kan tas som ett bevis på att de akademiska tvisterna ibland kan vara ganska skarpa. Mindfulness har dock till och med i sin ursprungliga form (Weick et al. 1999) med fem något kryptiska karakteristika gett i upphov till en helt egen gren av artiklar inom den akademiska litteraturen (Kudesia, et al. 2020).

4.2 Säkerhetsanalyser

Kärnkraftens säkerhet bygger på detaljerade analyser, med vilka man i förväg kan skaffa sig en uppfattning om vad som kan hända i olika situationer. Man brukar vanligen skilja mellan deterministiska och probabilistiska säkerhetsanalyser, trots att de i princip är mycket lika varandra där man stöder sig på modeller av olika händelsesekvenser. Oberoende av analysens art får man alltid ta i beaktande ett antal antaganden som så att säga definierar varifrån man startar eller vart man kommer (felträd, händeseträd). Man kommer således att granska ett antal scenarier, som beskriver hur fel och ingripande från automatiska system och/eller operatörer kommer att påverka händelseförloppet. En del händelser ingår i utgångsantagandena och andra bestämmer den väg händelsekedjan får beroende av automatiska och manuella åtgärder. Detta betyder att man gör antaganden om hur man med en rätt riktad åtgärd kan bryta en oönskad händelsekedja.

Sedan TMI-olyckan har man på olika sätt försökt integrera mänskligt felhandlande i analyserna, dock utan att ha lyckats i den utsträckning man hade önskat sig. Det går visserligen att integrera mänskligt felhandlande i händelsesekvenser och hantera dem med nuvarande PSA metodik, så att man gör en känslighetsanalys och med den som underlag bestämmer sig om en åtgärd behövs. Svårare har det varit att integrera organisatoriska brister i analysen. Problemet är närmast att man för analyserna kräver förhållandevis detaljerade, men ändå realistiska modeller av hur fel eller brister påverkar skeenden. En detaljerad modell kräver mycket arbete och en överskådlig modell ger inte mycket hjälp. Ett exempel på modeller som har utvecklats ges i artiklarna (Mohaghegh, Mosleh, 2009 A & B), där det är uppenbart att det inte går att bygga en modell som fungerar, helt enkelt för att den innehåller allt för många parametrar som inte går att estimerar i praktiken. Modellen kan dock användas på ett kvalitativt sätt för att göra bedömningar om olika mekanismer som kan medföra problem.

4.2.1 Den deterministiska analysen

De deterministiska analyserna bygger på en rad av antaganden om felfunktioner som man analyserar i detalj med olika typer av anläggningsmodeller. Man bygger då ett antal antagna händelser man vill skydda sig mot och ser hur modellerna svarar. Om antagandena leder till icke önskade tillstånd för anläggningen får man med hjälp av olika förbättringar se till att detta kan undvikas. Trots att man ser denna analys som deterministisk innehåller den dock antaganden om hur ofta en viss händelse kan väntas inträffa. För detta brukar man förutsätta att vissa händelser (H_0 , H_1 , ...) på en skala av hur ofta de kan väntas inträffa, kräver tillräckliga marginaler, så att inte säkerhetssystemen belastas i onödan. I den deterministiska analysen är man särskilt intresserad av att identifiera brytpunkter (tipping points) dvs. situationer där en transient tar en icke reversibel väg mot det sämre.

4.2.2 Den probabilistiska analysen

Den probabilistiska säkerhetsanalysen (PSA) syftar till att göra allvarliga transienter tillräckligt osannolika för att ska kunna ses som praktiskt taget omöjliga. Analysen går i stort sett till på samma sätt som den deterministiska analysen, dock med skillnaden att man försöker ge estimat för sannolikheten att en transient ska ta en viss väg. Sannolikheterna försöker man estimerar dels genom att dels använda sig av observerade felbeteenden hos olika systemkomponenter och dels genom expertbedömningar. Teoretiskt sett betyder detta att man använder sig av subjektiva sannolikheter. Det är dock viktigt att framhålla att de modeller man här använder sig av är sekventiella, dvs. man utgår från en händelsesekvens som kan ta olika vägar beroende på anläggningens tillstånd och operatörernas uppfattning om situationen.

På senaste tid har kritik framförts mot det sätt man ofta behandlar osäkerhet i sannolikhetsbedömningarna, genom att framhålla skillnaden mellan aleatoriska (sannolikhetsbaserade) och epistemiska (kunskapsbaserade) bedömningar (Aven, Renn, 2019). Principiellt är detta korrekt, men det har kanske inte så stor betydelse, eftersom en PSA modell trots allt innehåller en nivå av osäkerhet som gör det nödvändigt att alltid förhålla sig kritiskt till de numeriska resultaten. De kvantitativa bedömningarna kan visserligen ge en uppfattning om en viktighetsordning enligt vilka förbättringar av säkerhetssystemen det lönar sig att införa.

4.2.3 Mänskligt felhandlande

I branschen kommer man ständigt tillbaka till frågan om hur man ska behandla mänskligt felhandlande. Problemet har att göra med att det finns praktiskt taget oändligt många möjligheter att göra fel, men ofta bara en rätt väg att hantera en viss situation. Psykologisk forskning visar på felhandlanden där man kan tillskriva en olämplig systemutformning, som den egentliga orsaken till ett felhandlande. Sådana systemiska orsaker kan också utsträckas till att omfatta en bristfällig utbildning. Vi vet också att människor som är trötta, stressade eller påverkade av mediciner eller droger har en större benägenhet att göra fel.

För att integrera mänskligt handlande i PSA analysen har man föreslagit s.k. *performance shaping factors* (PSF), som bidrar till antingen en lägre eller högre felsannolikhet (Kyriakidis, et al., 2018). Min uppfattning är att detta kan vara ett sätt att systematiskt ta ställning till när man borde ändra något i en serie manuellt ingrepp innan man kan anse att en viss typ av fel är osannolika. Detta skulle betyda att man använder sig av de PSA-modeller man har utvecklat och som fungerar bra för tekniska system, på ett sådant sätt att man identifiera händelsekedjor, som är känsliga för mänskligt felhandlande. Detta betyder att man gör en känslighetsanalys, dvs. räknar sannolikheten för härdskada med tre olika antaganden, så att ett nominellt värde kompletteras med ett tio gånger högre och ett tio gånger lägre värde för ett antaget felhandlande. Om det visar sig att ett felhandlande kan ha stor påverkan på sannolikheten för härdskada kan man gå tillbaka till situationen och fråga sig hur man genom utbildning, bättre instruktioner eller kontrollrumsförändringar kan påverka felsannolikheten.

Svårigheten i att angripa mänskligt felhandlande har också att göra med, vilket också många forskare har poängterat, att samma mekanismer som leder till utomordentliga prestationer i vissa situationer, i andra situationer kan leda till felhandlande. Ett sätt att närma sig problemet har att göra med vad man inom den s.k. resilience engineering inriktningen ofta poängterar att man i säkerhetsarbetet inte bara ska söka efter fel, utan också försöka se till vad som kan leda till ett riktigt handlande i situationer som kan uppkomma. I en konstruktionsprocess betyder detta att man aktivt försöker bygga in funktioner som vid störningar återför systemen till ett stabilt säkert tillstånd.

Trots att det är riktigt att behandla mänskligt felhandlande som systemfel, är det kanske inte alltid helt motiverat. I vissa speciella fall bör man ha en möjlighet att åtminstone påtala och kanske även i extrema fall straffa för uppenbara medvetna brott mot uppställda systemkrav. Dekker och Breakey (2016) talar för detta ändamål om tre olika sorters rättvisa, dvs. rättvisa krav, rättvisa processer mot dem som felat och rättvisa ersättningar för dem som blivit lidande. Jag anser att ett ledningssystem på något sätt måste inbegripa dessa tre principer.

4.2.4 Organisatoriska brister

Om det är svårt att behandla enskilda manuella ingrepp i en PSA är svårt, så är det ännu svårare att få in något slag av realistisk bedömning hur organisatoriska brister kan påverka till exempel risken för härdsador. Goodman et al. (2011) för en diskussion på ett konceptuellt plan som visar på några av de svårigheter man kan se. Det förslag som Mohaghegh och Mosleh (2009 A & B) kommer med, kan ge en idé om mekanismer man borde se på, men är som en praktisk rekommendation orealistisk beträffande möjligheter för och nyttan av en detaljrik modellering av organisatoriska brister. Fortfarande uppträder olika förslag där man tror sig kunna lösa problemet (Farcasiu, Nitoi 2015, Steijn et al. 2020). Redan en snabb genomläsning av artiklarna ger vid handen att en traditionell PSA analys inte på ett vettigt sätt kan reflektera organisatoriska brister, eftersom varken modeller av händelsesekvenser eller sannolikhetsestimater kan göras trovärdiga ens i en detaljerad analys. Arbete för försök i den riktningen blir dessutom lätt så stort att det inte motiverar nyttan av analysen.

Med bland referenserna i rapporteringen från LearnSafe fanns två artiklar som föreslog hur man kunde behandla organisatoriska brister i säkerhetsanalysen (Davoudian et al. 1994; Jacobs, Haber 1994). I den första av dessa artiklar är det Apostolakis som tillsammans med några elever argumenterar för hur en PSA analys med organisatoriska komponenter borde göras, utan att resonemanget blir övertygande. Den andra artikeln argumenterar för en kvalitativ analys av 20 dimensioner som görs av anläggningen. Denna artikel bygger på samma idé som fördes fram i en av rapporterna från LearnSafe (LS5.pdf). Idén har utvecklats vidare av Kahlbom (2011) och den har i en viss utsträckning tillämpats i Oskarshamn.

Utöver detta har en ny artikel uppenbarat sig som gör att man kanske får omvärdera den negativa inställningen ovan (Pence, Mohaghegh, 2020). Författarna försöker i sin artikel belysa ut några av de invändningar som andra har kommit med. För det första försöker de svara på fyra ofta ställda frågor, 1) påverkar organisatoriska faktorer säkerheten, 2) borde man ta med dem i PSA analyserna, 3) vilka modeller kan användas för detta och 4) hur ska detta göras praktiskt. Så långt är jag enig med författarna, men att från detta gå så långt att jag förordar den metod som de föreslår vill jag inte. Min uppfattning är fortfarande att man med en lämplig kvalitativ modell identifierar det man vill att organisationen ska göra för säkerheten, så kommer man ganska långt med enkla expertbedömningar av vad man borde ta hand om i ett förebyggande syfte. En möjlighet här kunde vara att man i stället för säkerhetspåverkan frågar sig hur olika förhållanden kan tänkas påverka en förmåga hos organisationen att i olika situationer välja säkra alternativ.

4.2.5 Erfarenhetsåterföring

Till gruppen säkerhetsanalyser brukar man ofta föra även händelseanalyser. Jag vill dock i detta sammanhang tala mera allmänt om erfarenhetsåterföring, som kan ses som en av de fyra huvudprocesserna i säkerhetsarbetet, med vilka man försöker försäkra sig om att säkerheten är tillgodosedd. En allmän iakttagelse är att man på anläggningarna samlar in massor med data, men att man har svårare att använda allt man samlar in på ett förnuftigt sätt i operativ och strategisk planering.

Den kanske viktigaste komponenten i erfarenhetsåterföringen är att jämföra ett faktiskt utfall med de planer man hade för ett arbete, ett projekt eller en driftperiod. Vad lyckades vi med, vad gick inte så bra och varför blev det så? Om man gör denna analys grundligt så har den ofta mycket att ge. En annan typ av analys är att med hjälp av felstatistik och mera generell information försöka estimerar kvarvarande drifttid för komponenter som är kritiska för säkerhet och tillgänglighet. Om slutet närmar sig kan man kanske följa komponenten noggrannare än tidigare eller också byta ut den utan att vänta på när den slutligen inte mera fungerar.

De peer review utvärderingar som görs av IAEA och WANO förmedlar också viktig information för en effektiv erfarenhetsåterföring. Viktigt är då att man till fullo förstår varför olika områden har ansetts vara 1) god praxis, 2) värt en kommentar eller 3) något som borde förbättras. Har man förstått vad kommentarerna faktiskt innebär och har man en någorlunda klar uppfattning om vad man borde göra? Att bara räkna kommentarerna i de olika kategorierna är inte tillräckligt. Samtidigt kan det vara bra att göra en helhetsbedömning av vad som faktiskt har blivit gjort i god tid före den uppföljning som vanligtvis brukar komma efteråt.

En typ av erfarenhetsåterföring gäller även personal. Personalavdelningen kunde mycket väl samla in information om kurser som personalen deltagit i under en driftsperiod tillsammans med en uppskattning om hur nyttig kursen var. På samma sätt är det god praxis ha en uppfattning om den totala kompetensen som finns på anläggningen och när man kan vänta sig att pensioneringar och andra avgångar förutsätter nyrekryteringar för att säkra kritisk kompetens.

När det gäller händelseanalys är kanske det allra viktigaste att analyserna inte görs för att hitta någon skyldig. Grundinställningen bör alltid vara att det är systemfel (jfr. 6.7.2) man söker, så att man kan korrigera dem. En god regel i detta sammanhang är att endast konstatera vad som har hänt och vad det ledde till, utan att använda ett enda adjektiv. Man bör också försöka se till att den arbetsgrupp som får uppgiften att göra händelseanalysen har en tillräcklig bredd i sin bakgrund, eftersom man har märkt att förväntningarna hos dem som gör analysen ofta spelar en betydande roll (Lundberg, et al., 2009).

4.3 Organisatorisk struktur

När man bygger upp en organisation som ska hantera en anläggning är det flera centrala frågor man får ta ställning till. För det första kan man tänka i funktioner och processer som man behöver, samtidigt som man också tänker i ansvar och befogenheter, dvs. går igenom den vanliga lådleken och definierar vem som får bestämma vad. Det betyder i praktiken att man väljer hur centralstyrd man vill att organisationen ska vara. Man får också ta hänsyn till den omgivning anläggningen kommer att fungera i, för att bestämma sig vad man måste producera själv och vad man kan köpa in. I det steget bör man också göra en inventering av de intressenter man måste ta hänsyn till och på vilket sätt det bör ske. Man får således åtminstone på ett principiellt plan gå genom organisationens system och komponenter för att skapa en uppfattning om vad som behövs och hur allt ska styras. Det betyder att man får lov att ta ställning till komplexiteten av systemet (teknik, människor, organisation, information) och det ledningssystem man behöver både som en helhet och på en tillräcklig detaljnivå (Wahlström, 2018b).

4.3.1 Funktioner och processer

Ett sätt att strukturera en verksamhet är att tala om funktioner och processer. Funktioner ger en uppdelning med ett visst funktionellt ansvar, till exempel enligt drift, underhåll och tekniskt stöd. Processer å andra sidan är aktiviteter som går över organisatoriska gränser och således kräver något slag av koordinering när arbetsresultat överlämnas från ett steg till ett annat. En typisk process inom kärnkraften är ändringshanteringen som går igenom tydligt avgränsade skeden, till exempel enligt behovskartläggning, teknisk specifikation, design och konstruktion, införande, testdrift, validering, dokumentering och slutförande. Funktioner och processer definieras och dokumenteras i ledningssystemet.

Organisatoriska enheter definieras på basen av identifierade funktioner och processer, så att man kan allokera ansvar och befogenheter. Här väljer man ofta en hierarkisk linjestruktur, så att enheter högre upp får ett

bredare ansvarsområde än enheter lägre ner. För linjeorganisationen strävar man efter att ge varje medlem en chef så att varje enhet har ett lämpligt antal medarbetare som gör det möjligt utföra det arbete de förväntas göra. Till linjeorganisationen tillkommer vanligen projekt, som har en begränsad uppgift och till vilken linjeorganisationen lånar ut lämpliga personer. Dagens organisatoriska enheter brukar ofta ha något slag av matriskaraktär så att en enhet kan ha både funktionella och processorienterade uppgifter.

Ett annat sätt att se på ledningssystemet är att associera olika organisatoriska uppgifter till anläggningens tillstånd. Man kan här tala om uppstarter, avställningar och normaldrift samt störningar och nödsituationer för vilket det måste finnas detaljerade instruktioner för både kontrollrum och annan personal. Speciellt när det gäller olika störningar är de s.k. säkerhetstekniska föreskrifterna (STF) ett viktigt dokument som definierar krav på systemtillgänglighet för att fortsatt drift ska vara tillåten. Till detta kommer även de aktiviteter som genomförs under årliga revisioner då anläggningen ställs av för bränslebyte och planerade processändringar. Allt detta betyder att man får gå igenom och planera för både rutinarbeten och mera sällan återkommande arbetsuppgifter, som alla ska beskrivas och dokumenteras.

Detta betyder att anläggningen på sätt och vis definierar de organisatoriska enheter som måste finnas och de instruktioner dessa enheter kommer att få. Ledningssystemet på en anläggning kan således ses som organisationens programvara som definierar hur anläggningen tas om hand i olika situationer. Här gäller principen för nödvändig variation (requisite variety, Ashby, 1956), med vilket man menar att styrsystemet ska kunna ta hand om de variationer som kan uppstå i det styrda systemet. Detta kan tolkas så att styrsystemet måste innehålla en modell av det styrda systemet (Conant, Ashby, 1970), vilket också betyder att anläggningens komplexitet definierar den komplexitet som ledningssystemet måste få (jfr 4.3.5).

4.3.2 Grad av medbestämmande

En kärnkraftsorganisation förutsätter alltid en viss grad av centralisering (Monteiro et al. 2020, part 1&2), för att man ska kunna se till helheten i allt som händer. Detta leder i första hand till att man måste ha en tydlig linjeorganisation för beslut och rapportering. Viktigt är dock att man medvetet försöker ge de organisatoriska enheterna man strukturerat verksamheten i, en möjligast hög grad av medbestämmande. Allmänt taget är det så att en centraliserad organisation ger möjligheter för beslutsfattare att driva en enhetlig policy, medan en distribuerad organisation ger bättre kontakt till lokala förhållanden.

4.3.3 Producera själv eller köpa in

År 2004 förekom mycket diskussion om outsourcing. Denna verkar nu ha försvunnit och man har till och med talat om insourcing, när man har insett att man inom viktiga områden bör ha tillräckligt med egen kompetens. Idag kan man visserligen se att man i en globaliserad värld har betydligt större möjligheter att köpa in tjänster, som man tidigare har producerat på anläggningarna. Viktigt är då att se till att man fortfarande kan fungera som en intelligent inköpare på områden man har valt bort. Man talar då om att hantera leverantörskedjor (supply chain management) där ett företag man köper av har sina egna underleverantörer, som igen i sin tur också kan ha sådana. Man får i sådana fall skriva sina leverantörskontrakt med en betydligt större omsorg (McDermott, Hayes, 2018). I Olkiluoto 3 projektet har det i några fall visat sig att leverantörerna i en kedja inte alltid haft klart för sig vad det betyder att leverera till en kärnkraftsorganisation (STUK, 2006). Man kan visserligen argumentera för att det förekommer en normbildning för kontrakt på internationaliserade marknader, men trots allt förekommer det också ganska stora skillnader mellan leverantörer i olika länder.

4.3.4 Intressenter

Varje anläggning har ett stort antal intressenter⁷ som sträcker sig från den egna personalen via nationella företag och organisationer till en bred internationell bas som bestäms av branschen (Mitchell et al. 1997). Det är naturligtvis av vikt att relationerna till intressenterna upprätthålls och utvecklas. Viktigt i detta arbete är att var och en tas om hand på ett riktigt sätt som bestäms av position och intresse. Som princip behöver man inte behandla alla lika, utan det räcker bra med att ha en förståelse och respekt för varandra (Simeone, 2018).

Intressenterna i kärnkraften diskuterades inte i högre grad inom LearnSafe projektet. En ensamstående artikel skrevs dock om myndighetstillsynen (Wahlström, 2007). Från intervjuerna kom också en klar signal att även förhållandet till anläggningarnas ägare borde ha diskuterats mera i detalj. Man är till exempel i viss mån

⁷ Först och främst, personal, ledning, ägare, myndighet, konsulter och entreprenörer, men också högskolor och universitet samt media och samhället i övrigt.

frustrerad över att koncernorganisationen centralt ibland visar en liten förståelse för anläggningarnas situation.

4.3.5 Komplexitet

Komplexitet i formen av system av system fanns med i LearnSafe, men syntes inte explicit i rapporteringen. I och med att projektet koncentrerade sig på organisationens betydelse kom dock komplexiteten visserligen fram i den samtidiga behandlingen av de tekniska, mänskliga och organisatoriska systemen. Bekymret med en ökande komplexitet identifierades redan på 1950-talet av Ashby (1956) i begreppet *requisite variety*, vilket i princip säger att ett funktionsdugligt kontrollsystem måste vara lika komplext som det system det är satt att styra. Komplexiteten för ett system för med sig problemet med att kunna förstå och förutsäga hur ett system kommer att bete sig i olika situationer. Pennock och Rouse (2016) behandlar några utmaningar som kombinationen komplexitet och sociala system för med sig.

En ökande komplexitet kan man i system av system enkelt se i det antal delsystem man måste ta med i sin beskrivning av systemet man försöker styra. Ett annat sätt att se till komplexiteten av ett system har att göra med dimensionen på systemets tillståndsrum. För en kärnkraftsanläggning inser man lätt att komplexiteten definierad på detta sätt kan bli mycket stor. Visserligen är det så att många av tillståndsvariablerna har endast en lokal inverkan på andra tillståndsvariabler, vilket betyder att komplexiteten på hela systemet minskar genom att man kan se en del av systemen som sinsemellan isolerade delar i större helheter. En sista komponent som bidrar till ökad komplexitet är att interaktion mellan två och flera variabler är olinjära, vilket i sin tur kan få även mycket enkla system att visa ett komplext beteende (fraktala mängder, bifurkation, kaos). Komplexitet har ibland på senare tid beskrivits som en vetenskap som har att göra med beteenden på gränsen mellan ordning och kaos (Waldrop, 1992).

4.4 En helhet

Det är mycket som bidrar till en prestationshelhet. Man brukar ofta säga att helheten kan liknas vid en kedja som är lika stark som den svagaste länken. På en övre nivå är det ekonomi och säkerhet som faller utslaget. Om inte anläggningen kan generera tillräckligt med inkomster för att täcka utgifter och investeringar måste den stängas. Samtidigt är det så att ett haveri (tekniskt, organisatoriskt) av något slag i ett ögonblick kan förändra en anläggning från att vara en tillgång till att vara en skuldförbindelse. Det är därför av yttersta vikt att ledningen för anläggningen kontinuerligt är medveten om dess tillstånd med avseende på alla de system som bidrar till anläggningens produktionsförmåga och säkerhet. För att detta ska fungera måste de system som bidrar till produktionsförmågan utvärderas kontinuerligt, så att nödvändiga förbättringar kan sättas in utan dröjsmål. Det betyder också att den högsta ledningen kontinuerligt håller sig uppdaterad när det gäller denna information. Här ska ledningen i sin kommunikation göra klart att man vill ha värderingar som speglar verkligt tillstånd och inte något som är tillrättalagt för att fylla olika typer av förväntningar. Ett fel i äldre tiders krigföring var ofta att de som kom med dåliga nyheter avrättades. Detta betyder i stort att ledning och medarbetare måste ha ett förtroende för varandra, som inte störs av att det plötsligt visar sig att något inte var så bra som man tidigare hade trott. Förtroendet måste dessutom sträcka sig så att det innefattar alla intressenter. I en bedömning av helheten får man dessutom ta hänsyn till olika mekanismer som kan störa förtroendet och kravet på en öppen och sanningsenlig kommunikation.

4.4.1 En tillståndsvärdering

En tillståndsvärdering av helheten betyder att man har byggt ett slag av karta över system och tillstånd som har en betydelse för anläggningens förmåga att generera elektricitet till ett pris som marknaden accepterar och att detta kan göras på ett säkert sätt. När man gör utvärderingar får man ta hänsyn till hur snabbt man kan vänta sig att ett tillstånd förändras till det sämre. Här kan man skilja mellan normal förslitning och transienter, som gör att förslitningen under en kort tid kan vara mycket stor. På den tekniska sidan kan man för det mesta ge ganska goda riktlinjer för hur ofta ett system borde granskas, för att man ska kunna vara säker på att det fungerar när det behövs. För organisationen kan ibland förändringarna gå ganska snabbt till exempel om en person med viktig kompetens lämnar företaget. I de flesta fall är det fördelaktigt om granskningar och värderingen kan göras åtminstone semikvantitativt, så att man skiljer mellan kvalitativt definierade tillstånd, så man vet vilka förändringar som behövs och om systemet kan antas fungera tillfredsställande en driftperiod till.

4.4.2 Kommunikation

När man gör en bedömning av hur kommunikationen fungerar på en anläggning är det ofta värt att skilja på olika typer av meddelanden som ska genereras och nå sina mottagare. Ett sätt är att skilja mellan muntlig och

skriftlig kommunikation. Man kan också skilja mellan kommunikation som går vertikalt eller horisontellt. I en linjeorganisation kan man för det mesta anta att vertikal kommunikation sköts på ett tillfredsställande sätt, vilket då kan betyda att man måste se till att bygga upp speciella kanaler för att säkra viktig horisontell kommunikation. Ett annat ganska vanligt problem i organisationer är att ledningen inte i tid får en tillräckligt god bild av vad som händer på golvet. Detta betyder att ledningen måste lägga vikt vid att bli informerad om vad som händer i både gott och ont.

Språk och begrepp som man använder på en anläggning kan ibland ha en förvånansvärd stor betydelse för hur man uppfattar saker och ting. Ett exempel kunde vara ordet förvaltningsfas, som jag tror att ibland har uppfattats ganska passivt och att det då har lett till en mera reaktiv inställning till verksamheten än man kanske hade önskat sig. Några ord från intervjuerna som jag inte hört tidigare i större utsträckning var yrkesheder, driftmannaskap och systemhälsa. Jag tycker att de förmedlar en positiv inställning och att de gott kan lyftas upp för att få etablerade platser i den dagliga verksamheten.

4.4.3 Förtroende

Förtroende karakteriseras av att det är svårt att bygga upp, men lätt att riva ner med några oövertänkta ord. Ledningen får också sätta vikt vid att utdela så öppen information som det bara är möjligt om alla förhållanden i organisationen. Om medarbetarna får en uppfattning om att det existerar en dold agenda minskar förtroendet lätt.

På senaste tid har de flesta organisationer gett ut instruktioner för hur visseblåsare ska hanteras. Man kan till exempel tillämpa något slag av praxis för när en oro kan hanteras enligt sådana instruktioner. Denna praxis kan till exempel förutsätta att en medarbetare först talar med sin chef om problemen och om inte detta hjälper talar med chefs chef. Om inte heller detta hjälper betyder det att personen kan gå vidare enligt instruktionen, som då ger förutsättningar för att få anonymitet och skydd.

4.4.4 Andra mekanismer

Man kan argumentera för att ledning och styrning är beroende av de systemmodeller man använder sig av (Wahlström, 2018b). Detta betyder att man för sina modeller identifierar påverkansmekanismer som man måste ta hänsyn till. En viktig mekanism i organisatoriska sammanhang är en tillräcklig grad av medbestämmande (empowerment) måste finnas hos personalen. Detta är naturligtvis en viktig komponent när man bestämmer sig för hur en ny organisation ska byggas upp. Med hänsyn till de krav som ställs på kärnkraften är det uppenbart att någon i typ av "polsk riksdag" knappast kan vara en möjlig form. Ett medbestämmande där man tar hänsyn till kompetens i olika områden betyder också att ledningsgruppen får en medlande roll att jämkä samman olika uppfattningar. Rent vetenskapsmässigt kan man här identifiera en bakgrund i teknik, psykologi, socialpsykologi, management och ekonomi som måste passas samman. Hur detta sist och slutligen ska ske är en fråga som måste behandlas från fall till fall, så att ledningsgruppen blir enig och kan motivera sitt beslut.

En mekanism som kan observeras i vissa sammanhang är ett en organisation driver mot oacceptabla förhållanden i en serie av väl motiverade beslut. Detta fenomen har bland annat observerats inom kärnkraftens bränsleutveckling, där det gick så att en av BWR bränslets återkopplingsfaktorer gick över från negativ till positiv i ett visst område. Detta var icke meningen och gjorde att vissa korrigerande åtgärder fick vidtas. Pettersen och Schulman (2019) gör ett försök att granska fenomenet på ett mera allmänt plan.

När det gäller mekanismer som kan ha en betydelse för hur man sist och slutligen vill organisera sig, har jag hittat några artiklar som var och en argumentera för ett visst val när man jämför två eller flera lösningar med varandra. En fråga är till exempel hur många personer man ska ha i en grupp. Ska man ha ett udda eller ett jämt antal personer? Det verkar här vara så att ett udda antal är att föredra (Menon, Phillips, 2011). Man kan också fråga sig om högsta chefen på en anläggning borde förhålla sig ödmjukt till sin uppgift. Ou et al. (2018) menar att så borde det vara. De lednings- och rapporteringsstruktur man väljer kan också ha en påverkan, här argumenterar Sorensen och Stanton (2013) att en Y-struktur verkar vara optimal när det gäller kommunikation i en organisation.

5 Några reflektioner

Nedanför lyfter jag upp några frågeställningar som har diskuterats inom den akademiska världen. All verksamhet bygger på att vi förstår våra system och deras egenheter så att vi förmår anpassa oss till dem. Här kommer språkets betydelse fram för att detta ska lyckas. Jag har i mitt arbete inom kärnkraftssäkerhet

parallellt använt engelska, finska och svenska samt till och med min rudimentära tyska, vilket har gjort det klart för mig att varje språk har nyanser som lätt försvinner när man översätter texter. Språket har en stor betydelse redan när man försöker förstå vad man menar med säkerhet. Från denna inledning går jag sedan över till att diskutera på vilket sätt kärnkraften kan anses vara speciell, vilket i sin tur leder till frågan hur man bör organisera sig på en kärnkraftsanläggning. Den diskussionen koncentrerar sig på säkerhetsarbetet, eftersom detta måste anpassas till de ekonomiska ramar som bestäms av marknaden. Därefter lyfter jag upp resurser och förmåga som begrepp att diskutera när man försöker hitta sätt att möta utmaningar i verksamheten (Sirmon, et al. 2007). Beslutsfattande är i all verksamhet en kritisk komponent, som trots en viss centralisering ändå alltid i praktiken kommer att ske decentraliserat. Myndighetstillsynen har en viktig roll i all verksamhet som gäller kärnkraft och jag vill därför här peka på några förhållanden man måste ta hänsyn till. Efter det diskuterar jag ett antal balanser som ibland kan upplevas som paradoxala, men som i alla fall måste hanteras i den dagliga verksamheten. I det sista delavsnittet diskuterar jag lärande organisationer och organisatoriskt lärande, som förs fram i många olika sammanhang i rekommendationer för hur säkerhetsarbetet ska organiseras.

5.1 Hur vi förstår saker och ting

Här kommer jag in på några begrepp som filosofer har funderat över i hundratals år. Vad menar man till exempel med kunskap och erfarenheter? Hur fungerar medvetandet och hur leder det till avsiktliga och/eller omedvetna handlingar. Med hjälp av språket bygger vi våra kunskaper och således också inom säkerhetsvetenskaperna. Det är därför skäl att i här lyfta upp några frågor som ibland har visat sig leda till långa och onödiga diskussioner. Först och främst har det att göra med vårt språk, vilka begrepp man väntas förstå i ett visst språkområde. Detta gäller i synnerhet de begrepp specialister inom något teknikområde har definierat, men som sedan också har börjat användas i dagligt tal utan att kanske underliggande nyanser förstås på ett riktigt sätt. Från detta kommer man till teorier och vilka teorier som kan anses tillräckligt användbara för att föra något i bevis. Sedan är det frågan om de modeller man inom speciella teknikområden använder sig av. Från teorier och modeller kommer man till metoder och verktyg som sedan används betydligt mera och som ibland kanske till och med används utan att användaren alltid förstår deras begränsningar.

5.1.1 Vårt språk

När man talar om språk måste man hålla i minnet att de förändrar sig kontinuerligt. Nya ord kommer till och gamla ord försvinner, samtidigt som vanliga ord kan flyta i sin betydelse. Man kan skilja mellan vardagligt språk och de termer och begrepp som används inom olika specialistområden. Ofta är det så att ett vanligt begrepp samtidigt för med sig ett stort antal underförstådda begrepp som kan skilja sig väsentligt mellan olika kunskapsområden. Ett sådant begrepp är system, vilket i min värld samtidigt för med sig en uppsjö av andra begrepp, som samtidigt står i relation till varandra. I min mening för ordet system med sig en idé om en hierarki som kan beskrivas med orden delsystem och komponenter, samtidigt som man talar om hur de påverkar varandra i en given struktur så att systemets tillstånd ändras som en funktion av tiden.

Kärnkraften har sina egna ord och begrepp, som hänför sig till de fysikaliska fenomen som ska beskrivas, de ämnen som deltar i produktionen av energi och hur man måste skydda sig mot den strålning som uppstår. De olika delarna som ett kärnkraftverk består av, har sina egna karakteristiska egenskaper som gör att de fungerar som det är tänkt. Samtidigt ska anläggningen designas och konstrueras i en process som kan ta flera år i anspråk och bestå av gradvis slutförda delprocesser. När anläggningen är färdig så ska den drivas och underhållas under en period då den förväntas generera den nytta den var konstruerad för. Efter det ska anläggningen ställas av och kanske rivs så att platsen där den funnits kan användas för andra ändamål.

Ordet säkerhet i detta sammanhang också viktigt att förstå. Man kan säga att ordet innehåller två komponenter, dels ett hot, dels en sannolikhet som anger hur ofta hotet kan väntas bli realiserat. Man har också frågat sig om risk och säkerhet är motsatser till varandra. I min mening är orden relaterade men inte direkt motsatta. Detta har jag bland annat förmedlat i skillnaden mellan de två orden riskanalys och säkerhetsteknik, där det första ordet relaterar till den process man använder sig av för att uppskatta hur farligt ett hot kan anses vara och det andra ordet till den process man använder sig av när man försöker minska den skada ett hot kan väntas åstadkomma om det realiserar.

5.1.2 Teorier

Vårt språk används kontinuerligt för att formulera olika teorier. Oftast är det enkla konstateranden i formen "om A observeras så händer B", men de kan också beskriva komplicerade händelseförlopp som stöder sig på långa beskrivningar av olika fenomen. En idé när det gäller teorier, är att de inte kan bevisas att de är riktiga,

men för att en teori ska kunna beaktas som en teori, bör den kunna falsifieras. Detta går visserligen ofta till så att den gamla teorin blir ett specialfall av en ny teori.

5.1.3 Modeller

Modeller baserar sig oftast på teorier från olika vetenskapsområden. Modeller används ofta systematiskt för något av följande ändamål

- för att förklara något skeende som är aktuellt,
- för att sluta sig till vad en styrningsåtgärd hur en kan väntas påverka ett system,
- för att välja en styrningsåtgärd så att ett system beter sig på önskat sätt,
- för att utbilda operatörer i handhavandet av system genom att dessa simuleras.

En viktig egenskap när man använder sig av modeller är att man vill koncentrera sig på något speciellt beteende som man vill studera. Detta betyder då att modellen begränsas att gälla endast inom ett visst vars gränser inte får överskridas om man vill att modellens resultat ska gälla. Modellens begränsningar är både en fördel och en nackdel.

5.1.4 Metoder

Nästa utvecklingssteg från modeller kunde vara metoder. Rent generellt kan man beskriva en metod som en serie handgrepp, ett slag av algoritm eller ett datorprogram som när metoden tillämpas i en situation i en serie operationer ger det svar man frågar efter. För att en metod ska fungera måste man ge metoden indata att arbeta med antingen genom att mata in dem eller att metoden startas från ett instrument som läser in vad som behövs. Ett exempel på en metod man använder sig av på kärnkraftverken är de mätnormaler och kalibreringsverktyg med vilka man försäkras sig om att mätgivare ger riktiga mätvärden.

5.1.5 Verktyg

Den sista kategorin kunde här vara verktyg, eftersom de vanligen bygger på allt mellan teori och metod. Ett verktyg uppfattas ofta som något handfast, men det kan också vara något ganska abstrakt som fungerar i en dator som är kopplad till en databas eller en fysisk process. I ett kärnkraftverk har man många olika verktyg som ofta är avsedda för många speciella ändamål. En del av verktygen tar sina inputdata direkt från de mätgivare som är kopplade till olika komponenter. De kan då användas av operatörerna för att göra de analyser som behövs när man till exempel måste bestämma sig för rätt tid när ett visst ingrepp ska göras. Verktyg kan ofta vara så utformade att de kan användas utan att användaren förstår essensen i de teorier, modeller och metoder som ligger bakom verktyget.

5.2 Är kärnkraften speciell?

I säkerhetssammanhang argumenterar man ofta att man borde lära sig, inte bara av den egna verksamheten, utan också av annan säkerhetskritisk industri såsom transport (land, luft, sjö) och annan industri (kemi, hälsa och sjukvård, offshore). Det är uppenbart att man kan lära sig av generiska iakttagelser i andra branscher, men det finns alltid med det mera specifika, där man bör akta sig för att dra allt för stora växlar. När man ser på kärnkraften i ett större sammanhang kommer den i ett fyrfält fruktansvärd/okänd alltid tillsammans med radioaktivitet och avfall ut i övre högra hörnet (Slovic, 1987). Om man dessutom ser på de tre stora olyckor där kärnkraften varit inblandad i ljuset av mediauppföljning, är det uppenbart att kärnkraften är speciell. Man kan således fråga sig vad detta faktum betyder och hur det måste behandlas i ett samhälle där man inte kan vänta sig att kärnkraftens motivering eller säkerhetstänkande är något som envar känner till. Alvin Weinberg som 1971 förde fram begreppet om Faustiskt uppgörelse genom att kärnkraften erbjuder gränslöst med energi, men samtidigt för med sig olika risker. Bakgrunden till denna syn lär gå tillbaka till något som kallas Fermis paradox, dvs. varför har inga utomjordingar visat sig här? En orsak kunde vara att alla civilisationer som har upptäckt kärnkraften, förr eller senare har sprängt sig i luften. Man kan visserligen med erfarenheten av pågående global pandemi, argumentera för att biotekniken förmedlar en liknande riskbild.

5.2.1 En olyckspotential

Kärnkraften har visat att den har en olyckspotential som är mycket stor. En olycka skyr inga gränser när den drabbar samhällen i ett stort område, Tjernobylolyckan till exempel spred radioaktiv strålning över hela jorden. I en viss mån kan man argumentera för att kärnkraften är speciell, eftersom andra teknologier trots allt oftast bara har en lokal påverkan som visserligen kan vara stor. Kärnkraften kanske också har ett större intresse för potentiella terrorister, kanske inte för riskerna, men enbart för att skapa rädsla och osäkerhet i ett

samhälle. Frågan om kärnkraften är en accepterad energiform eller inte blir därför i grunden etisk. Jag ser denna fråga i samband med möjligheten att generera elektricitet utan koldioxidutsläpp som ett starkt argument, förutsatt att riskerna för olyckor kan göras så gott som försumbar.

Man har i olika sammanhang ställt sig frågan hur säkerhetskritiska organisationer kan lära sig av andra säkerhetskritiska organisationer. Svaret på frågan har varit att de generiska lärdomarna kan man bra använda, medan det specifika kan vara svårare att dra nytta av. Frågan som då bör ställas är på vilket sätt kärnkraften skiljer sig från annan säkerhetskritisk industri. Det kan vara svårt att ge en mycket specifik lista på detta, men några förhållanden kan i alla fall anföras. Kärnkraften är

- en teknologi som uppenbart intresserar makthungriga ledare i hela världen,
- en politisk teknologi, som är extremt påpassad av samhället,
- en global teknologi med ett internationellt kravsystem som måste beaktas,
- en bransch som är beroende av många olika teknologier, som alla måste hanteras både som en helhet och på en detaljnivå.

Till detta tillkommer även kravet om en mycket noggrann bokföring av allt kärnmaterial (safeguards) som behövs för att förebygga terrorism och vapenutveckling. Om man utgående från detta gör en jämförelse till exempel med kemisk industri, offshore och transporter (flyg, sjö, spårtrafik, vägar) kan man hitta flera utmaningar som finns, men dock i mindre omfattning inom de andra områdena (jfr Donaldson, Walsh, 2015). Sådana är till exempel att man måste

- förutsätta en mycket stor öppenhet mot myndigheter, media och samhälle,
- upprätthålla en byråkrati, som gör det möjligt att registrera och dokumentera det mesta,
- hitta en ekonomi i en verksamhet som kan ta hänsyn till ett visst godtycke i de krav som ställs.

Den första punkten i den listan är kanske den svåraste att uppfylla, eftersom vi vet att kärnvapen har varit en av drivkrafterna i många länder för att skaffa sig kärnkraft. Om detta är en drivkraft också i de nya kärnkraftsländernas vet vi inte, men vi kan i alla fall hoppas att det inte är så. Om man som ett exempel tar RBMK-anläggningarna i det forna Sovjetunionen, så vet vi med säkerhet att de ursprungligen hade en dubbel uppgift, de skulle producera vapenplutonium och tydligen som en ursäkt leverera elektricitet till samhället. De uppgifter som förekommit i USA om att kärnkraftverk har övertalats om att producera tritium för vätebomber är också ägnade att inge oro i denna fråga.

Inom industriell verksamhet arbetar ett stort antal konsulter som specialiserat sig för att skapa lönsamhet i ett antal olika branscher. Mycket av de åtgärder som föreslagits har att göra med en omformulering av verksamheten (business restructuring) och en kostnadseffektiv organisation (lean organisation). Om kärnkraften ska ta lärdom av sådana strävanden, måste det göras med en god insikt i hur olika inbesparingar kan påverka slutresultatet. Om man går under den marginal av resurser som behövs för att klara av plötsliga oförberedda händelser, kan man lätt råka in i en ond cirkel så att restlistor växer över bredderna utan att verkliga problem blir omhändertagna.

5.2.2 Kärnkraftsteknik

Kärnkraftsteknik av idag kännetecknas av en komplexitet som visserligen i liknande grad återfinns inom många andra branscher. Man får här särskilja mellan ett kunnande som behövs för att designa och konstruera en anläggning och ett kunnande som behövs för att driva en anläggning⁸. Man måste även ta ställning till de tekniska underområden som behövs för en anläggnings livscykel. Inom kärnkraften får man ta hänsyn till teknologiområden såsom reaktorfysik, materialteknik, kemiteknik, automation och elteknik för att inte tala om mera tillämpade områden som processteknik, kvalitetsteknik och säkerhetsteknik. Det blir således en mycket bred palett av högteknologiska system som måste hanteras både på bredden och på djupet. För en driftorganisation måste allt detta skötas med ett 24/7/365 schema, vilket då betyder att driftpersonal måste finnas på plats kontinuerligt och att underhåll vid behov ska kunna göras med mycket kort varsel. Inom kärnkraften har man dessutom distinkta perioder för drift och årliga avställningar för bränslebyte. På grund av kostnadsbilden för kärnkraften är det uppenbart att god lönsamhet förutsätter en tillräckligt lång drifttid under vilken kostnaderna kan hållas inom rimliga gränser, vilket då har gjort att man kan tala om distinkta tidsperioder med olika målsättningar i operativa, taktiska och strategiska perspektiv. Allt detta måste man beakta när man bygger upp sin organisation.

⁸ Man kan som en analogi skilja mellan det kunnande som behövs för att konstruera en säker bil och det kunnande som behövs för att köra bilen säkert.

5.2.3 Rekrytera och utbilda

Varje organisation fungerar i en omgivning som ger begränsningar i hur organisationen kan rekrytera och utbilda. För ett kärnkraftverk betyder detta att man måste bestämma vad man kan producera själv och vad man kan köpa in. Om det finns en industriell infrastruktur i samhället, kanske beslutet kan vara att man köper in ett stort antal tjänster som behövs under driften. När kärnkraften byggdes ut i Sverige och Finland var det vanligen en huvudleverantör (architect engineer) som levererade anläggningen. Denna huvudleverantör sålde sedan under anläggningarnas driftperiod tjänster i högre eller lägre grad, men man kunde då också vid behov använda sig av den expertis som hade varit med och konstruerat anläggningen. Det betydde då att man kanske inte på samma sätt som nu behövde ha en egen djup teknisk kompetens på alla områden. I nuläget har de ursprungliga konstruktörerna varit pensionerade sedan länge, vilket i sin tur betyder att anläggningarna nu själva måste upprätthålla nödvändig kompetens. Detta behov har också identifierat i rapporten INSAG-19 (IAEA, 2003).

Oberoende av hur mycket teknisk kompetens man anser sig behöva är det dock viktigt att ha en egen kompetens inom underhåll. Om inte den kompetensen finns på plats när den behövs så kan det krävas långa avställningar innan en felande komponent kan åtgärdas. Samtidigt planerar man vanligen underhållet både som avhjälpande och förebyggande, så att man hellre byter ut en komponent för tidigt än riskerar att den havererar och man blir stående en lång tid. Denna avvägning betyder i sin tur att underhållet måste ha en analytisk förmåga.

Allt detta ger de krav anläggningen ställer på sin personalfunktion, som har ansvar för att rekrytera och utbilda. Här kommer man då till problemet med att avdelningarna med teknisk kompetens måste definiera vilken typ av personer de behöver, samtidigt som personalfunktionen bidrar med kompetens inom lagstiftning och administration samt nödvändiga kontakter till nationella och internationella kompetenscentra. Exakt hur det praktiskt går till är något varje anläggning får fundera på och skapa nödvändiga rutiner för.

När man kommer till frågan hur man ska utbilda nyanställd personal är det mera undantag än regel att man hittar folk som redan har nödvändig kompetens. Detta hänger ihop med att det knappast finns något utbildningssäte med kurser som passar för de positioner man vill fylla. Man får således sätta upp någon typ av internutbildning, som dels ger allmänna orienteringskurser, dels ett personligt anpassat program som syftar till vissa typer av positioner. I och med de långa drifttider som krävs för kärnkraftsanläggningarna kan man nästan säga att de under sin drift behöver personer från tre generationer av anställda. Detta gör att man tidigt får bygga upp en praxis där äldre medarbetare aktivt deltar i utbildningen av nästa generation befattningsinnehavare. Idag kan man i utbildningen dock med fördel använda sig av tekniska hjälpmedel som simulatorer, virtuell verklighet och affärsspel.

Viktigt i rekrytering och utbildning är också att inse att man behöver två typer av människor, som då också förutsätter två typer av karriärplanering, dvs. generalister och specialister. Generalisterna behövs för olika chefspositioner och de bör ha en kunskap som sträcker sig över flera av de kunskapsområdena som är aktuella. Specialisterna ska däremot ha en djup insikt i det område de kommer att ansvara för. Detta gäller även områden där anläggningen valt att i huvudsak köpa in tjänster utifrån. Om inte anläggningen har den kompetens som behövs för att fungera som en intelligent uppköpare, kan det bli både dyrt och tidsödande. På senaste tid har det blivit allt viktigare att i driften på ett bra sätt tar hand om det man kallar organisatoriska och mänskliga faktorer. Detta kan säkert dels skötas dels genom att anställa folk med en beteendevetenskaplig bakgrund och dels genom att ge lämpliga stödkurser åt personer med teknisk bakgrund. Kärnkraftindustrin får idag ta på sig ett större ansvar för utbildning, vilket kan betyda att det blir ännu svårare att utbilda i annat än det rent tekniska (Verweijen, Lauche 2019)?

5.2.4 Ett livscykelperspektiv

Livscykelperspektivet är ett av dem som betyder att man för en lönsamhet är beroende av att man lyckas göra driftperioden tillräckligt lång. Om den ska vara hundra år behövs fyra generationer. Det för med sig att man i det korta tidsperspektivet hela tiden måste upprätthålla en god tillgänglighet för att finansiera den dagliga driften. I ett längre tidsperspektiv kanske anläggningarna måste moderniseras, vilket då betyder att man har lyckats samla tillräckligt med kapital för att göra detta. Vid moderniseringarna måste man kunna använda sig av den ursprungliga konstruktionen och dess säkerhetsanalys i en så stor utsträckning som möjligt, för att inte projekten ska bli för stora och komplexa, vilket i sin tur kan hota lönsamheten.

I ett initialt skede kan man vänta sig att anläggningarna är behäftade med olika brister som härrör sig från att man i design och konstruktion inte har lyckats optimera anläggningen helt. Det betyder att man antagligen under det första decenniet av drift får lov att genomföra en hel del anläggningsändringar. Samtidigt måste man

se till att man optimerar driftverksamheten, vilket också medför ändringar i instruktioner och arbetsprocesser. Man får således lov att vara alert och ha en beredskap för ändringar. I stort betyder det att ändringshanteringen måste vara effektiv. Här kan man ha hjälp av studier som till exempel (Levovnik, Gerbec, 2018).

5.3 Organisera för säkerhet

I organisationsteori argumenterar man ofta för att val av mål och medel är tillräckliga för att definiera struktur och detaljer av en organisation. Det kanske är så, men kravet på säkerhet gör det trots allt svårt, om man med detta menar en avsaknad av olyckor. Man kan med utgångspunkt från nödvändiga och tillräckliga villkor för säkerhet definiera en rad av förväntningar och motsvarande funktionella och icke funktionella krav man vill att organisationen ska uppfylla. Man kan skilja mellan organisationer som är avsedda för design och konstruktion av anläggningar och organisationer som är ämnade att driva dem. Dessa har visserligen gemensamma karakteristika, men skillnaden kan i praktiken vara ganska stor. Som en analogi kan man peka på skillnaden mellan att konstruera en säker bil och köra bilen på ett säkert sätt. När man talar om säkerhetsorienterade organisationer kan man även göra en skillnad mellan en skarp och en trubbig gräns (sharp end & blunt end) mot anläggningen. Den skarpa gränsen hänför sig till de personer som har en direkt fysisk kontakt med anläggningen (drift, underhåll) och den trubbiga gränsen till de personer som svarar för olika stödfunktioner (teknik, ledning, ekonomi, säkerhet, personal, juridik).

5.3.1 Kravsystem

När man ser på de kravsystem vi har kan man förenklat säga att de har tillkommit i försök att skriva samman hur saker och ting borde vara, för att sedan i en process av rättande och lappande försöka få helheten att uppfylla något slag av fungerande handledning för involverade organisationer. Inom kärnkraften har inträffade olyckor alltid lett till nya krav och rutiner för myndighetstillsynen. Man kan också säga att det alltid är lätt att lägga till någonting, men mycket svårt att ta bort något (Rae et al. 2018). Man kan argumentera för att ett idealt kravsystem borde uppfylla tre kriterier, 1) det borde på sätt och vis vara fullständigt, dvs. det täcker in de nödvändiga villkor man föreställer sig att borde gälla, 2) det innehåller inte motstridigheter, dvs. det kräver inte samtidigt en sak och dess motsats och 3) det ger tillräcklig frihet åt konstruktörer att hitta lösningar som uppfyller kraven. Nu är det dock så att man enligt resultat i matematisk logik inte samtidigt kan kräva både fullständighet och avsaknad av motstridigheter (Wahlström, 2018b). De kravsystem som gäller för en anläggning och dess organisation reflekteras i organisationens ledningssystem.

Krav på kravsystem

Generella krav (både design och drift)

en kontinuerlig strävan efter förbättringar
kompetent personal

ett systematiskt arbetssätt på alla områden
tillräckligt med resurser (personal, ekonomi)
ändamålsenliga metoder och verktyg

Speciella säkerhetskrav (drift)

ett anpassat förhållande till säkerheten

djupförsvär, riskanalys, STF, instruktioner

erfarenhetsåterföring, ändringar, granskningar
myndighetstillsyn

Om man försöker ställa önskemål på hur ett idealiskt kravsystem skulle se ut kunde man anteckna följande:

- kraven är skrivna på en hög funktionell nivå och är inte kopplade till någon speciell teknologi,
- kraven är uppdelade på olika hierarkiska nivåer, vilket gör det lättare att hitta bland dem,
- på de lägsta kravnivåerna går det att argumentera med myndigheterna om ett krav är säkerhetsdrivande eller inte.

5.3.2 Säkerhetsspecialistens roll

Det är numera helt klart att en organisation som har en verksamhet där det uppstår risker som kan drabba tredje man, måste ha ett tillräckligt antal specialister som har en god kännedom om både riskanalys och säkerhetsteknik. Tyvärr finns det för närvarande knappast någon akademisk utbildningsväg som direkt skulle leda till en sådan kompetens. Det betyder att man antagligen på en gedigen grundutbildning av något slag (teknik, beteendevetenskap), får lägga till ett antal kurser som ger en sådan kompetens. När man funderar på vad en sådan utbildning borde innehålla, kan man med fördel bekanta sig med artiklar som ger råd på vägen (Provan et al. 2017). Beroende på organisationens storlek kan man i gruppen av säkerhetsspecialister föra in ytterligare en nivå av specialisering till exempel så att man talar om olika roller såsom, intern myndighet, intern konsult och olika funktionella deluppgifter (riskanalys, händelseanalys, auditeringar).

5.3.3 Säkerhetsavdelningens plats

Det är en utbredd praxis att varje kärnkraftverk har en säkerhetsavdelning. Däremot är det inte lika klart hur man definierar och avgränsar säkerhetsavdelningens ansvar och befogenheter. För att ta ett enkelt exempel, såsom situationen var 2004, så fanns det i Vattenfall skillnader mellan FKA och RAB. Förenklat kunde man säga att säkerhetsavdelningen i Forsmark hade monopol på kontakterna till SSM, medan det i Ringhals var tillåtet att

även andra avdelningar kommunicerade med SSM. Här kan man argumentera för att FKA då lättare kunde uppvisa en enhetlig bild mot myndigheten, medan RAB gjorde det möjligt att mera detaljerade argument användes i kommunikationen. Hur man ska institutionalisera kommunikation med myndigheten är sist och slutligen en fråga om förtroende. Har båda parter ett förtroende för den andra partens kompetens blir det alltid lättare.

När det gäller granskningar av olika typer av material är det uppenbart att säkerhetsavdelningen måste ha en god inblick i allt som görs. Om man då organiserar sig så att säkerhetsavdelning alltid i sista hand genomför granskningar och godkänner lösningar, kan man få en situation, där den upplevs som något slag av polis, vilket inte nödvändigtvis är förenligt med en ökad säkerhet. Om sedan säkerhetsavdelningen engagerar sig allt för mycket i rollen som intern konsult kan man igen få problemet med att hålla tillräcklig distans i säkerhetsfrågor. Hur man sist och slutligen bestämmer sig för att organisera sin egen säkerhetsavdelning, hänger ihop med lokala förhållanden, men det kan då vara bra att man är medveten om möjliga konsekvenser som man vill motverka.

5.3.4 Byråkrati

För en nyanställd kan kärnkraften upplevas som mycket byråkratisk. Det kan därför i internutbildningen vara viktigt att i ett tidigt skede förklara varför en viss byråkrati är nödvändig för att få allting att fungera. Kärnkraften är i stor utsträckning styrd av myndigheternas krav, som på senaste tid främst har styrts av en internationell utveckling som sätter de nationella kraven. Det verkar i alla samhällen finnas en relativt utbredd syn att myndigheter i allmänhet har en alltför stor makt och att det således är alltid är bättre ju färre krav man måste anpassa sig till. Med hänvisning till en annan bransch, dieselbilarnas utsläpp, kan man däremot konstatera att självreglering ofta ser ut att misslyckas trots alla goda föresatser. Man kan visserligen fråga sig hur myndighetstillsynen borde ske för att vara effektiv, dvs. se till att säkerheten hålls på en rimligt hög nivå, utan att för den skull ställa allt för många hinder i vägen för nytänkande inom säkerhetsarbetet.

Så som situationen ser ut idag, är man inom kärnkraften, till skillnad från till exempel flygtrafik och sjöfart, ännu ganska långt från ett väl harmoniserat internationellt normsystem. Samtidigt är kärnkraften så starkt påpassad av media och opinion, så att varje ny händelse kräver kraftiga politiska signaler att nu är allting mycket bättre. Detta leder lätt till ett övermått på nya krav, som då i sin tur kan föra med sig stora oväntade kostnader för industrin.

5.3.5 Är säkerhetsarbetet effektivt?

En fråga som man uppenbart bör ställa är hur man kan försäkra sig om att det säkerhetsarbete man gör är effektivt. Bidrar det till verklig säkerhet, dvs. minskar det man gör sannolikheten för olyckor? I praktiken är det två frågor som kan ställas, gör man rätt arbeten och gör man arbetet på rätt sätt. Man kan i alla fall enligt Alvesson och Spicer (2012) anta att en del av säkerhetsarbetet antagligen görs på ren rutin och knappast är ägnat att fylla sitt ursprungliga syfte. En djupare analys av problemet genomförs i artikeln (Rae et al. 2018), där författarna argumenterar för att säkerhetsarbetet faktiskt kan bli lidande av vad de kallar för onödigt bråte (clutter) bland säkerhetsaktiviteter. Rae och Alexander (2017) visar i sin artikel att en bevisförd blindhet kan existera så att man erhåller en falsk uppfattning om säkerheten.

Rae och Provan (2019) lyfter upp frågan i sin artikel i vilken de argumenterar för att man kan dela upp säkerhetsarbetet i fyra aspekter, som alla har en påverkan på den verkliga säkerheten, enligt:

- social säkerhet – säkerhet är ett viktigt värde och säkerheten upprätthålls,
- demonstrerad säkerhet – en bevisning existerar gentemot alla intressenter att säkerheten är tillgodosedd,
- administrativ säkerhet – man har regler för att upprätthålla säkerheten och reglerna följs,
- fysisk säkerhet – om det behövs så man ändrar den fysiska omgivningen för att tillgodose säkerheten.

5.4 Resurser och förmåga

Inom management litteraturen har mycket skrivits om företagets konkurrenskraft. Är det så att unika svårt kopierbara resurser och en förmåga att från dessa skapa en överlägsen produkt, ger ett långsiktigt övertag på en marknad (Sirmon et al. 2010)? Frågan har stötts och blötts i olika sammanhang, men synen kan kanske sammanfattas att det visserligen hjälper, men att också andra förhållande kommer in i den dynamik som uppstår när företag konkurrerar med varandra. Jag vill i detta sammanhang lyfta upp frågan vad som möjligen kunde vara något som ger en kärnkraftsorganisation en sådan överlägsen produkt. Först måste man konstatera att elektricitet knappast är en produkt som skiljer sig speciellt mycket mellan olika producenter, trots att en

viss skillnad mellan topp- och baskraft nog finns. Vi kan också anta att kunder inte uteslutande ser till pris, utan också till flexibilitet och tillförlitlighet. I varje fall borde det finnas möjligheter till innovationer (Hitt et al. 2016), som kan ge ett bättre pris för producerad elektricitet. Jag försöker nedanför argumentera i denna fråga för att se om detta kan ge nya insikter.

5.4.1 Elektricitet som produkt

Toppkraft betingar ett högre pris på elmarknaden i och med att man erbjuder sig en möjlighet att ta över en ökande eller minskande belastning för ett högre pris än det som betalas för baskraften. Kärnkraften har traditionellt inte varit med på reglermarknaden, men det finns knappast några principiella hinder för detta. I varje fall borde nedregleringar vara möjliga, men kanske också uppregleringar om någon av anläggningarna går under full effekt. Åtminstone borde det gå att räkna efter om det finns förbättrad ekonomi i att ta på sig åtminstone någon andel av reglerkraften.

Flera elproducenter säljer idag anpassad elkraft. Man kan få köpa vatten- eller vindkraft till ett pris som något överstiger priset på vanlig baskraft. Jag har försökt anpassa våra egna kontrakt till att köpa endast kärnkraft och detta lyckades i mitt nyaste avtal. Kärnkraften har reserver för att klara av oväntade avställningar. Åtminstone för dieslar gäller det att en begränsad drift då och då är fördelaktig för dieslarnas startbenägenhet och hållbarhet. Finns det här en möjlighet att köra toppbelastning med dem, så att man kanske till och med kunde undgå regelbundet återkommande tester av dieslarna? Det finns således möjligheter man kunde fundera på.

5.4.2 Prestationsförmåga

När det gäller prestationsförmågan för en anläggning det lätt att inse att den till olika delar beror på de anläggningens tekniska lösningar, på personalens kompetens och beredskap att klara av oväntade situationer samt på de organisatoriska lösningar man valt för att sköta den dagliga driften. I ett längre perspektiv beror det på hur man strategiskt lyckats optimera driften. Eftersom anläggningen fungerar i ett nationellt elnät kommer de villkor som gäller där att vara definierande för de finansiella intäkter driften ger. En god ekonomisk situation gör det möjligt för en anläggning att investera för att höja tillgänglighet och säkerhet.

Samhället har tyvärr ofta sett kärnkraften som en mjölkko för ökade skatteintäkter. Ägarna kan också ha ett intresse av att definiera en avkastning på insatt kapital, som kan göra det svårt att med den existerande kostnadsprofilen att få lönsamhet i driften. Om detta leder till att viktiga investeringar i anläggningen blir senarelagda kan detta i sin tur föra med sig en tilltagande restlista på åtgärder, som borde genomföras så att inte förmågan till säker och ekonomisk drift undergrävs. Om vi har gås som värper guldägg lönar det sig inte att döda henne.

5.4.3 Resurser

Inom management litteraturen har det skrivits en hel del om resurser och hur de påverkar ett företags konkurrenskraft. Om ett företag har mycket speciella resurser som är svåra att kopiera, så kan det betyda det att företaget är konkurrenskraftigt i ett längre tidsperspektiv. När det gäller kärnkraftens konkurrenskraft är det relationen till andra former av energiproduktion, som bestämmer hur väl en anläggning klarar sig på en marknad. Det kan i detta perspektiv vara motiverat att ta till sig av argumenteringen för att identifiera kritiska resurser och här göra kontinuerliga utvärderingar.

Om man tänker sig att kontinuerligt försöka utvärdera hur förmågan att producera elektricitet för en given marknad både säkert och till ett acceptabelt pris, kan man då tänka sig att man försöker skapa en uppfattning om relationen mellan förmåga och pris? Från en sådan kunde man då ta ett steg vidare och söka relationen mellan tillgängliga resurser och förmåga, för att skapa ett indikatorsystem för att styra samhällsinvesteringar så att man balanserar olika investeringar i energisystemet på ett optimalt sätt?

Ett sätt kunde vara att man i stället för säkerhetsindikatorer (jfr avsnitt 4.1.3) skulle söka indikatorer som speglar en förmåga att driva anläggningen så att man samtidigt ser till både säkerhet och ekonomi. Man kunde då tala dels om anläggningens förmåga (inneboende säkerhet, robusthet, störningskänslighet), dels om personalens förmåga att driva anläggningen. Om man för denna tanke vidare kunde detta bilda förslag till anläggningsförändringar och ett sökande av effektiva driftprocesser för att stimulera till innovation och förbättring. För att illustrera begreppet förmåga kan man diskutera på vilket sätt en verksamhet kan råka ut för situationer där förmågan att agera säkert inte mera är uppfylld (Farjoun, Starbuck, 2007). Man kunde kanske på detta sätt också hitta mätetal för organisationens effektivitet (Sproles, 2002) eller resiliens (Jain et al. 2018).

5.4.4 Konkurrens

I de flesta fall försöker man i organisationer stödja existensen av samarbete både horisontellt och vertikalt. Man bör dock vara medveten om att det alltid i en organisation förekommer konkurrens i olika former och man ska därför inte kategoriskt avvisa den interna konkurrensen. Det kan till exempel röra sig om konkurrens när det gäller chefspositioner och lönenivå. Så länge sådan konkurrens hålls inom en rimlig nivå, är det knappast något ont i det, förutsatt att man öppet redogör för villkor till det man konkurrerar om. Om det dock blir så att inte konkurrensen hanteras på tillbörligt sätt, så kan det leda till att organisationens sammantagna prestation blir lidande (Greer et al. 2017).

När det gäller konkurrens på en marknad så är den allmänna uppfattningen ofta att den är bra för branschen. Om man försöker analysera den boom i byggande av anläggningar som inträffade i USA efter det att de första anläggningarna hade tagits i drift, så kan man visserligen ifrågasätta hur säkerheten då togs om hand. Utan att gå närmare in på alla detaljer kan man dock konstatera att den konstruktion som Babcock&Wilcox använde för TMI-anläggningarna kanske inte var balanserat optimal, eftersom ånggeneratorerna visligen förväntades koka torra inom ett fåtal minuter efter att ett rörbrott inträffat. Skulle en sådan anläggning kunna anses uppfylla enkelfelskriteriet enligt dagens myndighetskrav eller inte?

5.5 Beslutsfattande

Ledning och styrning har att göra med en serie av kopplade beslut, som vart och ett bör fattas på grund av den situation där man befinner sig. Detta har att göra med att världen alltid är som den är vid den tidpunkt beslutet ska tas och att man således bör bortse från beslut som har tagits före den nuvarande situationen. Människor har dock svårigheter att på detta sätt kallt överväga nuet och vad man vet om systemens tillstånd för att fatta det beslut som har den största möjligheten att åstadkomma det man önskar sig. Ekonomer har ibland karakteriserat sådana situationer där "man inte ska kasta bra pengar efter de dåliga". Detta faktum kommer av vad Daniel Kahneman (2011) har karakteriserat som två olika beslutssystem, ett snabbt och intuitivt och ett långsamt och eftertänksamt. Man har i psykologiska experiment kunnat visa att människor i kritiska situationer (fly eller fäkta), använder sig av det första systemet och i situationer där man har tid, kan använda sig av det andra. Beslutsfattande i en kärnkraftsorganisation bör som en allmän regel ske med det andra eftertänksamma systemet där man väger samman fakta från olika områden, som då också kommer att innehålla subjektiva bedömningar och värderingar. Nedanför diskuterar jag några viktiga förhållanden att beakta i ledningsgruppens arbete.

5.5.1 Fyra nödvändiga villkor

I en tidigare artikel (Wahlström, Rollenhagen, 2014) har vi argumenterat för att rationella beslut förutsätter följande fyra systemteoretiska krav

- *observerbarhet*, man måste kunna sluta sig till i vilket tillstånd ett system befinner sig,
- *styrbarhet*, man måste kunna påverka systemet på något sätt så att det rör sig i sitt tillståndsrum på ett önskat sätt,
- ett *värdesystem*, man måste kunna skilja på vad som är bra eller dåligt i den förändring en styrning ger åt systemets tillstånd,
- en *modell*, man måste ha ett sätt att förutsäga vad som händer om man väljer ett påverkansalternativ framom ett annat.

Här gäller då också att styrning och ledning kan förstås som en serie av kopplade styrbeslut, som för det styrda systemet mot ett önskat sluttillstånd.

5.5.2 Bedömningar och värderingar

Tyvärr har det dock visat sig i praktiken vara svårt är att objektiva bedömningar och värderingar, eftersom de ofta påverkas till den grad av olika typer av brus (Kahneman et al., 2021), så att besluten som baserar sig på dem inte kan anses rationella. Vår föreställning är att dessa problem också förekommer anläggningarnas ledningsgrupper, vilket då ställer krav på den kunskap och erfarenhet som medlemmarna i ledningsgruppen har och de system den har tillgång till för att samla fakta är av stor betydelse då besluten ska tas.

5.5.3 En tidsdimension

På en kärnkraftsanläggning, liksom i många andra organisationer, har man olika tidsperspektiv på de beslut som ska fattas. Man brukar ofta tala om ett operativt, ett taktiskt och ett strategiskt perspektiv, som då har utvecklats så småningom under många sekel och ofta i samband med militärt beslutsfattande. Det är därför inte

förvånande att Carl von Clausewitz (1991) och också andra klassiska författare ofta citeras i management litteraturen. På kärnkraftverken brukar man ofta tala om det operativa perspektivet som gäller timmar, dagar och veckor. Det taktiska perspektivet blir då månader och år, dock så att man går från revision till revision, så att man efter ett avslutat bränslebyte startar på nytt och börjar planera för det nästa. Det strategiska perspektivet brukar vanligen sträcka sig över minst tre bränslebyten och som då hanteras i enlighet med en strategisk plan som uppdateras varje år. I verkligheten borde dock det strategiska perspektivet sträcka sig över anläggningens livstid, så att man beaktar hur man bäst kan optimera anläggningens värde under den tid den producerar elektricitet. I detta perspektiv blir det alltid svårt att hantera säkerheten för en anläggning som man har bestämt sig för att slutligen ställa av. På basen av information som våra tyskspråkiga kolleger har samlat, blir det lätt så att ledningen inte ens beaktar de mest grundläggande säkerhetsförutsättningar i de beslut som tas under de allra sista åren. Jag ser detta som en indikation det inte i ett slag går sluta vara en kärnkrafts-nation.

Det strategiska perspektivet för en anläggning är uppenbart svårt att hantera, eftersom det kräver en mycket lång tid att överblicka. De livstidsbetraktelser som gjordes för våra nuvarande anläggningar sattes ofta till fyrtio år, inte baserat på tekniska begränsningar, utan för att kunna genomföra en tillräckligt övertygande ekonomisk kalkyl. I och med att dessa fyrtio år börjar ta slut för många av världens i drift varande anläggningar, har man vaknat och konstaterat att det egentligen inte finns tekniska hinder för att förlänga anläggningarnas drifttid. I praktiken betyder detta att investeringar i moderniseringar för det mesta blir ett attraktivt alternativ jämfört med att bygga nya anläggningar. Man har således öppnat för möjligheten att driva anläggningarna i sextio år och även åttio år, så länge som anläggningarna kan göras så gott som lika säkra som de nya anläggningarna man kan bygga. Detta har dock fört med sig problem speciellt inom kontrollsystem och automation, eftersom det har visat sig att moderniseringarna har blivit oväntat svåra att genomföra (Wahlström, 2021). Man hoppas då att man genom att använda ny teknologi (digitala system, artificiell intelligens) ska kunna genomföra planering och implementering av moderniseringar mera effektivt än vad som nu ofta tycks vara fallet.

5.5.4 Svåra beslut

Många av de beslut man måste göra i ett operativt perspektiv bör vara ordentligt förberedda, så att de stöds av både instruktioner och speciellt anpassade informationssystem. För kärnkraftsanläggningarna betyder detta att man har en tillräcklig beredskap för både störningar och nödsituationer. TMI olyckan visade klart på att ingendera av dessa krav var uppfyllda i tillräcklig grad. Detta gjorde också att man efter olyckan tvingade uppdatera både kontrollrum och instruktioner i alla världens anläggningar. Visserligen visade både Tjernobyl och Fukushima olyckorna att det fortfarande fanns anläggningar som inte hade tagit till sig denna erfarenhet. Speciellt visade även tsunamin i Japan år 2011, vilka problem som uppstår i en nödsituation (Fukushima Daiichi), vad en engagerad organisation kan göra (Fukushima Daini) och hur det kan se ut om man tänkt tillräckligt noga efter före (Onagawa). Vår bedömning av problemen visar på ett behov av att i kärnkraftens riskanalyser också beakta s.k. mänskliga och organisatoriska faktorer (Schöbel et al., 2021).

Svåra beslut har inte bara med ett långt tidsperspektiv man måste överblicka, utan även de olika värden man måste ta hänsyn till när man gör beslut. I England har man till exempel använt sig av begreppet QUALY (quality adjusted life years) när man beslutar sig hur mycket man borde satsa på att minska antalet statistiska dödsfall man kan vänta sig för hälsobaserade investeringar för en viss populationsgrupp. Att man får jobba med olika typer av värden betyder egentligen att man måste kunna väga samman dem på något sätt, vilket dock kan vara svårt att göra även i enkla fall. Den enklaste formen av sammanvägning betyder att man i stället för att optimera värdena v_1 och v_2 var för sig använder ett sammanvägt värde $v = \alpha v_1 + \beta v_2$. Man kan visserligen försöka använda v_1 och v_2 skilt för sig, men det betyder då att man får söka till exempel något slag av Pareto-optimalitet i stället för ett sammanvägt värde v .

Speciellt när man talar om långa tidsförlopp och flera olika värden som måste vägas samman, har man ibland talat om s.k. elaka (wicked) beslutsproblem (Rittel, Webber, 1973). Utan att gå in närmare på vad detta kan betyda kan man dock konstatera att vissa beslut i kärnkraftssammanhang kan vara verkligt svåra att lösa på ett tillfredsställande sätt. Det gäller då att väga olika hänsyn mot varandra där en första omgång kan vara att samla en uppfattning om olika alternativ. Dessa får sedan vägas mot varandra så att man antecknar fördelar och nackdelar, så att man också tar hänsyn till de olika teknikområden som måste beaktas för att skapa en helhet. Sedan får man gör något slag av sannolikhetsbedömning där man beaktar att världen kan utveckla sig olika vägar och att olika intressenter kan ha olika uppfattningar om frågan. Ett sätt som kan hjälpa att lösa svåra beslutsproblem är att använda sig av en hypotetisk retrospektion, vilket betyder att man föreställer sig att man får ny information vid ett senare tillfälle som då visar att beslutet var bra eller dåligt. Om man då antar att

resultatet visar att beslutet var dåligt, hur kan man då för sig själv och andra i alla fall visa att beslutet när det togs var det rätta med den information man hade.

5.5.5 En situationsbedömning

För att göra en god situationsbedömning måste man ha tillgång till en stor mängd information. Det är omöjligt att ha om man inte kontinuerligt samlar sådan information man kommer att behöva. Först och främst gäller det anläggningens tillstånd. Vad är det man borde göra för att arbeta bort alla små skavanker som kan göra att anläggningen inte uppför sig optimalt i olika situationer? Samma fråga gäller personalen, inom vilka områden borde man ha mera kunskap och erfarenheter för att klara av svåra situationer? Om det gäller något som man inte är säker på, var kan man då hos ett antal externa aktörer skaffa sig en sådan information? Redan att ha en beredskap att svara på dessa frågor betyder att man inte är ställd i en ny situation, utan man kan genast fråga sig inom vilken tidsram ett beslut måste göras. Om tidsramen är snäv, dvs. beslutet är operativt bör målet alltid vara att köra anläggningen till ett säkert läge. I efterhand kan man göra en överprövning av beslutet för att förvissa sig om att man handlat rätt. Om inte kan informationen användas till att förbättra beredskapen för andra liknande situationer

Om beslutet faller inom ett taktiskt perspektiv har man mera tid på sig, vilket betyder att man kan underhandla med sina intressenter, man kan ta kontakter med kolleger på andra anläggningar, man kan vara i kontakt med myndigheten och internationella organisationer. I varje fall kan man få en uppfattning även om man inte har omedelbar informationen tillgänglig i den egna organisationen. Det är i varje fall viktigt att kanalerna finns färdigt och att de fungerar när det behövs.

I ett strategiskt perspektiv blir det igen mycket svårare. Här måste man ta hänsyn till att också världen kan förändras. I ett kortare perspektiv kan det till exempel betyda att man med jämna mellanrum ser över de reservdelar till olika system man har stående på anläggningen. Bara för att ta exempel så finns det anläggningar som har ansett det värt att ha en reservgenerator ifall den som är installerad skulle totalhaverera. I synnerhet när det gäller teknikförändringar är man ställd inför två typer av problem. Man måste dels ha en beredskap att utbilda ny personal för sådana system som egentligen har försvunnit från en reguljär marknad, dels ha en beredskap att göra en fullständig modernisering av något system som blivit hopplöst föråldrat.

5.5.6 Beslutsfattande i grupp

Viktiga beslut måste alltid göras i den egna gruppen, eftersom man inte kan vänta sig att någon annan skulle ha all den bakgrundsinformation som behövs. Det betyder att ledningsgruppen måste ha en diversifierad sammansättning, eftersom man annars inte kan vara säker på att alla till situationen hörande frågor och bedömningar kommer upp på bordet. Detta betyder också att ledningsgruppen måste ha ett fullständigt förtroende för kompetensen och den goda viljan hos alla i gruppen. Nu har ibland personalrepresentanterna i ledningsgruppen setts som delvis utomstående, vilket de absolut inte är. Ledningsgruppen ställs ibland inför ett krav att spara, vilket då ofta leder till frågan om man kan spara genom att minska personalen. Om ledningsgruppen inte då objektivt kan visa att man har sökt bland alla andra möjligheter och sedan föreslår en kompromiss som också personalrepresentanterna ställer upp på, kan man vänta sig att andan i organisationen kommer att försämrats, vilket då i sin tur kan leda till andra problem.

Ett vanligt fel i många ledningsgrupper är att den inte har en tillräcklig diversitet. Det kan ju tyckas att man gärna kan välja bort personer som ständigt kommer med invändningar till de beslut man föreslår, men litteraturen ger flera exempel på beslut som kan karakteriseras av att en intern samsyn har lett till mycket dåliga beslut. Ett klassiskt exempel på sådana är beslutet Kennedy administrationen tog om invasionen i Grisbukten (Bay of Pigs Invasion) 1961 och ett annat är den internationella Cuba krisen (Allison, 1971; Plokhly, 2021) som dock löstes på ett för världen positivt sätt. Samtidigt som man bör akta sig för ett grupptänkande som leder till att man blundar för problem, har dock forskning också visat att grupper som är diversifierade och öppna för intryck ofta fungerar betydligt bättre än enskilda beslutsfattare.

Först och främst måste ledningsgruppen ha tillräckligt bred och djup kompetens. Vad det betyder är dock en fråga de själva måste komma fram till. Bland de vetenskapsområden som kommer i fråga har man fysik, kemi, processteknik, psykologi och sociologi samt ekonomi och juridik. Detta betyder att både ingenjers- och beteendevetenskap behövs för att skapa en rimligt fullständig riskanalys i de säkerhetstekniska överväganden som behöver göras. Detta betyder parat med önskemålet att ledningsgruppen inte får bli för stor att alla i ledningsgruppen måste vara generalister och således behärska minst två områden av den behövliga kompetensen. Speciellt viktig person blir då den person som får ett övergripande ansvar för säkerheten, så att han eller hon kan beakta säkerhetsfrågor från både ett tekniskt och ett beteendevetenskapligt perspektiv.

Denna person får dessutom ofta ta på sig rollen av att spela "djävulens advokat" i beslut där de två synsätten måste kombineras.

5.5.7 Några politiska beslut

Diskussionen av mänskligt felhandlande är ofta biaserat i den meningen att högsta ledningen i ett företag vanligtvis förutsätts göra rationella beslut som speglar företagets intressen på bästa sätt. Detta är naturligtvis inte fallet, som Hunter et al. (2011) också konstaterar i sin artikel. Jag ska dock här lyfta upp några politiska beslut som är välkända inom branschen och påvisa att de åtminstone från en utgångspunkt representera felaktiga beslut som har fört med sig stora kostnader för kärnkraftsindustrin globalt. Man kan väl argumentera för att följande beslut har varit mycket kostsamma för branschen:

- Jimmy Carter (1977): Beslutet att för alltid förbjuda all behandling av kärnavfall för att extrahera plutonium.
- Bruno Kreisky (inför valet 1978): Koppling av hans person till uppstarten av Zwentendorf.
- Olof Palme (1979): Han tog initiativet till folkomröstningen som arrangerades 1980.
- Angela Merkel (2011): Stängningen av alla reaktorer i Tyskland år 2022.

Carters beslut var antagligen det dyraste av dessa fyra beslut och Kreiskys antagligen det billigaste eftersom det inte kostade mera än priset på en ny anläggning som aldrig togs i bruk. Kreiskys beslut kan väl också sägas att det i en förlängning gjorde det möjligt för Österrike att få ett flertal internationella organisationer (bland annat IAEA) placerade i Wien. Carters beslut ledde till att alla kärnkraftsländer gick in för en "once through" princip där bränslet tas upp, körs i ett kraftverk och sedan grävs ner, vilket betyder att den tid bränslet kan anses farligt i ett slag ökade från 500 år till 100 000 år. Man har dessutom specificerat att bränslelagren ska byggas på ett sätt som gör det maximalt svårt att ta upp det på nytt. Eftersom mer än 90% av bränslets energiinnehåll kvarstår när det grävs ner, kan man väl anta att kommande generationer har ett stort intresse att någon gång gräva upp alltsammans för sitt eget behov.

När man sedan ser på Palmes och Merkels beslut kan man andra bland annat följande

- folkomröstningen 1980 fick en stor negativ påverkan på en spirande industri (ABB Atom) i Sverige,
- Tysklands Energiewende gjorde bland annat att ett spirande samarbete mellan Finland och Tyskland för att bygga reaktorn i Pyhäjoki upphörde, vilket i sin tur ledde till att ryska Rosatom kom in som ägare för en tredjedel av anläggningen Hanhikivi 1.

I detta sammanhang kan man också fråga sig vad som gjorde att politikerna av tre ansökningar bestämde sig för att lämna Fortum utanför år 2010. Enligt min uppfattning var det endast Fortum som då hade tillräcklig kunskap och ekonomiska resurser att genomföra ett nybyggnadsprojekt. En försiktig gissning är att vi då kunde ha haft en anläggning med en kapacitet på minst 1000 MWe kanske redan 2018, vilket skulle ha betytt mycket jämfört med situationen i Finland nu.

5.6 Myndighetstillsyn

Det kan i detta sammanhang också vara skäl att se på myndighetstillsynen som en komponent i att bygga säkerhet för existerande och tilltänkta anläggningar. I LearnSafe projektet undersöktes inte förhållandet mellan anläggningarna och den nationella tillståndsmyndigheten, men en artikel summerade i alla fall upp några av de frågor man kan anse vara aktuella (Wahlström, 2007). Till att börja med kan man ju fråga sig vilken roll myndighetstillsynen har i säkerhetsarbetet. I en positiv anda kan man konstatera att redan kravet att för en oberoende expertorganisation argumentera för att en anläggning kan anses tillräckligt säker, utgör en extra barriär mot att oacceptabla lösningar tillåts uppstå. Man kan också konstatera att områden där en svag myndighet arbetar, ibland kommer att resultera i billiga men dåliga lösningar. I ett internationellt sammanhang kan man se exempel på brister, som har visat till att industrin förfalskat mätresultat för att få sina produkter godkända (Sellafeld, VW, Tepco).

Vi har också i vår artikel (Schöbel et al., 2022) argumenterat för att myndigheten egentligen borde ha reagerat på situationen som den var före de tre storolyckorna som kärnkraften dragits med. Mycket förenklat kan man faktiskt säga följande om dem

- tiden före TMI karakteriserades av en intensiv konkurrens mellan fyra stora leverantörer, samtidigt som branschen var mycket ny och inte ännu hade tillgodogjort sig existerande kunskap om nödvändiga krav på anpassning av kontrollrummen för att säkerställa säkerheten.
- tiden före Tjernobyl karakteriserades av det kalla krigets vardag där Sovjetunionen och USA tävlade om världsherravälde och allt som gällde kärnvapen var mycket hemligt, vilket då gällde även anläggningen i

Tjernoby, som hade en konstruktion som var baserad på reaktorer som användes för produktion av plutonium.

- tiden före Fukushima hade redan globalt lett till att lärdomarna från de tidigare olyckorna tagits om hand, men det hade inte påverkat myndigheten i Japan, så att man i tillräcklig utsträckning hade beaktat olyckan i Tokai-Mura och de krav man ställde internationellt på säkerhetsanalysernas kvalitet.

5.6.1 Tre uppgifter

På ett generellt plan kan man se myndighetstillsynens uppgifter enligt följande

- formulera de säkerhetskrav som gäller för att en anläggning ska kunna ses som tillräckligt säker,
- övervaka att säkerhetskraven faktiskt följs genom att använda granskningar och inspektioner,
- reagera med hot om antingen dra in tidigare givna driftlicenser eller utdömande av böter vid mera flagranta överträdelser av givna krav.

Inom kärnkraften svarar IAEA för att utveckla internationella krav, som sedan tolkas och införs i nationell lagstiftning. I och med att myndighetstillsynen har en så att säga polisiär funktion, är man enligt internationell rättsuppfattning tvingad att ha ett sådant system, där de nationella myndigheterna förbinder sig att via internationella avtal se till att de nationella kraven gör att anläggningarna i ett land uppfyller internationella krav. Situationen före Tjernoby var emellertid inte sådan, utan de internationella avtal som uppgjordes bland annat om kravet att informera grannländerna om en olycka som hänt tillkom först flera år efter olyckan.

Man kan också säga att WANO har en viss funktion som liknar myndighetstillsyn, men skillnaden är dock att man i detta fall förutsätter strikt förtroelighet mellan WANO och anläggningarna så att man kan tillförsäkra sig om att en tillräcklig öppenhet kan erhållas i deras kommunikation. Denna lösning grundar sig på den modell som skapades i USA efter TMI olyckan där INPO fick en sådan funktion (Rees, 1994). WANO koncentrerade sig i början på hur anläggningarna drevs och tog inte mycket hänsyn till deras tekniska lösningar. Detta var tydligen ett sätt att politiskt försäkra sig om att ett tillräckligt förtroende mellan WANO och anläggningarna kunde upprättas så att relevanta åtgärder skulle vara möjliga. Nu efter Fukushima kan man säga att detta gentlemansmässiga sätt att agera fortfarande i viss mån finns kvar, men nu man kan även kritisera anläggningarnas konstruktion.

5.6.2 En osynlig linje

I interaktionen mellan myndighet och anläggning har man ett krav som är synnerligen viktigt. Myndigheten måste vara oberoende, dvs. inte ha ett eget intresse för att vissa lösningar förs fram framom andra. Nu kan man ibland se att detta krav kanske är uppfyllt formellt, men i praktiken inte till sin anda. Från anläggningarnas sida kan det betyda att personal i sin frustration över att myndigheten inte godkänner föreslagna lösningar, kommer att fråga vilken lösning myndigheten då förordar. En sådan fråga betyder ju i princip att myndigheten således ges en uppgift att välja en lösning som kanske sist och slutligen inte behöver vara den bästa, men som i alla fall betyder att myndigheten gjort ett val som sedan väntas bli godkänt utan närmare eftertanke. På samma sätt kan man ibland se exempel på att myndigheten i en diskussion med anläggningarna ber dem komma med ett förslag och sedan de fått det konstaterar som svar att det var bra så långt, men att vissa extra krav dessutom måste beaktas innan lösningen kan godkännas. Anläggningarna måste kunna utgå från att systemet med krav inte är godtyckligt, utan gäller generellt redan innan en viss lösning har presenterats.

5.6.3 Olika kravsystem

En kärnkraftsanläggning är en av de mest komplicerade anläggningar som konstruerats och drivs på olika håll i världen. Det är självklart att det kravsystem som ska styra hur anläggningarna konstrueras och drivs också är mycket komplicerade (Ashby). Kravsystemen byggs vanligen upp enligt en hierarkisk modell där man utgår från allmänna principer som bryts ner i mera konkreta delar. Hur denna nedbrytning sker är inte givet på förhand, utan det följer allmän praxis hur man har valt att skilja olika delar från varandra. Man brukar här se en helhet som kan konkretiseras i två dimensioner, dels 1) abstrakt – konkret, dels 2) system – delsystem – komponenter (Wahlström, 2018a). De Weck et al. (2016) har i sin tur argumenterat för att man kan anse att komplexiteten för ett system beror enligt formeln $K=(5\pm 2)^m$, där m är antalet nivåer mellan abstrakt och konkret (Miller, 1959). Man kan således se att redan antalet teknologier som måste hanteras i kravsystemet i sig själv ger en nivå och behovet att skilja mellan konstruktion (IAEA, 2016) och drift (IAEA, 2011) ger en annan nivå och de båda dokumenten var för sig ger sitt eget bidrag till komplexiteten.

De nationella kravsystemen kan vara mycket olika och en jämförelse mellan USA och England visar på hur stora skillnaderna kan vara. I USA är de krav som USNRC ställer består av ett mycket stort antal dokument, som egentligen tolkas som lag när det gäller anläggningarna. I England klarar man sig med 36 krav som presenteras

på totalt 24 sidor (ONR, 2017). När man sedan ser på myndighetskraven i Finland och Sverige kan man konstatera att de skiljer sig från varandra. Orsaken är naturligtvis det faktum att kärnkraften infördes på olika sätt i Finland och Sverige (Wahlström, 2020). I Sverige hade man egen industri som levererade många av anläggningarna och i Finland kom anläggningarna från Sovjetunionen och Sverige samt nu senast från Frankrike och Tyskland. I Sverige förlitade man sig på amerikanska krav, medan en sådan lösning skulle ha varit helt omöjligt i Finland. Det gjorde att kraftbolagen och myndigheten i Finland hade ett gemensamt intresse att utveckla ett eget kravsystem, vilket då också gjorde att samma kravsystem måste användas både för de ryska och de svenska anläggningarna. I Sverige blev kärnkraft omöjlig efter TMI olyckan, medan man i Finland fortsatte att jobba för nya anläggningar även efter Tjernobylyoluckyan. Allt detta har gjort att kravsystemet (YVL-dokumentet) har hållits uppdaterade kontinuerligt, medan man i Sverige fortfarande filar på den omställning av kraven som initierades 2013.

När man ser på kravsystemen mera generellt kan man identifiera mångahanda problem. Följande lista ger några av de problem man kan se

- en vanlig förväntan på ett kravsystem är att det ska vara konsistent, heltäckande och riktigt, vilket är omöjligt om man inte begränsar sig till ett mycket litet användningsområde (Wahlström, 2021 ab),
- kravsystem likaväl som normer och standarder lider av att de alltid på något sätt är efter i tid, vilket beror på den tid det tar att förnya ett dokument,
- det finns många olika kravsystem, normer och standarder som sinsemellan kan vara motstridiga, vilket gör att det kan vara omöjligt eller åtminstone mycket svårt att ta alla i beaktande,
- det finns stora olikheter mellan de nationella kravsystemen, vilket gör att det kan bli mycket dyrt för en leverantör att anpassa sig till ett nytt kravsystem,
- alla kravsystem är baserade på naturligt språk, vilket betyder att det alltid kommer att finnas olika tolkningar av vad som står skrivet.

5.6.4 Ett utvecklingsbehov

Jag ser myndighetstillsynen som en viktig komponent i säkerhetsarbetet, så vad jag lyfter upp nedanför är inte ett försök att göra det lättare för anläggningarna i deras utformning av säkerhetsarbetet, utan snarare som en möjlighet att göra tillsynen mera effektiv, så att den fokuserar på sådant som är viktigt. Först och främst ser jag kravet att myndigheten har en tillräcklig kompetens för att göra riktiga bedömningar som det mest problematiska. Detta har helt enkelt att göra med bredden och djupet av den kunskap som behövs. Att all denna kunskap ska finnas hos en nationell myndighet i ett litet land ser jag helt enkelt som omöjligt om man dessutom ska se till att myndigheten är tillräckligt oberoende. Alternativet är naturligtvis att myndighetstillsynen görs på en internationell bas och då kan man fundera på hur en sådan möjligen kan uppnås. Ett sätt är naturligtvis att myndigheterna i flera länder skapar något slag av övergripande samarbete så att man alltid kan hitta en kollega i ett annat land som har den kunskap som behövs. Detta kräver naturligtvis ömsesidigt förtroende och något slag av koordinering så att inte alla tvingas kunna allt. Ett annat sätt kunde vara att mer och mer skjuta över den kunskapskrävande tillsynen till de internationella organisationer som redan fungerar på området. Det skulle egentligen reducera de nationella myndigheternas roll att se till att de internationella kraven i tillräcklig grad är tillämpliga i den direkta tillsynen av de nationella anläggningarna. Vilket man väljer är kanske en smaksak, men jag tror i alla fall att utvecklingen går åt det hållet.

I ett sådant sammanhang får också WANO en något annan roll, genom att man här genom fungerande kanaler kan få hjälp med olika frågor som gäller både konstruktioner och driftsfrågor. Skulle man även kunna få till stånd ett bättre samarbete mellan olika leverantörsorganisationer skulle mycket vara vunnet. Idag kan man tydligt se att moderniseringar och utvecklingsarbete har varit styvmoderligt behandlade. Detta i synnerhet när teknologin har rört på sig med stormsteg. Några av de problem som har lyfts upp i andra sammanhang i och med möjligheterna att utnyttja digitaliseringen av system på olika sätt har man inte kunnat se mycket av, vilket dock till stor del kan förklaras av att så få nya anläggningar har byggts under de senaste trettio åren.

Den lösning jag föreställer mig att kunde fungera är att kärnkraftindustrin blir ännu mera global än den är nu. I ett sådant sammanhang har man harmoniserat den kravbild man föreställer sig att nya anläggningar ska uppfylla. Man har också skapat en grupp av företag som specialiserat sig inom olika områden av konstruktion så att man har ett gemensamt normsystem att utgå från, vilket då skulle göra det möjligt att i högre grad förlita sig på att olika system går att koppla ihop med varandra utan alltför stora utvecklingsprojekt. Man kunde även i detta sammanhang tänka sig ett auktoriserings- och certifieringsförfarande så att man lättare kan få stöd för att valda konstruktioner och implementeringen av dem är tillräckligt bra.

5.7 Balanser

En av konklusionerna från LearnSafe projektets slutseminarium var att säkerhetsarbetet kräver en balans mellan flera sinsemellan synbarligen motsatta krav, som dock i verkligheten bör existera sida vid sida i lämpliga förhållanden (se vidstående ruta). Man kan också se balanserna som paradoxer i och med att två synbarligen motsatta förhållanden ska existera sida vid sida (Hu et al. 2020). Jag går mera i detalj in på denna fråga för några av balanserna först när det gäller helhet och detaljer och sedan när det gäller stabilitet och förnyelse. Säkerhet och ekonomi är en annan balans som har stötts och blötts ända sedan kärnkraften togs i bruk. I varje fall leder alla dessa balanser till olika typer av konflikter som måste hanteras. Konflikter igen är i sin tur alltid beroende av vem eller vilka som har makt i organisationen. I vissa fall kan ett innovativt sätt att angripa konflikterna leda till nya fördelar på en marknad.

Balances identified in LearnSafe

- consensus – constructive criticism
- flexibility – discipline
- accountability and trust – supervision and control
- innovation and change – traditions and stability
- willingness to challenge old practices – being able to build on existing knowledge and experience
- freedom to initiate new activities – restrict the number of concurrent activities
- enabling leadership – forceful leadership
- operational focus – strategic focus

5.7.1 Helhet och detaljer

Att samtidigt se till helhet och detaljer är en utmaning i alla organisationer. Inom kärnkraften är det speciellt svårt genom att man har att göra med ett stort antal teknologier som alla ska kunna hanteras på en detaljnivå. Detta betyder att man inom personalen mycket tydligt bör se till att man utbildar både specialister och generalister. Man kan tydligt se detta behov i datamaterialet som LearnSafe projektet har samlat och det bekräftades i våra intervjuer. Kompetensutveckling bör stödjas av noggrann karriärplanering, som då kräver engagemang från ledningens sida. Speciellt den strategiska planeringen får dessutom en viktig funktion i och med att man måste beakta ett mycket långt livstidsperspektiv.

Problemet med helhet och detaljer har att göra med kravet att å ena sidan resonera från en helhet mot detaljer (top-down) för att till exempel identifiera problematiska komponenter från observerade problem och dels från antagna beteende på en detaljnivå (bottom-up) för att förstå orsaker och hur de påverkar helheten. I systemsammanhang talar man ofta om ett emergent beteende, vilket då betyder att man, på grund av återkopplingar och olinjära samband, har svårigheter att förutse hur helheten kommer att bete sig. Detta gäller inte bara drift utan också design och konstruktion, där man i numera större utsträckning än tidigare talar om design för en helhet (Charnley et al. 2011).

Intervjuerna gav en stark respons på att man fortfarande kämpar med detta problem, som egentligen kan anses vara det mest generiska problemet i att skapa en systemsyn i säkerhetsarbetet. Detta spinner av på frågan om att sätta ambitioner och allokera resurser, vilket på samma sätt upplevs som svårt.

5.7.2 Stabilitet och förnyelse

Mycket när man talar om balanser inom ledning och styrning går in på ett förhållande mellan ordning och kaos (Waldrop, 1992). Detta gäller uppenbart även för kärnkraften när man talar om stabilitet och förnyelse. Om den praxis som används i verksamheten inte är tillräckligt stabil är det svårt att överhuvudtaget bibehålla ett strategiskt tänkesätt. Samtidigt måste man vara känslig för hur omgivningen förändrar sig, för att i tid kunna genomföra nödvändiga ändringar i god tid. Redan i LearnSafe projektet fäste vi uppmärksamhet på det faktum att anläggningarna samlar in massor av data som inte verkar användas speciellt effektivt. Man kan också se uppfattningen att det i olika nerifrån upp studier ges ett intryck av att man inte tillräckligt effektivt söker enkla förbättringar i arbetsrutiner (referens?). Hur detta ska kunna åtgärdas är inte lätt att säga, men jag tror att en systemorienterad person i lämplig ålder med stöd från ledningen här kunde göra en betydelsefull insats.

5.7.3 Säkerhet och ekonomi

Säkerhet och ekonomi är en av de mest centrala balanserna som har diskuterats i många sammanhang (Reason, 1987; Rasmussen, 1997). Reason talar om hur man i ett plan bestående av produktion på den ena axeln och skyddsåtgärder på den andra axeln, samtidigt måste undvika både konkurs och stora olyckor i en balans mellan investeringar i effektivitet och/eller i säkerhet. Rasmussen argumenterar för precis samma sak i en bild där han skisserar hur olika randvillkor definierar tillåtna tillstånd för en anläggning. Vår mening är att det är självklart att en anläggning måste vara säker för att kunna drivas, likaväl som det är uppenbart att den måste vara konkurrenskraftig jämfört med andra anläggningar som används för att generera elektricitet. Detta har ingenting att göra med om någon energiform stöds eller straffas genom skatter/understöd, som kommer från deras miljöpåverkan eller från en förmåga att stödja ett lands militära ambitioner. Young och Blitvich (2018)

lyfter i sin artikel frågan hur det kan gå i en ekonomisk tvångssituation. I praktiken betyder balansen att en fråga om bättre ekonomi aldrig kan lösas genom att minska kostnaderna för driften av anläggningen, om inte man samtidigt kan kompensera detta med en ökad säkerhet genom att effektivisera arbetet.

5.7.4 Andra balanser

Jag har i en tidigare artikel (Wahlström, 2018b) argumenterat för att man kan hitta många balanser där man ska ha ett fungerande förhållande så att de båda ytterligheterna kombineras på ett lyckligt sätt i verksamheten. Ett sådant exempel är balansen mellan effektivitet och noggrannhet (Hollnagel, 2009), där det uppenbart att en del arbeten uppenbart måste genomföras med stor noggrannhet medan andra igen såsom arbeten i rum med förhöjd strålningsnivå måste genomföras snabbt och effektivt. Inom managementlitteraturen talar man ibland om paradoxer i liknande betydelse som jag här talar om balanser (Smith, Lewis, 2011).

5.7.5 Konflikter

Konflikter uppträder i alla organisationer och de förväntas bli lösta av ledningen på något sätt. Om de inte blir lösta så kommer resurser i onödan att slösas på att argumentera för och emot. En konflikt kan alltid lösas genom att en befullmäktigad person fattar ett beslut. Beslutet kan vara bra eller dåligt beroende på när det utvärderas och vem som gör utvärderingen. Ett beslut har ofta en påverkan på framtiden, som är betydligt större än man väntade sig och som ses först långt efter att beslutet fattades. Man kan alltid stöda beslutsfattare med olika typer av beslutsstöd, som då bygger på modeller med vilka man försöker spegla framtiden.

Man kan argumentera för att redan begreppet system av system (systems of systems, SoS) innehåller en konflikt genom att de tagna i den vidaste meningen kan ses som autonoma och således styrda enligt sina egna kriterier. Ett enkelt exempel är nätverken av leverantörer och underleverantörer, som en anläggning bygger sin verksamhet på. Från detta kan man sedan med en generalisering till organisationer tala om polycentrisk styrning där principen är att frånga önskemålet om helhetsstyrning för en organisation och i stället godkänna att man har två eller flera centra i organisationen, som svarar för att ta fram mål och medel (ends and means) för deras del av helheten. På sätt och vis är tanken kanske inte så främmande, som den kanske först kan tyckas, för att många organisationer där delegeringar sker, faktiskt fungerar på detta vis.

Det som en polycentrisk organisation medför är dock att man måste ha någon form av koordinering av hur de olika centren fungerar. Rent teoretiskt kan detta betyda att man använder något slag av spelteoretiska modeller för att se hur koordineringen kan åstadkommas. I praktiken kan det inom kärnkraften vara svårt att övertyga myndigheten om att en sådan modell verkligen fungerar. Vad den nämligen leder till är att man får en betydligt större osäkerhet i förutsägelser av hur det sammantagna systemet fungerar. Jag anser visserligen att denna nackdel klart uppvägs av det faktum att man för de enskilda delarna på detta sätt kan erhålla enklare modeller och således också en bättre förståelse.

5.7.6 Om makt

Makt är en viktig komponent i alla organisationer, men tas sällan upp till en närmare behandling i säkerhets-sammanhang. Makt har också att göra med hur man löser konflikter, vilket i praktiken betyder att man ger mera vikt åt argumenteringen från någon gruppering av personer än man ger åt andra. Makt kan också associeras med ett politiskt spel vilket ser ut att uppträda i alla större organisationer. Stian Antonsen granskar i en artikel hur makt påverkar säkerhetsarbetet (2009A). Han skiljer i sin artikel på tre olika dimensioner där man kan se olika former av påverkan. Om man på något vis vill sammanfatta den syn som artikeln representerar kan man säga att makt 1) har att göra med hur man i olika grupperingar bygger en förståelse för verkligheten, 2) att det existerar en värdekonflikt mellan två eller flera grupperingar och 3) att organisationen för att lösa situationen måste lyfta värdekonflikten för en närmare granskning. Lösningen får här inte bestå i att ledningens syn i frågan automatiskt accepteras, utan snarare bör man försöka hitta lösningar i punkten 1.

I ljuset av artikeln kan man fråga sig vad det betyder att makten i FKA har flyttats från drift till teknik. En sak är klar och det är att förändringen kräver en omfördelning av resurserna. När driften hade det strategiska ansvaret för anläggningarna utveckling, betydde det att de måste hantera en helhet i ett långt tidsperspektiv. Att förutsätta att denna kompetens finns inom driften är kanske inte helt naturligt, eftersom driften med nödvändighet är orienterad mot kortsiktiga problem. Jag kan hålla med om att den nuvarande organisationen i detta perspektiv kan vara naturligare, genom att teknikavdelningen antagligen också har en djupare analytisk förmåga som passar för ett mera långsiktigt grepp i strategiska frågor.

5.8 Lärande organisationer

Det är i detta sammanhang även på sin plats att lyfta upp frågan om lärande organisationer och organisatoriskt lärande. Den var huvudfrågan i LearnSafe-projektet och de brister som fortfarande kvarstår, ger en uppfattning om frågans dignitet. Vår uppfattning i ljuset av vad som skrivits efter år 2004 verkar det som om man fortfarande kämpar med samma problem som för två decennier sedan (Lukic et al. 2012; Drupsten, Guldenmund, 2014; Stemn et al. 2018). Man kan fråga sig vad detta möjligen kan bero på. Är det så att man fortfarande associerar oönskade händelser med något ont, som man snabbast möjligt vill skyla över eller är det så att man inte har nödvändiga mekanismer på plats att ta hand om de lärdomar som finns i en händelse? En annan möjlighet är att man inte på ett bra sätt har lyckats koppla samman ett kortsiktigt operativt och ett långsiktigt strategiskt tänkande. En tredje möjlighet är att en händelse måste vara tillräckligt allvarlig, för att inducera de förändringar som faktiskt har identifierats. Erfarenheterna från Forsmark ger i varje fall en tydlig indikation att stora händelser tas om hand, medan det kan vara så att erfarenheterna används lokalt, men kanske inte i tillräcklig utsträckning globalt (Teperi et al. 2019). En fjärde möjlighet är att man i sina förbättringar inte har en balans mellan de förbättringar som görs före och efter händelser, dvs. mellan att dels förebygga händelser, dels lindra deras konsekvenser.

5.8.1 Händelser som experiment

En oönskad händelse kan ses som ett oväntat experiment i systemet som gör det möjligt att se orsakskopplingar man inte tidigare har varit medveten om. Min erfarenhet av metodiken för händelseanalys är visserligen sådan att man verkar ha nödvändiga förutsättningar att göra till och med mycket detaljerade analyser av de orsaker som påverkat ett händelseförlopp, men det verkar som om man har en sämre förmåga att göra nödvändiga systemändringar, för att förhindra att liknande händelsesekvenser inträffar i framtiden. Hänger detta ihop med att det finns ett berättigat motstånd mot att ändra i ett system, som i stor utsträckning verkar fungera bra, eller är det så att man inte klarar av att se de sammantagna orsakerna i ett större sammanhang och därför inte hittar något sätt att förbättra systemet?

5.8.2 Ett strategiskt perspektiv

När en händelse har inträffat har det med en gång blivit uppenbart att en del av systemen inte fungerar på ett önskat sätt. Det betyder naturligtvis att en del förbättringar måste införas, men det är sällan självklart vad som måste göras. En stor del av förbättringarna är naturligtvis temporära, i synnerhet som myndighet och samhälle pressar på för att få förklaringar av dels vad som har hänt, dels av vad man tänker göra. Här är det då lätt att ta till några temporära lösningar, som sedan i ett längre tidsperspektiv tenderar att bli beständiga. Detta verkar också vara en erfarenhet som man gjort, eftersom man ofta konstaterar att man inte har tagit till sig av tidigare erfarenheter som samlats till exempel under tidigare revisioner.

5.8.3 Obetydliga händelser

Det är uppenbart att man knappast kan ta till sig allt som inte riktigt går enligt uppställda planer, men när blir en sådan händelse så betydande att man måste göra något? Ett kriterium är naturligtvis att om händelser av samma typ upprepar sig, så måste man göra en mera noggrann analys. Bedömning måste alltid göras på basen av en djup kompetens. Om inte en sådan kompetens kan säkras på en anläggning så är det också uppenbart att anläggningen går emot en tidigarelagd avställning. Problemet är dock hur man ska säkra en sådan kompetens i ett livstidsperspektiv och den centrala frågan överförs således till ett mera allmänt kompetensperspektiv.

5.8.4 Förebygga eller lindra

I ett helhets-sammanhang är det utan vidare klart att fokus måste ligga på att förebygga, men det kan också betyda att man upprätthåller en tillräckligt hög känslighet för avvikelser och bibehåller en beredskap att också analysera mindre avvikelser så att man har en tillräckligt god uppfattning om vad de kunde leda till i mera olyckliga situationer. Sedan är det visserligen också klart att man måste se till att oönskade händelsekedjor kan brytas innan de lett till större problem. Här kan det som skrivits inom området *resilience engineering* vara till hjälp.

5.8.5 Förebud och indikatorer

I säkerhetsarbetet har man sökt efter förebud och indikatorer, som kunde användas som signaler på att inte allt står rätt till. En del författare har också talat om svaga signaler, som ledningen borde lära sig att reagera på. Man kan väl säga att denna fråga inte har fått något allmängiltigt svar. Förebud (precursors) har behandlats av flera författare (Reason 2004; Brizon, Wybo, 2009; Taylor et al. 2015; Gnoni, Saleh, 2017) och det finns väl

något slag av gemensam uppfattning om vad man borde vara uppmärksam på. När det gäller indikatorer gör man vanligen en uppdelning mellan indikatorer som ser bakåt och indikatorer som ser framåt (lagging, leading). I de flesta fall har man konstruerat sina indikatorsystem utan någon övergripande teori (Swuste et al. 2016). Viktigt vore i alla fall att få något slag av riktning i hur systemets tillstånd utvecklas momentant. I enlighet med systemtekniska metoder borde man emellertid alltid utgå från viktiga tillståndsvariabler och från dem formulera något slag av prediktiv modell (Leveson, 2015; Wahlström, 2018b).

5.8.6 Att lära från det som går bra

Resilience engineering är en forskningsinriktning som kommit till efter det att LearnSafe-projektet avslutades. I detta sammanhang har man också talat om säkerhet¹ och säkerhet² (Hollnagel 2014), där man i det första fallet söker efter vad som kan gå fel och det senare efter vad som går bra. Det är kanske svårt att direkt ge någon klar rekommendation om vad säkerhet² betyder i praktiken, men det är i alla fall kopplat till en strävan att oberoende av arten på de störningar som kan inträffa försöker se till att de för det första ger i upphov till någon typ av alarm och för det andra tas om hand av inneboende systemegenskaper så att de inte genast medför fara för nya konsekvenser. Jag kan dock inte frigöra mig från min uppfattning att även säkerhet² betyder att man måste ha en idé om vad som kan gå fel.

6 Vad vi lärt oss

I mitt sista egentliga avsnitt vill jag lyfta upp några punkter som jag tycker att får relevans sett från vårt projekt. Först vill jag fråga hur man borde sätta samman gemensamma projekt mellan forskning och praktik för att det ska få genomslag som står i förhållande till sina innehåll. Den andra frågan har att göra med kärnkraft som affärsverksamhet eller som det också har kallats *nuclear business acumen*. I det tredje avsnittet försöker jag granska några möjliga utvecklingsvägar som står till buds för att göra så att kärnkraften lättare kan accepteras i ett modernt samhälle.

6.1 Från forskning till praktik

Litteratur om innovation och utveckling talar mycket om processen, som leder från enskilda uppfinningar till nya produkter och arbetsmetoder och således till högre effektivitet och förbättrad produktivitet. De spelare som finns i den processen består i praktiken av lärosäten, forskningsinstitutioner, små och stora företag, samt institutioner som av olika orsaker finansierar FoU verksamhet. Man brukar också i denna bild påpeka att det vanligtvis tar alltför lång tid om en idé ska testas och utvecklas innan den går vidare till ett företag som utvecklar den till en produkt, för att sedan bli ett verksamhetsområde där storföretagen konkurrerar sinsemellan. Inom Aalto universitetet kan man särskilja mellan institutioner som mera direkt ser på innovationsprocessen och andra som i mera tillämpande syfte ser på ett visst verksamhetsområde. Jag tror att något slag av samarbete över gränserna kunde vara ändamålsenligt. Jag tror också att samarbetet mellan industri och forskarvärlden kunde utvecklas.

6.1.1 Erfarenheter från LearnSafe

Jag konstaterade redan i inledningen att resultaten från LearnSafe tycks ha haft en relativt liten inverkan på hur kärnkraftsanläggningarna i Europa har utvecklat sin verksamhet. Den största orsaken till detta är naturligtvis att branschen lever sitt eget liv och knappast kommer att påverkas av ett projekt med en finansiering under 10M€. Till en viss del kan det bero på att vårt projekt blev avhugget och att det därför inte fanns resurser för de deltagande parterna att i större utsträckning ta till sig och testa olika förslag som kom fram. Visserligen har Vattenfall i Sverige lyckats ta till sig resultaten på ett betydligt bättre sätt än i de andra fyra länderna som deltog i LearnSafe projektet. Jag hoppas på sätt och vis att vi genom vårt projekt som genomförts i huvudsak med frivilliga krafter kan ta ett steg för att korrigera detta förhållande.

Om man försöker se på vad som hände vid LearnSafe projektets slut, kan man konstatera att man efter ett lyckat projekt behöver en skild fas där man gör aktivt arbete för att föra över resultaten till praktiken. Detta betyder att det på båda sidor finns en eller flera personer som samtidigt uppfyller två villkor, 1) de måste ha både vilja och möjlighet att tala för produkten och 2) de måste ha en administrativ position för att se till att något händer. Samtidigt måste man ge processen tillräckligt med tid att mogna, så att idéerna kan förankras och utvecklas både i den givande och i den tagande organisationen.

6.1.2 Ett samarbete mellan akademien och industrin

I vår artikel (Schöbel et al., 2022) förde vi fram som en viktig erfarenhet att få till stånd ett effektivare samarbete mellan akademien och industrin. Efter att ha dragit ett litet seminarium (Teperi, Wahlström, 2023) för att söka svar på frågorna varför, hur och när, tycker jag att det är på sin plats med några synpunkter också i detta sammanhang. Det som har hänt inom den akademiska världen efter olyckan i Fukushima, visar på att ett mycket stort antal artiklar har skrivit. Redan att från dessa utvärdera vad som är relevant och vad som snarare är en återupprepning av resultaten från tidigare artiklar, är redan det ett mycket stort arbete. Om man då noterar att de säkerhetsansvariga på anläggningarna varken har tid eller förmåga att läsa vetenskapliga artiklar i ett område som sträcker sig från ledarskap och ledningssystem ända till konkreta åtgärder för att förbättra kontrollrummen på anläggningarna kan man inse nyttan av att låta akademikerna läsa artiklarna och ta fram det som verkar relevant. Självklart är det sedan anläggningarna som måste ta ställning till vad man kanske kan pröva och vad man med gott samvete kan lämna obeaktat. Vi får se, vi har utarbetat ett mera konkret förslag hur ett sådant samarbete kunde se ut.

6.1.3 Hur borde FoU projekt sättas upp?

Med den erfarenhet vi har lyckats samla ihop tycker jag att det inom kärnkraften borde finnas en möjlighet till att driva intressanta projekt som ett samarbete mellan teknik, beteendevetenskap och företagsledning. Det kanske skulle vara lättast att starta från ett examensarbete på något av våra tekniska universitet. Om man ser på möjligheterna inom Aalto universitetet skulle det kunna betyda en insats med en storleksordning på 15k€, som då skulle täcka en heltidsinsats på 6 personmånader. Om personen som gör arbetet kan få ett stöd av seniorforskare är det antagligen möjligt att få ett tillräckligt intressant upplägg som sedan kan föras vidare av en doktorand.

6.1.4 Finansiering

Innovationsverksamhet finansieras ofta från offentliga källor. Det brukar vanligtvis förutsätta att resultaten också blir publika, vilket kan göra att det minskar intresset i företagsvärlden. I Finland och Sverige har vi finansieringsorganisationer av typ Business Finland och Vinnova. I Europa har vi forskningsprogrammen som finansieras av EU. De europeiska programmen är visserligen knappast lämpligt för den typen av FoU verksamhet jag talar om, eftersom synen i beslutande organ verkar vara att detta är något kärnkraftsindustrin själv borde ta hand om. Vissa aktiviteter har dock kunnat få en finansiering om man kan argumentera för att samhällsnyttan blir stor eller att kärnkraftsmyndigheterna i Europa behöver denna insats. Min uppfattning är visserligen att vad branschen absolut inte behöver är mera myndighetskrav. Situationen i Finland är kanske något annorlunda än i andra europeiska länder i och med att man har lyckats argumentera för att kärnkraften är ett nationellt åtagande som enligt internationella krav förutsätter att kompetensen i landet upprätthålls. Via detta argument har man kunnat avdela en liten summa för nationella forskningsprogram med finansiering från de fonder som täcker slutet av bränslecykeln (SAFIR-programmen).

Man kunde kanske bygga konsortier mellan anläggningarna för att lösa någon specifik fråga, men en sådan finansiering på MTO området verkar dock osannolik. Det kanske mest realistiska är om det går att intressera anläggningarna för att tillsammans driva någon tillräckligt angelägen fråga där då också någon akademisk institution kunde engageras. Samtidigt har det dock visat sig att konkurrensmyndigheterna inte gärna ser ett samarbete mellan företag som agerar på samma marknad, vilket kanske betyder att man i tillräcklig grad måste poängtera säkerhetsaspekterna.

6.1.5 Förutsättningar för ett effektivt samarbete

En förutsättning för ett effektivt samarbete mellan forskare och industrin är att man förstår och tar hänsyn till den andra partens situation. Nu har det enligt vår uppfattning gått så att man i så gott som alla branscher har tvingats reagera på samhällets krav på en högre effektivitet. Man ser detta i en förväntan på att antingen göra mera med befintliga resurser eller att göra ungefär samma saker som tidigare med mindre kostnader. Inom forskarvärlden betyder detta att allt mera resurser går åt till att säkra fortsatt finansiering, när man samtidigt utsätts för granskningar som värderar resultaten av tidigare arbete. På samma sätt tvingas industrin till att ständigt söka nya sätt att effektivisera och minska kostnader. Allt detta har gjort att forskarna tvingas koncentrera sig på frågor där man relativt lätt kan få artiklar publicerade. Samtidigt har det blivit allt svårare för folk inom industrin att ta till sig det som forskarvärlden producerar.

För att man ska få ett samarbete mellan forskare och industrin att fungera tror jag att det ska ha en fast anknytning antingen till den ena eller den andra världen. I ett forskardrivet projekt har man en fråga som intresserar någon personligen och som då lyckas med att intressera industrin åtminstone så mycket att man

står till tjänst med datainsamling. Här blir det då forskarna som för resultaten vidare. I ett industridrivet projekt har man kanske en mera diffus problemställning, som man vill reda ut och således definierar ett projekt som mera i detalj förväntas kasta mera ljus på en för dem viktig fråga. För sådana projekt blir det dock industrin som får föra resultaten till konkreta tillämpningar. Viktigt är dock i båda fallen att man på var sin sida har personer med ett brett kunnande och en tillräcklig förankring i beslutande organ.

6.2 Systemtänkandet som metod

Föreliggande avsnitt är egentligen en förkortad upplaga av det jag utvecklar mera i detalj i rapporten "Komplexitet; definitioner, problem och lösningar", vilket betyder att jag här endast lyfter upp några väsentliga begrepp och mekanismer som man måste ta hänsyn till.

6.2.1 Systemteorins tre problem

En modell av ett system presenteras vanligen som en låda S , som har en ingång u och en utgång y . Till lådan S hör då även en intern variabel x som representerar systemets tillstånd. Tillståndet är något som begreppsmässigt har en mycket viktig position. Systemets tillstånd är något i vilket alla tidigare ingångar så att säga ackumulerar sig så att det för allt som i vilket man observerar systemet kan anta att från en tidpunkt t , framåt så är det endast framtida input $u(t)$ och framtida tillstånd $x(t)$ som bestämmer vilken trajektorie systemets tillstånd kommer att beskrivas i sitt tillståndsrum X . I och med att man således har tre variabler u , y och S (innehåller antaganden om hur tillståndet x beter sig), som kan variera kan man anta att två är kända så att man kan förutsäga hur den tredje kommer att bete sig. Det betyder att man kan formulera tre problem 1) modellera, man söker S , 2) förutsäga, man söker y och 3), styra, man söker u .

6.2.2 En hierarki av system

När man vill studera ett system så är man vanligen intresserad av en mycket begränsad del som fungerar i en omgivning och består av ett antal mindre delar som interagerar tillsammans. Detta betyder att systemet fungerar på en mellannivå *meso*, som fungerar i en *makro* omgivning. För att kunna bilda sig en uppfattning vad som händer i systemet behövs en *mikro* beskrivning med delsystem och komponenter som är kopplade tillsammans i en systemstruktur. Denna beskrivning kan så gott som oförändrad spegla ett intresse av betraktaren som egentligen kan läggas på en så gott som godtycklig nivå.

6.2.3 Tillstånd och interaktioner

Tillståndet och hur det beter sig kan sägas utgöra essensen av den modell man försöker konstruera. Lättast kan modellbygget framskrida som ett stort antal observationer av input/output par $(x(t), y(t))$ där t hör till ett observationsintervall $[0, T]$. Ofta är det lyckligtvis så att åtminstone några tillståndskomponenterna vanligen kan observeras direkt i outputen, men ibland kan några komponenter vara dolda, vilket då betyder att man måste söka dem på ett annat sätt för att se hur tillståndet $x(t)$ relaterar till de observationer man har gjort. Den modell man konstruerar på detta sätt beskriver hur tillståndskomponenterna påverkar varandra och hur de blir påverkade av inputen $u(t)$.

6.2.4 Stabilitet och instabilitet

I en modell kan man ha negativ och positiv återkoppling mellan tillståndskomponenterna. Detta blir mycket viktigt när man ser hur kopplingarna mellan tillståndsvariablerna kan bilda slingor. Om man i en återkopplings slinga har en återkoppling som är negativ (negativ gånger negativ blir positiv) så kommer slingan att verka stabiliserande på systemets beteende. Om den i stället är positiv så har den en destabiliserande inverkan (jfr. rundgång i akustiska system).

6.2.5 Nödvändiga villkor för att styra

Av de tre grundproblemen (jfr. 6.2.1) är det vanligen det tredje man är mest intresserad av, eftersom man då vill veta vilken styrning man ska välja för att få systemet att bete sig som man vill. För att man ska kunna styra ett system så måste fyra villkor vara uppfyllda, dvs. 1) man ska ha en modell av systemet som ger en rimligt god uppfattning om hur verkligheten beter sig, 2) systemet (egentligen modellen) ska vara observerbar, vilket betyder att man har ett sätt att bilda sig en uppfattning om systemets tillstånd, 3) systemet måste vara kontrollerbart, vilket i sin tur att man har nödvändiga möjligheter att manipulera inputen till systemet så att tillståndet går i en önskad riktning och 4) man måste ha en godhetsfunktion, som gör det möjligt att skilja mellan önskad och oönskad output från systemet. Godhetsfunktionen kan ses som en summering över en

trajektorie och en motsvarande input och output under ett tidsintervall $(0, T)$. Detta betyder då att man kan ha regioner i tillståndsrummet X som antingen är önskade eller oönskade.

6.2.6 Komplexitet

Komplexitet har att göra med vad all man måste vet för att kunna konstruera en modell av systemet man studerar. Om man ser till ett kärnkraftverk så är det fråga om ett mycket stort antal temperaturer, flöden och tryck man måste modeller. Detta är en bidragande orsak till komplexiteten genom att dimensionen på tillståndsrummet blir mycket stor. Dessutom kan det förekomma olineariteter i interaktionen mellan olika tillståndskomponenter, vilket gör att man kan få beteenden som är svåra att hantera, dvs. kaos, bifurkationer, katastrofer och brytpunkter.

6.3 Kärnkraft som affärsverksamhet

Begreppet *nuclear business acumen* användes för en tid sedan för att illustrera att kärnkraften är unik (jfr. avsnitt 5.2) och således kräver speciella åtgärder för att driva verksamheten. När detta skrivs är det visserligen ganska länge sedan jag hörde uttrycket senast, men i princip kan uttrycket förstås så, att man på ett skickligt sätt tar i beaktande det som är speciellt inom kärnkraften och hur detta påverkar affärsverksamheten. Jag har redan tidigare i några bisatser fört fram kärnkraftens kostnadsprofil när det gäller att bygga och driva en anläggning. Jag vill i detta avsnitt lyfta fram några till affärsverksamheten kopplade frågor som kanske också borde beaktas när man ser på kärnkraftens situation idag.

6.3.1 Syn på affärsverksamhet

Det har i olika sammanhang påtalats att synen på affärsverksamhet skiljer sig i de nordiska länderna från vad man till exempel i de anglosaxiska länderna ser som naturligt och eftersträvansvärt. Jag vill inte här gå närmare in på dessa skillnader, men jag kan i alla fall konstatera att man kan få en inblick i en del av de frågor som man har att göra med förs fram i en artikel (Donaldson, Walsh, 2015). Här kan man också föra fram att det är en fördel om synen på affärsverksamhet innefattar en förväntan att det arbete som skapas av organisationen även ska kunna upplevas som meningsfullt av dem som utför det (Ward, King, 2017). Min uppfattning är dock att kärnkraften åtminstone i Finland och Sverige har lyckats väl i denna uppgift.

6.3.2 Ledningens roll och uppgift

I den akademiska världen råder en allmän uppfattning att den högsta ledningen i ett företag har en avgörande betydelse för hur saker och ting sköts. Kärnkraften har i detta sammanhang vanligtvis förknippats med ett ingenjörsmässigt engagemang och således med de uppfattningar som lärs ut på våra tekniska universitet. Efter TMI-olyckan 1978 har emellertid chefer inom kärnkraften alltmer utsatts för kravet att också förstå människor och organisationer. Min uppfattning är att det har varit en lång väg att vandra, men jag är övertygade om att ledningen på våra kärnkraftverk idag har en nyanserad uppfattning om hur saker och ting hänger ihop.

Redan när det gäller dagens industriella värld är ett av argumenten att man inom industrin i betydligt högre grad än tidigare är beroende av kunskapskomponenten i verksamheten. Detta har gjort att man talar om att leda en kunskapsorienterad verksamhet jämfört med industriell verksamhet från ett tidigare skede som var mera beroende av fysiska resurser och skalkonomi (Uhl-Bien et al 2007). Samtidigt kan man säga att dagens organisationer har en fraktalstruktur, med vilket man menar att samma ledarskapsstruktur finns på alla hierarkiska nivåer, om det så gäller koncern, anläggning, avdelningar, byråer eller grupper. Rent allmänt taget kan man se att de krav som ställs på ledningen i en modern organisation är mycket höga, vilket kan föranleda frågan om sådana människor faktiskt existerar. Ett svar på frågan är att man i en ledningsgrupp måste kombinera olika kunskaper och färdigheter, så att man på den nivån kan erhålla en god insikt i hur organisationen presterar både som en helhet och på olika detaljnivåer.

6.3.3 Ledarnas attityder

En del författare har försökt bilda sig en uppfattning om hur personer i den högsta ledningen upplever risk i olika sammanhang. Ett budskap tycks vara att många ser begreppet risk mera som möjligheter än som hot. March och Shapira (1987) diskuterar hur personer i ledande befattningar ser på risk i ljuset av beslutsteori och Lyytinen et al. (1998) ger exempel från programvaruindustrin hur man inom ledningen ser olika på risker. bland annat Hoskisson et al. (2017) gör en kartläggning av hur olika mekanismer kan antas påverka både riskbild och utfall.

Jag har inte hittat andra artiklar på hur attityder, föreställningar och orientering hos den högsta ledningen påverkar säkerhetsarbetet, trots att jag anser att det som finns i bagaget hos ledningen naturligtvis kommer att påverka. En insikt i denna fråga förmedlas av boken (Holmqvist, 2018), som argumenterar för att man åtminstone i Sverige har utbildat ett ledarskikt, som kanske har en något annan inställning till styrning och ledning än mera teknokratiskt orienterade chefer torde ha. Är det så inom kärnkraften eller inte, kan man argumentera kring, men det kunde vara ett intressant forskningsobjekt.

Ett praktiskt exempel ges av boken (Siilasmaa 2019), som argumenterar för dels att högsta ledningen i ett företag lätt kan förblindas av framgång, dels att nya personer genom sin insats kan vända en hotande situation till det bättre. Framgångskonceptet byggde här på en obotlig optimism parad med en nästan paranoid misstänksamhet, som gjorde det möjligt att med hjälp av hypotetiska scenarier välja en väg som hade möjlighet att lyckas. Men svårt kan det vara att hålla sig på toppen annat än en relativt kort tid.

När det sedan gäller chefsrekryteringar, så kan jag inte heller värja mig från en viss misstänksamhet, mot de stora konsultbyråerna och de attityder, beteenden och värderingar de på ett sätt representerar. Har de en tillräcklig insikt i de speciella problem som präglar kärnkraften?

6.3.4 Innovationer

Jag har en bestämd uppfattning att den byråkrati som trots allt styr kärnkraften, också för med sig ett visst motstånd mot innovationer. Man vill inte ändra på något som ser ut att fungera någorlunda väl. Innovationslitteratur separerar mellan radikala och förbättrande innovationer. Jag tror att huvudvikten borde läggas i de förbättrande innovationerna, som kan vara av olika typ beroende på de arbetsmetoder där man tycker sig se brister. Man kan då tala om innovationer i produkter, arbetsprocesser, organisatoriska förhållanden och/eller marknadsföring. Man kan också säga att varje innovation på sätt och vis medför en förändring och således en fas av design och konstruktion (Mortati, 2015), innan det nya sättet agera har tagits i bruk. Speciellt när det gäller *human centered design* (HCD) konstaterar Norman och Verganti (2014) att HCD aldrig har varit av nyskapande karaktär, utan alltid har haft att göra med förbättringar i existerande system. Enligt dem bör man söka nyskapandet i design och konstruktion utanför de vanliga gränserna av produktutveckling.

6.4 Utvecklingsvägar

När jag kommit så här långt vill jag fråga vad man i branschen kunde satsa på för att ge kärnkraften möjlighet att utvecklas och ta plats i ett större sammanhang. Först och främst kan man enkelt se att något som fanns i branschen under 1980-talet tydligen har försvunnit från dagens värld. Beror detta på att kravbilderna har förändrats eller att förmågan att sätta ihop stora projekt inte mera existerar. Man kan åtminstone tycka att man i en global värld borde ha goda möjligheter att erhålla bättre resultat än man fick i de nationella projekten för fyrtio år sedan. Finns det något i teknikutvecklingen som kunde leda till bättre resultat i projektverksamheten så att man kunde försäkra sig om att tidtabeller och kostnadsberäkningar håller. Åtminstone har man inom programvaruproduktion lyckat utveckla sina modeller och metoder till det bättre. Man kan också fråga sig om de vägar som finns för att utbilda för befattningar inom kärnkraften är tillräckliga för att skapa behövlig bredd och djup i den kunskap som finns på anläggningarna. Till sist kan man fundera över om något i samhällsutvecklingen har gått snett som gör att man inte mera har möjlighet att göra det man redan gjorde för fyrtio år sedan.

6.4.1 Nya anläggningar

För att kärnkraften ska kunna få en märkbar andel i utvecklingen av koldioxidfria energikällor kommer det att krävas nya anläggningar och inte bara för att ersätta anläggningar som tas ur bruk. En ny rapport från NEA argumenterar för att alla former av bidrag behövs (OECD/NEA, 2022), dvs. livstidsförslängningar för nuvarande anläggningar, nya stora anläggningar och många nya SMR anläggningar. I varje fall andas rapporten en viss optimism inför möjligheterna att via de rekommendationer som ges, åstadkomma ett massivt internationellt program för de satsningar som krävs. En nära framtiden utvisa om de mål som man fäst vid åren 2035 och 2050 kommer att kunna nås.

För att i all korthet beskriva vad en kommande utveckling av SMR anläggningar ger följande punkter ett förslag som enligt min uppfattning tode vara tillräckligt realistiskt för att starta nödvändiga pilotprojekt för att utveckla teknologin

- de platser som redan har avställda eller fungerande anläggningar för elproduktion används för nya SMR anläggningar, på så sätt att den ursprungliga värmekällan (olja, gas, kol) ersätts med en eller flera

reaktorer, vilket då gör det lättare att få nödvändiga miljötillstånd för anläggningarna och högspänningslinjerna,

- reaktorernaonstrueras för serieproduktion i fabrik, vilket då betyder att de transporteras om färdiga t.ex. på promar som bogseras till installationsplatserna.
- existerande anläggningar för produktion av fartyg, ställs om för produktion av reaktorer av lämpliga typer. I mängden av förslag finns t.ex. sådana reaktorer som inte behöver nytt bränsle utan hela reaktorn skeppas tillbaka till leverantören så då kan genomföra en ny laddning eller ersätta den gamla reaktorn med en modernare modell.

6.4.2 En förnyad kravbild

Det arbete IAEA har gjort för att konkretisera kärnkraftens kravbild har varit förtjänstfullt. Visserligen kan man tycka att detta kunde ha gjorts med ett mindre antal dokument, eftersom bara det som ingår i vad som brukar kallas standarder uppgår till ett hundratal dokument med ett totalt sidantal på tiotals tusen sidor. Kan man på en anläggning hålla ordning på och förstå vad allt detta betyder? Man kan visserligen konstatera att kravbilden som den utvecklats hänför sig till de förhärskande teknologierna av idag (PWR, BWR, CANDU) och att således ny teknologi (SMR) kommer att kräva nya satsningar.

Den kravbild IAEA:s standarder dokumenterar ställer också krav på nationella insatser där man valt att bygga kärnkraftverk. I mycket vad jag har läst och hört verkar det som om politikerna i länder som bestämt att lägga ner sin kärnkraftsflotta tror att i och med den sista anläggningen har stängts, så upphör det nationella ansvaret. Så är det inte. Det mest övergripande dokumentet förutsätter att ett land ser till att kompetens finns kvar inom kärnkraftsområdet ända fram tills varje anläggning har rivits, sajterna återställts och avfallet har tagits om hand på ett hållbart sätt. Utan att göra mera detaljerade utredningar om vad detta betyder, kan man säga att det tar minst hundra år innan en gammal sajt kan återställas för allmänt industriellt bruk.

Samtidigt måste man dock på något vis komma överens om vad som kan anses som nödvändiga och tillräckliga krav, eftersom man både i konstruktion och i drift av en anläggning måste kunna föra en säkerhetsargumentering till ett slutmål som kan accepteras av både anläggning och myndighet.

6.4.3 Beslutsstöd

Beslutsstöd har egentligen aldrig introducerats inom kärnkraften på ett sätt som beskrivs i begreppet beslutsfattande. Visserligen hade de s.k. MIS-systemen (management information systems) introducerats tidigt i managementlitteraturen. Man har visserligen inom kärnkraften varit mera tekniskt orienterad för att undvika att ta till sig alla föreslagna nymodigheter. Under 1980-talet kom även artificiell intelligens i ropet inom forskarvärlden och området fick då ett stort intresse. Artificiell intelligens som ett område att satsa på har idag kommit starkt tillbaka, på gott eller på ont, vilket framtiden får utvisa.

Beslutsstöd bygger alltid på att man har tillräckligt goda modeller av både verklighet, arbetsprocesser och hur människor fungerar. Man kan då bygga scenarier och alternativa framtider (Siilasmaa 2019), som gör det lättare att vid svåra beslut välja bort det som definitivt är fel. I synnerhet kan det vara viktigt att kunna identifiera framtida brytpunkter (tipping points) där en utveckling kan ta två eller flera kvalitativt olika vägar. Inom kärnkraften är det viktigt att man med konservativa beslut kan undvika de mycket dåliga alternativen. Det kan visserligen vara fördelaktigt att öppna denna rekommendation i mera praktiska beslutsregler bland vilka hypotetisk retrospektion⁹ och försiktighetsprincipen (Aven, 2019) är två sådana regler. Ofta gäller det visserligen att det räcker med något som är tillräckligt bra för tillfället (Simon, 1996), eftersom det alltid finns osäkerheter när man försöker förutsäga framtiden. Beslutsstöd i design och konstruktionsprocessen kan ses som väl etablerade områden. På vilket sätt artificiell intelligens kan medföra en förändring av nuvarande praxis återstår att se. I alla fall har automatisk språkförståelse en potential till exempel utnyttja tidigare insamlade data (Hsiao, et al. 2016).

6.5 Utbildningsvägar för kärnkraftsområdet

Man kan omedelbart se att behovet av kunskap för att driva kärnkraft i ett land är mycket stort. Mycket har också hänt inom ramen för tillgängliga utbildningsvägar under de senaste femtio åren. Med den erfarenhet vi har från Finland och Sverige kan tydligt se att en teknisk bakgrund tydligen räckte för att bli anställd inom den knoppande industrin för femtio år sedan. Utbildningen var då också tydligt uppdelad på tre plan, akademisk,

⁹ Man föreställer sig att en tid har gått efter beslutet och att det då visar sig att det var felaktigt. Vilka är då de argument man använder för att förklara att det då beslutet togs, så var det ett riktigt beslut?

högskole- och praktikerutbildning. Det betydde att cheferna väntades ha en akademisk utbildning som bas de senare kunde bygga på. Högskoleutbildade personer rekryterades då till mellanchefer och för de rent praktiska områdena fanns det olika vägar att gå, så att utbildningen ofta kunde ske i arbetet. Situationen idag är numera sådan att betydligt över hälften av en årskull förväntas gå den akademiska vägen, vilket då också betyder att utbildningen är teoretiskt lagd. Samtidigt utbildas en betydligt mindre del av årskullen för praktiska arbeten och tillgängliga utbildningsvägar är sist och slutligen ganska få.

6.5.1 Bemanningen på anläggningarna

Den bemanning man idag har på anläggningarna i Finland och Sverige är beroende av vad man har sett att behövs under en tid av år, men ock vilka utbildningsvägar som har funnits i de båda länderna. Från början var det nog så att de flesta kom från en teknisk utbildning. I synnerhet i Sverige var det en hel del som kom från något slag av utbildning för sjömanskap, vilket i Finland dock var mera sällsynt. Nu gäller det antagligen att de flesta med teknisk utbildning i ryggen, kommer från tekniska högskolor och universitet. Till dessa har man på anläggningarna anställt flera personer med en beteendevetenskaplig bakgrund, vilket är naturligt med beaktande av den vikt MTO-området har fått. När det gäller den tekniska utbildningen i Finland har Universitetet i Villmanstrand varit aktivt med att inrätta bland annat experimentalverksamhet. En rekommendation för framtiden kunde vara att industrin i speciellt viktiga områden kunde enas om gemensamma utbildningar på lämpliga universitet eller högskolor. En möjlighet kunde även vara att i högre grad använda sig av den specialutbildning som ges i Europa.

6.5.2 Konkurrens om personal

Enligt vad jag har förstått har kärnkraften svårt att konkurrera med andra områden i samhället. För femtio år sedan var tekniken populär och kärnkraften hade en speciell lyskraft. Detta har ändrats totalt, så att arbete på en kärnkraftsanläggning till och med har setts som något misstänkt. Vad man också har sett så har bank- och finansieringsverksamhet blivit populära så att många med fysikerutbildning blivit intresserade av ekonomisk teori och dess tillämpningar.

Kärnkraften har också den nackdelen att anläggningarna sällan befinner sig nära större befolkningscentra, vilket igen för med sig färre möjligheter att delta i begivenheter inom sport, kultur och hobbyverksamhet. Idag kan vi visserligen med gott fog säga att en stor del av det arbete som görs i samband med kärnkraften egentligen kan göras nästan var som helst. Ja det har till och med gått så långt att man inom design och konstruktion i de stora ingenjörbyråerna ser en fördel av att ha medarbetare över hela jorden. När en grupp jobbar i Kina och Japan, så börjar Europa vakna för att gå på jobb. När de sedan går hem är det Amerika som tar över och i sin tur skickar resultatet av sitt arbete för nästa cykel som tar vid.

En policy som har tillämpats med goda resultat både i Finland och Sverige är att för det att alltid erbjuda två arbeten så att man och kvinna båda kan få ett intressant arbete och så att företaget också hjälper till med barnens dagvård. Det har också visat sig att rekrytering direkt från skolan inte alltid faller väl ut, trots att goda villkor utlovas. Däremot sedan i det skede när en familj ska sätta sina första barn i skolan kan lugnet på en liten ort verka mera attraktivt, samtidigt som natur och aktiviteter utomhus kan ge en extra fördel.

6.5.3 Ett nytt sätt att agera

Världen har kontinuerligt blivit mera komplicerad under de senaste femtio åren. Samtidigt kan människan genom sina aktiviteter få allt större konsekvenser. Orsaken till detta går att finna i många samverkande trender. Teknologin har utvecklats och organisationerna förmår genom olika hjälpmedel hantera allt större system, som redan i sig själv bygger på en högre komplexitet. Världen har blivit mera global, vilket har lett till att aktörer har kunnat söka samarbetsparter i en betydligt större mängd av organisationer. Redan detta har lett till genomgripande innovationer inom allt flera områden. Organisationerna utsätts för ett tilltagande tryck att nå en större effektivitet och det har bidragit till att man söker bättre sätt att organisera sig. Inom den akademiska världen har dessa trender behandlats i ett flertal artiklar och man har till exempel börjat tala om system av system (systems of systems, SoS), virtuella organisationer och polycentrisk kontroll. I och med att organisationerna har blivit mera komplexa måste även ledningssystemen bli mera komplexa (requisite variety, Ashby, 1956).

För kärnkraftverken har denna utveckling lett till en omstrukturering av hela branschen som har fortgått sedan de första anläggningarna togs i drift i Finland och Sverige. En direkt påverkan har varit att man idag har ett betydligt större antal av enskilda företag från vilka man inhandlar komponenter, system och tjänster. Det betyder då genast att upphandlingsfunktionen kräver ett större arbete bara för kvalitetskontroll och projektuppföljning. På myndighetssidan betyder det direkt att det blivit svårare att bygga upp en

säkerhetsargumentering, eftersom systemen är komplicerade och man måste bygga sin argumentering på information från många olika källor. Faktum är också att det är omöjligt att bygga upp en fullständig bevisföring för att ett datoriserat kontrollsystem faktiskt kommer att fungera korrekt i alla upptänkliga situationer. Hur allt detta påverkar organisationens förmåga att agera säkert är en fråga som knappast har någon generell lösning, men Milch och Laumann (2016) ger i alla fall sin översiktsartikel en idé om förhållanden man borde ta hänsyn till.

6.6 Samhällstrender

När man ser på några trender i samhället av idag (avreglering, alternativa fakta, främlingsfientlighet), så kan man konstatera att många av dem har ett inflytande också på kärnkraften. Eftersom det är svårt att bedöma hur starka de är i förhållande till varandra, så blir det också svårt för anläggningarna att anpassa sig till sådant som kan väntas komma. Det som verkar gälla generellt för alla organisationer är att det är en betydligt större press på att hela tiden nå större effektivitet. Detta krav gäller även den akademiska världen där forskare tvingas sätta allt mera tid på att söka pengar från olika institutioner där sannolikheten för att lyckas med en enskild ansökan ofta är lägre än 20 %. I en sådan situation är det svårt att reservera tid för strategiska frågor.

6.6.1 Strävan att minska CO₂ utsläpp

Inom energiområdet verkar det nu som om en global klimatförändring, från att ha varit något som endast de insatta sysslat med, har blivit något som kommit upp på en politisk agenda. Här kunde man vänta sig att kärnkraften skulle ha fått ett större intresse på grund av sina minimala koldioxidutsläpp, men så har det inte blivit. I varje fall verkar det som om kärnkraften åtminstone i några fall har lyckats argumentera för inmatningstariffer, dvs. ett på förhand överenskommet pris för den elektriska energi de levererar.

Utvecklingen inom datorer och informationsteknik har fortsatt att utveckla sig nästan på samma sätt som för femton år sedan. Nu har också artificiell intelligens blivit något man ställer stora förväntningar på. Att detta område kommer att påverka stödsystem för design, konstruktion och drift av industriprocesser är ganska klart, men om kärnkraften kan få nytta av detta är ännu svårt att se.

Är det så att världen inte förmår vara nyskapande på mer än ett område i gången? Om ett område anses intressant av någon orsak, så kommer det att attrahera gräddan av personer och utvecklingsinsatser. Om det är så, hade kärnkraften sin glanstid en dekad före och en dekad efter år 1970. Sedan blev det datorer och programvara som gällde och fortfarande gäller. Numera är det på finanssidan, som man har lyckats med att fånga upp skickliga personer redan under en längre tid, vilket kanske också lett till att komplexiteten har stigit i världens finansiella system med allt vad detta kan innebära.

6.6.2 Stora projekt

När man ser på situationen inom kärnkraftsområdet är den kanske största skillnaden att man inte mera har något som kunde kallas en huvudleverantör, som kan ta ett helhetsgrepp på design, konstruktion och projekthantering. De företag som på 1960 och 1970-talen stod för helhetsleveranser finns inte mera i sin ursprungliga form. Det är visserligen uppenbart att kärnkraftsolyckorna och då i synnerhet Tjernobyl gjorde att affärsidén med att leverera nyckelfärdiga anläggningar torkade in. Man har visserligen i analyser av situationen kunnat påvisa att de efterleveranser som företagen väntade sig inte förverkligades. Bara genom att se på hur den globala flottan av kärnkraftsanläggningar utvecklade sig efter 1980-talets slut är det uppenbart att inte ens en enda global huvudleverantör hade kunnat hållas vid liv.

Uppenbart är också att kravet på en större samhällelig inblandning i de stora projekt som en ny anläggning innebär har vuxit avsevärt så att inget företag mera tror sig kunna hålla alla trådar i sin hand. Här är Olkiluoto-3 och Flamanville-3 två typiska projekt där både projekttid och kostnaderna i stort sett har trefaldigats.

6.6.3 Myndighetstillsynen

Myndighetstillsynen har ibland utpekats som boven i dramat när projekten, både moderniseringar och nybyggnation, har dragit ut på tiden och blivit mycket dyrare än väntat. Det kan ju hända att missförstånd och onödigt nitiskhet har förekommit, men jag ser nog myndighetstillsynen snarare som en viktig komponent i säkerhetsarbetet. Man kan ju dessutom konstatera att man med rätta kan anse att inte myndigheten skött sin uppgift i de tre stora kärnkraftsolyckorna som har inträffat. För både TMI och Fukushima borde myndigheten ha krävt att anläggningarna stoppas tills man hade åtgärdat de problem man hade stött på. I fallet Tjernobyl borde anläggningen inte ha fått drifttillstånd. När man ser på myndighetstillsynen i Finland är det svårt att hitta något som kunde kritiserats om man inte vill ha en tandlös myndighet. STUK har på ett föredömligt sätt sett till

att kravsystemet hållits uppdaterat med hänsyn till nya kunskaper och erfarenheter som branschen har samlat på sig. Licensieringsprocessen är också definierad som en process i tre steg. Till att börja med måste en tänkt ägare kunna visa att en ny anläggning är i nationens helhetsintresse och att det finns leverantörer som kan bygga en anläggning. I det andra skedet ska leverantören kunna visa att anläggningen som den är konstruerad på "papper" är säker och uppfyller alla de krav som myndigheten ställt. I det tredje skedet ska anläggningsägaren visa att anläggningen också i verkligheten uppfyller ställda krav så att bränslet kan laddas och anläggningen startas. Denna process gör det möjligt att småningom bygga ett förtroende mellan de tre parterna ägare, leverantör och myndighet.

Ett problem kvarstår visserligen i myndighetstillsynen och det har att göra med den diversitet som finns mellan olika länder i de krav som ställs. En rapport (OECD/NEA 2020) pekar på att anpassningen till nya myndighetskrav kan föra med sig till och med en tredjedel av hela arbetet som måste göras på nytt innan en anläggning som redan har byggts kan byggas i ett nytt land. Den enda möjligheten är enligt vår uppfattning att man tar på sig att utveckla ett internationellt kravsystem som utan större ändringar kan tillämpas globalt. När man ser på den helhet av dokument som IAEA utvecklat är det ganska uppenbart att ett sådant arbete knappast behöver vara omöjligt att genomföra. Det är sedan en annan sak om ett sådant normsystem skrivet på engelska skulle kunna godkännas i de länder som vill bygga anläggningar. En annan sak är att man idag antagligen i första rummet vill bygga små eller medelstora anläggningar (SMR). Här igen är det uppenbart att de krav som gäller för stora reaktorer inte kan tillämpas, helt enkelt för att de då skulle bli för dyra.

Ett initiativ som har kastat fram från myndighetens sida i Finland kunde kanske också hjälpa. I de stora kärnkraftsländerna har man alltid hållit mycket strikt på myndighetens oberoende på ett sätt som för oss skandinaver ibland verkar opraktiskt. Förslaget går nämligen ut från tanken att myndigheten kunde ta på sig en viss konsulterande roll i projekt av olika slag. Det är säkert lättare för en person som till daglig dags hanterar ett navigerande mellan närmare tiotusen olika krav att berätta vilka som man speciellt borde ta hänsyn till när man söker en konstruktion som beaktar dem alla. Om man i kravet på oberoende i stället förutsätter att leverantören ska göra detta arbete är det lätt att förstå att onödigt extra arbete kommer att göras. Om man sedan ännu tänker sig att kunna hantera kravsystemen genom certifiering av lämpliga expertorganisationer som då i sin tur ackrediteras för sina uppgifter, så borde det gå lättare att hantera den krävda säkerhetsredovisningen för en ny anläggning på ett mera effektivt sätt än man gör nu. En viss hjälp man kanske kunde ha att utgå från de fem grundpelare man kan identifiera för myndighetsarbetet (Waring, 2019).

6.6.4 En global värld

Kärnkraften lever i en global värld, vilket man såg redan efter TMI olyckan. Tjernobyl gav ett ännu tydligare meddelande med sina utsläpp av fissionsprodukter som drabbade hela världen, vilket dock bortförklarades i med att det var en olycka som endast kunde hända i ett kommunistiskt land. När sedan olyckan i Fukushima fungerade det argumentet inte mera och Merkel tog beslutet att helt stänga ner alla kärnkraftverk i Tyskland. Att detta sedan försatte Tyskland i ett svårt energimässigt läge med mera CO₂ utsläpp och ett ökat beroende av gasimport från Ryssland, var kanske något som bidrog till att Putin såg sin chans med kriget i Ukraina. Allt detta ledde i sin tur att anläggningen i Pyhäjoki i Finland blev en politisk omöjlighet åtminstone i en nära framtid. Vi vet inte när detta skrivs vad resultatet av kriget kommer att bli, men i varje fall har det redan fört med sig både lidande och en förstörd infrastruktur i Ukraina, för att inte tala om en tudelning av världen där misstänksamhet omöjliggör samarbete mellan öst och väst.

6.7 Varför olyckor fortfarande händer

Enklast är det väl så att man helt enkelt inte kan förutse allt vad som möjligen kan hända om den organisatoriska förmågan inte räcker till. Detta gäller i alla skeden av livscykeln för en anläggning, design, konstruktion, idrifttagning, drift, avställning och rivning. Om nödvändig kunskap inte är tillgänglig när den behövs så går det lätt så att ett fel i en design eller konstruktion uppstår, som kan vara gömt för en lång tid för att sedan under speciella omständigheter komma fram i en icke önskad händelse. På samma sätt kan någon brist antingen i utbildning eller instruktioner göra att ett viktigt ingrepp inte utförs eller att något görs på fel sätt. Eftersom det ofta är så att en sak kan göras fel på mycket många olika sätt, går det inte att uppskatta felsannolikheten genom att summera över alla felaktiga sekvenser, utan man måst gör uppskattningen endast utgående från den rätta sekvensen.

6.7.1 Några klassiska teorier

Teorin om olycksfåglar var vanlig i början av 1900-talet och den utgick från att en del människor hade en större benägenhet att göra fel än andra. Det var kanske vad man tyckte sig se, men om man ensade utgångsdata visade

det sig snart att alla gjorde fel ungefär på samma sätt. En annan teori var emellertid den så kallade isbergs-teorin som sade att det fanns ett förhållande mellan allvarliga och mindre allvarliga olyckor som igen berodde på hur många olyckstillbud man hade. Detta gav idén att man ska minska antalet tillbud för att få antalet olyckor att minska. Detta samband finns vanligen, men inte med de proportioner som man ofta har föreslagit.

Ostteorin, som ursprungligen formulerades av James Reason har däremot använts länge och har fortfarande en viss relevans för förståelsen av hur olyckssekvenser startas. Inom teorin föreställer man sig ett antal ostskivor med hål i, som representerar säkerhetsbarriärer man har ställt upp. Enligt teorin rör dessa på sig så att de ibland står i linje och en händelsesekvens förmår slinka igenom alla barriärer och således förorsaka en olycka.

En tredje teori har formulerats av Jens Rasmussen och James Reason i något olika form, men med huvudidén att olyckor kan uppstå om man optimerar sina system av ekonomiska orsaker, så att existerande säkerhetsmarginaler äts upp

6.7.2 Systemfel

Det kanske vanligaste systemfelet är att det av någon orsak uppstår en situation, från vilket det inte mera går att återföra anläggningen till ett säkert läge. Detta kan ske av olika orsaker, som i sin tur kan återföras till den ursprungliga designen för en anläggning och hur den förverkligades i en fysisk konstruktion eller till hur anläggningen hanterades in någon driftsituation. Detta betyder att man kan tänka sig att skilja mellan följande typer av systemfel

- ett delsystem har ett instabilitetsområde som inte har identifierats eller åtgärdats med hänsyn till störningar som kan väntas uppträda,
- en komponent har valts som inte fungerar (temperatur, tryck, strålning, etcetera) i de fysiska situationer som kan uppstå,
- operatörerna har inte fått en tillräcklig utbildning som skulle ge dem möjlighet att hantera situationer som kan uppkomma,
- en uppenbar brist i driftinstruktionerna har hittats, som man inte kände till på förhand,
- organisationen har inte tillräckligt med resurser (personal, tid, kunskap, metoder, verktyg) som kan behövas för att täcka in olika problem som kan uppstå under anläggningens idrifttagande, drift och/eller avställning.

Man kan med en generalisering säga att systemet fångar sina användare i en händelsesekvens som inte går att hantera.

6.7.3 Organisatoriska brister

En anläggning baserar sig alltid på en teknologi som är mer eller mindre välkänd. När kärnkraften introducerades var föreställningen vanligen att den teknologi som behövdes inte skiljde sig nämnvärt från de kol- eller oljeeldade kraftverk man hade byggt i ett halvsekel för att producera elektricitet. De tre storolyckor tillsammans med många mindre olyckor som kärnkraften har råkat utföra har dock klart demonstrerat olika problem man inte har varit förberedd på. Nu med den erfarenhet som man har samlat under ett halvsekel kan man med bättre tillförsikt hävda att om man gör rätt enligt de föreskrifter som utvecklats, så borde det gå att bygga säkra kärnkraftverk till ett pris som marknaden kan acceptera (OECD/NEA 2021).

Detta betyder dock inte att alla problem kan undvikas. Projektet att designa, konstruera och bygga en anläggning innebär ett mycket komplicerat åtagande där kunnande från många områden måste integreras. Den syn man har idag, vad detta innebär i olika skeden av de processer som leder fram till en färdig anläggning att de alla måste styras med ledningssystem som har en tydlig bäring på att skapa en säker anläggning. Om det är en ny anläggning så måste kontrollrum och instruktioner tas fram så att de ger operatörerna möjlighet att hantera anläggningen i alla situationer som kan uppkomma. För att illustrera vad allt detta betyder kan man som exempel ta de nyaste kärnkraftsanläggningar som byggts och tagits i drift. Processen från något som endast är beskrivet i ritningar och datormodeller kan i sig själv kräva samarbete mellan hundratals organisationer och uppta en total insats av flera miljoner arbetstimmar. Om någon liten detalj i detta blir bortglömd kan det betyda att anläggningens möjliga tillståndsrum har områden där säkerheten inte kan förutsättas.

6.7.4 En ny teori

Jag har tillsammans med Markus Schöbel startat en aktivitet där vi försöker förklara situationer där en liten händelse genom tillståndsåterkoppling kan komma ett system att ta alternativa vägar i en kommande utveckling. Vi får se vart det leder.

6.8 Människan som komponent i system

På senaste tid har man i säkerhetsarbetet ofta poängterat systemtänkandet som en viktig del i de modeller man tar fram. Det betyder bland annat att man då talar om ett socio-tekniskt system i vilket människor ingår i olika roller. Det har också gjort att man har börjat ifrågasätta de underliggande antagandena som sällan formuleras explicit. Här kommer då också frågan om människor av princip är själviska eller altruistiska. Inom organisationsteori har detta kanske fått sitt mest explicita uttryck i diskussionen om man ska tro på teori X eller teori Y, där den förra förutsätter att människor är lata och alltid ser till vad som gagnar dem personligt. Den senare teorin antar att människor in gemen är motiverade och hela tiden försöker göra sitt bästa. Detta resonemang är ett ypperligt exempel av Hegels (?) teori om tes och antites, som sedan utmynnar i något slag av syntes, vilket också i detta fall skedde i och med att teorin Z formulerades. Jag ska inte här gå mera in i detalj på vad detta filosofiska resonemang leder till, men i alla fall lyfta upp några vad jag tycker är viktiga utgångspunkter när man funderar på säkerhetsarbetets innehåll på kärnkraftsanläggningar. I avsnitten nedanför speglar jag några förhållanden som på sätt och vis ger förklaringar åt förhållanden som annars kan tyckas komplexa och svårförståeliga.

6.8.1 Människor i grupp

Människan är en social varelse och det betyder att hon anpassar sig själv och sitt handlande till den grupp hon räknar sig att tillhöra. Antropologer har antagit att detta hänger ihop med hur grupper som fungerade som jägare och samlare antagligen bestod av högst cirka 150 personer som kände varandra och utvecklade en arbetsfördelning med avseende på både kön och ålder, som var anpassade sig till den miljö i vilken de levde. Här är arbetsfördelningen viktig eftersom den också i dagens grupper gör att gruppen kan vara mera effektiv om alla gör sådant som de kan. Visserligen blir problemet här genom att man måste ha ett sätt att bestämma när en individ har lärt sig tillräckligt för att delta i arbetet som en fullvärdig medlem. I en mera modern fattning betyder detta att man måste ha olika utbildningsvägar där individerna kan lotsas in i de uppgifter som de kan väntas göra. Man kanske också behöver något slag av examen, som visar att en person har tagit till sig essensen av det som behövs för att kunna fylla en given roll. Man kan också inse att ett modernt samhälle är mera effektivt om också utbildning och utexaminering sker genom individer som har utbildat sig speciellt för detta ändamål.

Om man tillämpar allt detta så finns det några iakttagelser man kan använda. Först och främst kan man konstatera att omgivningen där människor agerar har förändrats enormt sedan våra tidiga förfäders dagar. Det kunnande som måste tillämpas i varje befattning är enormt och fördelar sig på olika områden som inte ger varandra stöd varken för minnet eller den praxis som ska tillämpas. Det betyder att man till alla uppgifter måste integrera mycket av de instruktioner som ska följas, dock på ett sådant sätt att de inte uppfattas som begränsande i hur en arbetsidentitet skapas. Detta gäller i alla skeden av livscykel för den teknologi som används. En annan iakttagelse är att man måste bygga en hierarki av uppgifter för att dels uppifrån ner kunna definiera mål och medel för de uppgifter som ska utföras, samtidigt som en rapportering nerifrån upp förmedlar en uppfattning om vad som händer i organisationen. Om denna hierarki fungerar är allt bra, men den måste samtidigt vara accepterad, vilket den kanske inte blir om chef och medarbetare inte är tillräckligt jämlika i olika avseenden. Här har de nordiska länderna infört ett långt gående medbestämmande, som ger varje medarbetare stora möjligheter att själva påverka innehållet i sitt arbete.

6.8.2 En arbetsfördelning

Det är uppenbart att en organisation vinner på att dess medlemmar specialiserar sig. Svårigheten är visserligen att man måste hitta fungerande sätt att koordinera de olika insatserna så att de stödjer varandra. En enkel arbetsfördelning i en grupp av människor då den att en person, en ledare, utses som får ett planeringsansvar för hur de olika delarna kan passas samman och då genom olika signaler meddela deltagarna i aktiviteten när deras insatser ska sättas in. Vad som då blir frågan är hur de olika insatserna ska belönas i förhållande till varandra. Om alla i gruppen får lika delar av nyttan är frågan kanske onödig, men i dagens organisationer är det inte så. I stället har olika medlemmar i olika roller olika löner och då kan detta bli en orsak till misstro och avundsjuka mellan ledaren och dem som har mera underordnade roller. För en fungerande kärnkraftsorganisation är det en förutsättning att personer i olika befattningar och roller litar på varandra och har förtroende för sina kollegers kunskaper.

Jag har här redan tidigare talat om den nödvändiga bredden och djupet av kunskap en kärnkraftsanläggning är beroende av. Till dessa kunskapsområden kan man dessutom foga olika roller såsom designer, konstruktör, drift- eller underhållsansvarig och utbildare, det vill säga olika roller som då får en bestämd kunskapsbakgrund.

6.8.3 Yrken och institutioner

Med hänvisning till arbetsfördelningen i samhället så har man definierade yrkesroller och utbildningsinstitutioner som ger kompetens för olika befattningar. Jag har redan tidigare fört fram att det på kärnkraftverken kan vara skäl att rekrytera personer från olika utbildningsområden för att sedan komplettera deras grundutbildning på olika sätt. Exakt hur detta ska gå till beror på vilka banor som finns tillgängliga och hur dessa passar in på de positioner man försöker fylla.

6.8.4 Innovationer

Innovationer är något som många organisationer försöker stödja. Kärnkraften av idag är väl inte så nyskapande som den var när våra anläggningar i Finland och Sverige byggdes. Branschen har dock genomgått många förändringar under de mer än femtio år som har gått. Teknologin, då i synnerhet datorer och material, har förändrats mycket så att nya metoder och verktyg har gjorts tillgängliga. Alla dessa förändringar borde i princip göra det möjligt att hitta nya effektivare och säkrare metoder och verktyg både för design och drift. Små modulära reaktorer är en möjlighet, men mycket har också hänt i hur man kan tillverka bättre komponenter på ett billigare sätt. Allt detta har kanske inte varit så uppenbart när man har satt de befintliga anläggningarna i en förvaltningsfas, visserligen med en möjlighet för en förlängt utnyttjande, men inte som objekt för nyskapande.

6.9 En global värld

Människan är endast en av vår värld's många arter. Hon har dock med hjälp av sin hjärna lyckats utveckla metoder och teknologier, som jämförda med tidigare utvecklingsstadier helt överträffar allt som tidigare var möjligt när muskelkraften satte begränsningar på det som kunde åstadkommas. I våra globala system misstänker jag att vi kunde behöva ett globalt styrsystem, följa med vad som händer (ett mätsystem), för att kunna reagera när något håller på och blir ett problem (NAP, 2018).

6.9.1 En befolkningsexplosion

Vi har relativt tidigt levt med en uppfattning att befolkningssituationen är det största problemet som vi har på jorden. Det är lätt att inse att varje art där populationen ökar över alla gränser, kommer att på sätt eller annat att begränsa sin egen möjlighet till fortsatt tillväxt. För människan har inte detta varit aktuellt eftersom detta inte gällde när teknologin kunde erbjuda nya möjligheter till expansion. Teknologin har samtidigt erbjudit möjligheter till att göra allting större och mera effektivt. Resultatet har helt enkelt blivit det faktum att vi konsumerar mera än vad vårt stackars klot kan leverera. Forskare har redan nu konstaterat att vi har stört de flesta av de cirkulära slingorna som genererar nya tillgångar av det avfall vi producerar. Befolkningsexplosionen har visserligen i viss mån kunnat begränsas helt enkelt genom att ge flickorna mera utbildning och således bättre möjligheter att begränsa ett onödigt slöseri med resurser.

6.9.2 Större, snabbare och billigare

Det moderna samhället är karakteriserat av en vad man kunde kalla ständig tillväxt, man kan visserligen argumentera för att en sådan är möjlig när det gäller kunskap, men inte när det gäller att utnyttja resurser som vårt jordklot kan stå till tjänst med. Om ny kunskap används på rätt sätt borde man kunna bygga upp en förståelse för att vårt nuvarande slöseri inte kan uppfattas som hållbart. Om allt ska bli större, snabbare och billigare står vi inför en olösbar ekvation. Nuvarande situation utgör ett bevis för att alla externaliteter med användningen av resurser inte har internaliserats vilket betyder att priserna inte påverkas av de olägenheter som en viss teknologi för med sig.

6.9.3 En ekonomisk ojämlikhet

Thomas Piketty (2013; 2020) har i två böcker påtalat problemet med en global olikhet. Om det är så att olikheten faktiskt har ökat under de senaste två decennierna lovar detta inte gott för världsfreden. Det är uppenbart att spänningarna när en del har och andra inte har. Om detta leder till instabilitet som det gjorde i Europa på slutet av sjuttonhundratalet lovar det inte gott för en fortsatt fredlig utveckling. Det är inte heller en trevlig utveckling när diktatorer här och var i världen kan köra sin egen agenda oberoende av vad resten av världen tänker. Det är fullständigt emot allt sunt tänkande för att angripa problemen med en tilltagande klimatförändring att Putin på sin ålders höst försöker uppfylla sin egen personliga agenda med att angripa Ukraina. Om det gäller att minska koldioxidutsläppen gör han en dubbel björntjänst, först skapa utsläpp genom att förstöra som sedan måste kompenseras minst lika mycket genom att bygga upp allting på nytt.

6.9.4 En agenda för hållbarhet

Jag vill inte här utveckla mig alltför mycket men några kommentarer kan i alla fall passa in. Det är sist och slutligen en fråga om olika balanser som måste skötas. En agenda kunde innehålla åtminstone följande principer

- energianvändning begränsas till det som tillförs (användning av solenergi är tillåten),
- materialanvändning begränsas till det som redan finns utvunnet (allt jungfruligt material belastas av skatter där inkomsterna används för att minska belastningar),
- konflikter ska kunna lösas utan krigshandlingar och nationer som inte håller sig till reglerna ska kunna åläggas lämpliga straff.

Speciellt när det gäller skattebelastning, borde man kunna beskatta utvinnandet av jungfruligt material. Här talar vi t.ex. om grundämnen och mineraler som kan antas finnas i jordskorpan i en begränsad mängd. För att stödja återvinning av redan utbrutet material, borde man kunna beskatta allt jungfruligt material som tas upp i dagbrott och gruvor. På så sätt kunde man bygga upp en effektiv cirkulering av de material som vi har brist på.

6.9.5 Internationella överenskommelser

Om man vill använda en analogi från kärnkraften verkar det vara nödvändigt att inrätta en global myndighet. På basen av nuvarande erfarenhet kan man väl säga att FN med säkerhetsråd inte uppfyller vad man kunde mena med detta. Jag kan inte frigöra mig från uppfattningen att vi behöver en global myndighet som kan ta ställning till vad man får göra och inte får göra. För att en sådan myndighet ska kunna fungera borde den för att inte bli tandlös, utan också kunna straffa sådana nationer som inte följer reglerna. Min uppfattning är visserligen att vi idag har en lång väg innan vi kan få en sådan.

6.9.6 En ny verklighet

Den kanske mest oroande trend i vår nuvarande värld är att många omvärderingar ser ut att sammanfalla. Kriget mellan Ryssland och Ukraina är en trend av många, som visar på att revanschistiska förhållanden efter det att Sovjetunionen föll sönder ser ut att prägla åtminstone en del av stormaktspolitiken. Om vi vill tro Catherine Belton (2020) så agerar Rysslands ledande krets helt utan moraliska begränsningar för att slå split i världen. Detta har enligt henne skett en längre tid genom svarta pengar, för att bygga upp ett misstroende av demokratiska institutioner, som använts för att finansiera både vänster- och högersinnade organisationer. Enligt henne finansierades kampanjerna för Brexit i England och Donald Trump i USA av ryssarna.

När man ser till Trumps presidentperiod kan man bara konstatera att den skapat en klyfta mellan republikaner och demokrater som ser ut att vara svår att överbrygga. Här talar man faktiskt om alternativa fakta, som faktiskt i praktiken betyder att politiskas beslutsfattare får ljuga hur mycket som helst utan att bli ställda till svars för sina medvetna lögnar. Här kommer också andra trender in, det verkar fullt acceptabelt att utan större börda av bevis kunna ifrågasätta nästan vad som helst inom forskning och utveckling, I och med att sådana ifrågasättande ofta av medier ges en lika stor uppmärksamhet, som mera seriös forskning, kan viktiga utvecklingsinsatser fördröjas nästan hur mycket som helst.

7 Några rekommendationer

Här försöker jag först sammanfatta vad jag hittills talat om i några rekommendationer. Jag adresserar dem till de aktörer vi har diskuterat, dvs. akademien, i drift varande anläggningar och till branschen som en helhet. Samtidigt kan man fråga sig på vilket sätt vi lokalt i Finland och Sverige kan ta del i en framtida utveckling som kunde syfta till att göra det möjligt för kärnkraften att vara med i en utveckling som gör det möjligt att minska användningen av fossila bränslen.

7.1 Akademien

Det kan här i slutet på min rapport vara värt att reflektera ett kort tag över vad vi har lärt oss. För det första kunde man sammanfatta med – ingenting nytt under solen, när man ser på amiral Rickovers syn på TMI-olyckan (Rickover, 1983). Om ledningen på en anläggning lyckas uppfylla de krav som han ställer borde väl allt vara bra? Vi vet emellertid att så är det inte. Är det så att man inte förstått att kraven är motiverade eller tycker man att de begränsar verksamhetens lönsamhet? Man kan också se på hur man identifierade kärnkraftens problem i en konferens i april 1986 (ANS, 1986), dvs. några dagar innan olyckan i Tjernobyl inträffade. Som en kuriositet kan man söka i dokumentet och inte hitta en enda referens till säkerhetskultur. Sedan inte ens tio år

senare från en annan konferens (Carnino, Weiman, 1995) kan man redan hitta 893 referenser till säkerhetskultur. Ett nytt ord, ett nytt sätt att tänka och ett nytt forskningsområde har skapats. Intressant är att från denna konferens jämföra de olika ryska bidragen både sinns emellan och med de västerländska bidragen.

Ett krav som citeras i en del sammanhang är att det på anläggningarna ska finnas en vilja till ständiga förbättringar. Man ska alltså inte slå sig till ro med att nu uppfyller vi kraven. Det kan tyckas anmärkningsvärt att myndigheterna i Europa har tagit till sig detta krav medan USNRC inte har gjort det (Raetzke, Micklinghof, 2006). Man kan visserligen fråga sig hur stark denna vilja ska vara. Räcker det med att man försöker plocka bort några av de största brister man har eller bör man försöka nå berömvärda resultat inom alla områden av säkerhetsarbetet? En strävan till excellens är kanske onödigt kostsam väg om man redan kommit långt i sitt säkerhetsarbete. För mig förefaller det som att man måste sätta något slag av kvantitativ skattning av de kostnader man är villig att ta på sig jämfört med de säkerhetsförbättringar man förväntas uppnå. PSA instrumentet kan härvidlag ge en indikation, men det är ändå i sin nuvarande form ett alltför trubbigt redskap för att kunna användas i en absolut mening.

Vad kan man lära sig av allt detta? Det kommer alltid att finnas någon, som genom att hen hittat ett koncept som inte tycks vara känt, anser sig ha fått en mening i sitt liv och således kritiserar vad hen uppfattar som traditionalisterna. För det mesta blir det ingenting, men någon enstaka gång blir det något unikt. För akademien gäller det enligt vår uppfattning att följa aktivt med vad som händer och bygga fungerande kanaler till industrin. Inom säkerhetsområdet har akademien enligt vår uppfattning fungerat föredömligt, man har fördjupat studierna av gamla och lyft upp nya frågor. När det gäller industrin är jag inte lika övertygad, enligt min uppfattning verkar det inte finnas intresse för att söka nya lösningar, inte ens när kostnaderna egentligen är ganska obetydliga. Sedan kan man visserligen fråga sig som Paul Schulman (2020) om säkerhet redan har kunnat reduceras till frågor kring affärsverksamhet och juridik. Hans uppfattning är att det inte går, utan de problem som man måste lösa fortfarande har många öppna frågor. På det hela taget är dock min uppfattning att säkerhetsområdet har gått framåt under de senaste åren som jag har varit involverad i utvecklingen.

7.2 Nuvarande anläggningar

Trycket från samhället har varit betydande när det gäller att bevisa för beslutsfattare att kärnkraften är säker. Det har till och med gått så långt att kraftbolagen i flera länder böjt sig när myndigheterna har kommit med alltmer detaljerade och strängare krav när det gäller säkerhet. Man har valt bland de dyra och de mycket dyra alternativen att bygga om anläggningarna för att klara nya krav, där det åtminstone i några fall kunde ha räckt med ett något dyrare än det billigaste alternativet. Samtidigt har kravet att bygga upp en oantastlig argumentering för att en anläggning är säker fört med sig ett allt större arbete, som i sig själv knappast fört med sig några säkerhetsförbättringar, eftersom arbetet har tagit bort resurser från andra innovativa sätt att förhålla sig till säkerheten.

I närtid kan dagens situation betyda att nuvarande anläggningar läggs i ett förvaltningskede, där man gör så lite som möjligt för att få dem att uppfylla nya säkerhetskrav. Däremot borde man kunna göra investeringar som syftar till att höja anläggningarnas tillgänglighet, som dock bör begränsas i den mån föreslagna ändringar kan utgöra ett hot för kommande driftperioder. Samtidigt när man för de gamla anläggningarna byter ut endast sådant som kan vara begränsande för den kommande driftperiodens längd, kunde man i stället satsa på att bygga upp ett kunnande för att ta nya anläggningar i drift. Dessa kan mycket väl placeras på samma sajter där de gamla anläggningarna finns, så att man kan dra nytta av en existerande infrastruktur.

Beroende på de gamla anläggningarnas teknologi, borde man kunna argumentera för en förlängning av drifttiden på minst 20 år och kanske i vissa fall till och med 40 år (Shafiee, Animah, 2017). Den vanligen definierade livstiden på 40 år för kärnreaktorer, var inte definierad på tekniska grunder, utan på projekt-mässiga och ekonomiska bedömningar. En central punkt i anläggningarnas förvaltningsstrategi blir då att göra en inventering av alla system och komponenter för att identifiera dem där man kan ställas inför ett nedläggningshot. För dem bör man i god tid se sig om efter ersättande komponenter, vilket i många fall kan vara svårt. Speciellt när det gäller elektronik och datorer, bör man i tillräckligt god tid se sig om efter företag som kan leverera ersättande system och komponenter, som är baserade på nyare teknik. Licensieringsprocessen för dem bör också startas i god tid och så långt som det är möjligt bygga på existerande säkerhetsanalyser. I de fall man kan hitta samarbetsparter för allt detta är det säkert nyttigt.

7.3 Branschen

Om kärnkraften ska kunna ha mer än en marginell roll i att motverka en klimatförändring, så måste den basera sig på att nya anläggningar byggs. En uppskattning är att det behövs i runda tal 2 TW ny installerad effekt fram till 2050 för att detta ska vara möjligt. Man kan visserligen anta att de anläggningar som är under byggnad eller är planerade kan tas i drift, men inte ens detta kan väntas ge mer än en ersättning för de äldre anläggningar, som trots allt måste tas ur drift. En strategi måste således bygga på att en eller flera nya typer av anläggningar utvecklas. På senaste tid har uppmärksamhet fästs på små modulära reaktorer (SMR). En del konstruktioner har förts fram som åtminstone i en första granskning verkar vara realistiska. Åtminstone när det gäller Finland och Sverige kunde en start utgöras av reaktorer för fjärr- och processvärme. Man kunde med sådana ta över en stor del av de energibehov, som för närvarande tillfredsställs med fossilt bränsle. Visserligen kommer detta knappast att räcka, eftersom man kan vänta sig att betydligt mycket mera elkraft kommer att behövas bland annat för att ta hand om en växande fordonspark som drivs med el, vilket kunde lyckas om man bygger högttemperatur reaktorer för produktion av väte.

En utmaning för kärnkraften att tyngdpunkten för en utbyggnad förskjuts från de gamla industriländerna till länder som nu står i beråd av att utveckla sina egna energisystem. Många av dem kunde antagligen komma långt med sol och vind, men en stabil bas kan knappast erhållas enbart med förnyelsebara energikällor. För dessa länder är det säkert naturligt att starta med mindre anläggningar, vilket då kan betyda att de baserar sina energilösningar på anläggningar, som skalats upp från dem som används för fjärr- och processvärme.

Problemet med att utveckla SMR är att de representera helt och hållet nya lösningar, nya material och nya komponenter. Våra nuvarande anläggningar baserar sig på en utvecklingstid på femtio år, vilket är orealistiskt lång tid om man vill motverka en klimatförändring. Om denna tid kunde skäras ner till tio år kunde möjligheter finnas, men då borde man starta genast. Parallellt med utvecklingsprojekten borde även myndighetsprocessen omformas. Med dessa randvillkor är det uppenbart att ett internationellt samarbete behövs. En möjlighet inom Europa kunde vara att omdirigera pengar som nu satsas på kärnkraftssäkerhet till att finansiera ett utvecklingsarbete, där länder som intresserade av att bygga nya anläggningar kan anmäla sig.

OECD/NEA har under våren 2022 hållit några webbaserade presentationer, som har lyft upp problemen som branschen ställs inför om den vill vara med för att stödja att kärnkraften tar på sig ett ansvar för att fasa ut kolbaserad energiproduktion (OECD/NEA, 2022). I en av presentationerna jag följde med fördes några tankar fram som kunde bilda ett underlag för en större utbyggnad av SMR reaktorer på en tillräckligt kort tid.

Förslaget kan summeras i följande punkter

- reaktorerna byggs så att man ersätter gamla fossilbaserade värmekällor med reaktorer, vilket skulle minska problemen med miljötillstånd för anläggning och kraftgator,
- reaktorerna byggs på prämar som bogseras till de ställen där de kommer att drivas, vilket betyder att man kan bygga dem i stort sett helt färdiga i fabriker,
- ett antal existerande skeppsvarv i världen kunde ställas om för reaktorproduktion, vilket betyder att de redan har behövliga teknologier för att producera dem på ett effektivt sätt.

Finland och Sverige kunde kanske gemensamt gå in för att anmäla sig som intresserade att bygga nya SMR-anläggningar. Detta skulle då också förutsätta gemensamma forskningsprojekt inom valda områden. Utgående från våra diskussioner kunde till exempel följande områden vara intressanta:

- organisatoriska lösningar för att driva nuvarande anläggningar under deras kvarvarande drifttid,
- genomgång av nuvarande myndighetskrav och granskningsprocesser för att lyfta bort onödiga krav,
- en genomgång av förväntningar på ny teknik, beträffande praktisk möjlighet att licensiera,
- en analys av specifikationer och krav för värmeproducerande reaktorer,
- en energimässig analys av den globala energisituationen med avseende på förväntningar i inbesparingar av CO₂ utsläpp.

Tysklands Energiewende bestod av att man tog hänsyn till försiktighetsprincipen (Aven, 2019). Tyvärr ledde beslutet också till att kärnkraftsindustrin har fått det svårare att finansiera den utveckling och det kunnande som behövs för att klara av avställning och rivning av den nuvarande kärnkraftsflottan. Försiktighetsprincipen är ett sätt att argumentera när man talar om osäkerhet och stora kostnader. Motsvarande borde man då kunna tala om osäkerhet och en anti-försiktighetsprincip. I en global osäkerhet borde man söka efter lösningar på dilemman där man kan se möjligheter för stora omvälvningar som kan ändra på situationen (Harari, 2019). En fortsatt satsning på fusionskraften finner jag motiverad i enlighet med denna princip.

Några mer detaljerade rapporter

Texten ovanför ger en översikt av vårt projekt LearnSafe återbesökt. Den är avsedd att ge en helhetsbild av vår syn på säkerhetsarbetet på kärnkraftsanläggningarna. Utöver denna rapport har jag valt att skriva några mer detaljerade rapporter om områden för att bättre kunna föra fram argument om varför de är viktiga och vad man kanske borde göra för att hålla dem under uppsikt. De områden jag för närvarande arbetar med är:

- Design; innovation, processer och produkter,
- Komplexitet; definitioner, problem och lösningar,
- Ledningsgruppen; sammansättning, uppgifter och strategier,
- Myndighetstillsyn; funktioner, problem och lösningar.
- Säkerhetsarbetet på kärnkraftverken; innehåll, aktörer och roller

Om någon redan i detta skede är intresserad av att ta del av ett utkast till någon av delrapporterna, så går det bra genom att kontakta författaren till denna rapport.

Till läsaren

Du får gärna använda dig av texten i ditt arbete förutsatt att du refererar till rapporten på vederbörligt sätt. Du kan också skicka den vidare till kolleger du tror att kan ha nytta av den, men sätt då en kopia till mig (cc: bjorn@bewas.fi), så att jag får information om till vem den har gått.

Erkännande

Denna rapport skulle inte ha kunnat skrivas utan det stöd jag fått från Aalto universitetet. Det har gjort det möjligt att läsa ett stort antal artiklar som skrivits i den akademiska världen. Ett stort tack går också till tidigare och nuvarande deltagare i LSrevisited, som här omnämns i alfabetisk ordning: Olle Andersson, Ingvar Berglund, Robin Gustafsson, Antti Piirto, Carl Rollenhagen, Markus Schöbel, Inmaculada Silla och Anna-Maria Teperi. Att detta arbete överhuvudtaget kom i gång berodde på ett litet stöd av Svenska vetenskapsakademien i Finland¹⁰, för vilket vi alla är tacksamma. Ett stort tack också till alla dem på kärnkraftsanläggningarna, som deltagit med synpunkter och med att svara på våra frågor.

Intervjuformuläret

Detta formulär användes i Sverige. Motsvarande formulär finns även på engelska, finska, spanska och tyska. Färdigt formaterade formulär (PDF) kan fås genom kontakt till författaren till denna rapport.

Enkät om god praxis

LearnSafe (Learning organisations for nuclear safety) var ett forskningsprojekt som finansierades av EU och som drevs under tiden 2001–2004. Fem länder England, Finland, Spanien, Sverige, Tyskland och en internationell organisation (WANO) deltog i projektet. I projektet insamlades två grupper av uttalanden från de deltagande kärnkraftverken. I den ena gruppen svarade deltagande personer på frågan om vilka utmaningar de ser för säkerheten och i den andra gruppen vad som främjar eller hindrar organisatoriskt lärande. Vi har nu startat ett litet projekt som samlar information om hur de säkerhetsaktiviteter som används på kärnkraftverken har utvecklats under de femton år som har gått sedan LearnSafe projektet avslutades.

Denna enkät baserar sig på det åttonde delresultatet (LSd8.pdf, Good practices for nuclear safety) som LearnSafe levererade. Enkäten är uppdelad i fyra avsnitt:

- Praxis inom säkerhetsledning,
- Strategier, planer och åtgärder inom säkerhetsarbetet,
- Organisatoriskt lärande
- Sammanfattning.

De tre första avsnitten är delade i underavsnitt i vilka god praxis presenteras i några punkter. Värdera för varje underavsnitt hur din organisation fungerar jämfört med god praxis. Observera att de tre avsnitten vart och ett

¹⁰ <https://www.stvif.fi/>.

representerar en egen infallsvinkel på säkerhetsarbetet och således är tänkt att ses som en helhet. Om du tycker att någon av de olika punkterna i ett underavsnitt är mera viktig än de andra, så kan du gärna indikera detta med en anteckning i listan. På samma sätt kan du i varje underavsnitt tillfoga något du tycker fattas.

Det fjärde avsnittet innehåller några extra frågor som du kan svara på enligt eget gottfinnande.

Du kan hitta information om LearnSafe projektet på websidan <https://www.bewas.fi//learnsafe.html>.

1 PRAXIS INOM SÄKERHETSLEDNING

Säkerhetsledning kan ses som alla de sammantagna processer, aktiviteter och uppgifter som gör att en tillfredsställande säkerhet kan nås på en anläggning. Många dokument har skrivits för att definiera vad ett system för säkerhetsledning borde omfatta, men i praktiken har varje anläggning sitt eget system som har växt fram över tid. Den indelning i underavsnitt som används här baserar sig på funktioner som identifierades och diskuterades i LearnSafe projektet.

1.1 Riskanalys

Att identifiera olika hot och hur sannolika de är utgör en av förutsättningarna för en hållbar säkerhet. Detta gör det möjligt att minska riskerna med tekniska och administrativa åtgärder. En deterministisk säkerhetsanalys gör det möjligt att försäkra sig om att anläggningen är säker vid olika kombinationer av fel och brister. En probabilistisk säkerhetsanalys (PSA) kan på motsvarande sätt värdera om händelsesekvenser av olika slag hotar anläggningens säkerhet. Den deterministiska säkerhetsanalysen bygger på detaljerade modeller av de tekniska systemen, medan PSA metoden också kan användas för att hantera mänskligt felhandlande och organisatoriska brister.

God praxis:

- Se till att riskanalysen är tillräckligt bred och djup.
- Skapa en realistisk bild av risker så att analysen även speglar mänskligt felhandlande och organisatoriska brister.
- Håll riskanalysen uppdaterad, så att den fortfarande gäller efter anläggnings- och organisationsändringar.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

1.2 Konstruera för säkerhet

För att konstruera för säkerhet använder man sig av säkerhetsteknik för att bygga bort identifierade risker, avbryta oönskade händelseförlopp och minska konsekvenserna om något skulle hända. Kärnkraften använder sig av djupförsvar, vilket innebär att flera oberoende barriärer måste brytas innan något allvarligt kan hända. En annan princip är enkelfelskriteriet, som betyder att man genom redundans och diversitet försäkras om att inget ensamt fel kan leda till katastrof. Man använder också konstruktionsstyrande haverier, som betyder att anläggningen ska kunna klara av händelser av mycket allvarligt slag utan att fara för omgivningen uppstår. Till detta har man även fogat den sk. 30-minuters regeln som innebär att kontrollrumspersonalen efter en inledande händelse har minst 30 minuters rådrumstid innan manuella åtgärder behövs.

God praxis:

- Bygg anläggningen så att det finns redundans och diversitet i vitala säkerhetsfunktioner.
- Beskriv gränserna både för säkerhet och farliga områden så enkelt och tydligt som möjligt
- Se till att det finns tillräckligt med marginaler för att ta hand om oväntade händelser.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

1.3 Återkoppling av drifterfarenhet

Återkoppling av drifterfarenhet har en funktion för att säkra att erfarenheter från drift och underhåll kan tas om hand för att utveckla verksamheten. Alla kärnkraft i världen deltar i ett systematiskt insamlande och analys av drifterfarenhet. På anläggningarna sköts denna aktivitet vanligtvis av en enhet som har till uppgift att dels samla in och analysera egen drifterfarenhet, dels att ta till sig internationell drifterfarenhet. För uppgiften gör man en sällning av händelserapporter och väljer relevanta för en noggrann analys. Om något sticker ut utarbetas förslag till fortsatta åtgärder. Detta kan sedan leda till ändringar i anläggningen, i instruktionerna eller av organisationen.

God praxis:

- Agera systematiskt för att samla in, dokumentera och ta tillvara erfarenhet och utvecklingstrender.
- Följ med vad som händer internationellt och tillämpa erfarenheterna inom egen organisation.
- Alla har ett ansvar att föra observationer och erfarenheter vidare i organisationen.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

1.4 Beslutsfattande under drift

De flesta beslut som görs under drift baserar sig på i god tid uppgjorda planer. Under olika driftstörningar kan dock personalen på anläggningen ställas inför en ny situation där man kanske till och med är dåligt förberedd. Oberoende av driftläget är det dock viktigt att alla berörda har en god uppfattning om anläggningens driftläge och vad som behöver göras. Det betyder bland annat att alla är införstådda med sina uppgifter och genast meddelar om något ser konstigt ut. Det betyder också att det hela tiden ska finnas en beredskap att stoppa anläggningen om det uppstår tvivel på att den är driftklar. Det är viktigt att beslutsfattande sker på ett öppet sätt och att det finns utrymme för diskussion.

God praxis:

- Se till att det på alla nivåer i organisationen finns instruktioner som tar hand om både normal drift och störningar.
- Definiera villkoren som ska gälla för att anläggningen får startas upp på nytt efter ett snabbstopp.
- Diskutera händelser och annan drifterfarenhet med personer från drift, underhåll, tekniskt stöd och säkerhet.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

1.5 Lednings- och kvalitetssystem

Numera använder kärnkraftverken ledningssystem där organisation, säkerhetsaktiviteter samt styrning och ledning har integrerats. Detta system granskas också av myndigheten som då försäkras om att det är utformat på ett sätt som är beskrivet i myndighets- och internationella krav. I anslutning till ledningssystemet har man kontrollrums- och underhålls-instruktioner, de säkerhetstekniska föreskrifterna och de dokument som ingår i säkerhetsredovisningen. Ledningssystemet ger en beskrivning, av organisationen, anläggningen och instruktioner för alla arbeten såsom då också processer för årlig och strategisk planering.

God praxis:

- Skapa ett täckande ledningssystem. Se till att det är förstått, används och hålls uppdaterat.
- Se till att instruktioner och säkerhetsredovisningen uppdateras när ändringar görs i anläggningen och organisationen.
- Använd regelbundna auditeringar och granskningar för att säkerställa att ledningssystemet följs.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

1.6 Säkerhetsindikatorer

Ett talesätt är att; för att styra så måste man kunna mäta. Det betyder att man borde kunna göra en bedömning av säkerheten på ett sätt som inte bara ger en bild av förfluten tid, utan även i viss mån kan förutsäga hur framtiden kommer att se ut. Säkerhetsprestation är dock svår att mäta jämfört med exempelvis ekonomisk prestation. Säkerhet är dock viktigare än ekonomiska indikatorer, eftersom dålig säkerhet snabbt kan leda till att anläggningen måste stängas för alltid. Ansträngningar har gjorts för att hitta bra säkerhetsindikatorer som också inkluderar organisation, ledning och säkerhetskultur.

God praxis:

- Skapa indikatorer för säkerhet och ekonomi som följs i samband med årlig och strategisk planering.
- Ledningsgruppen håller sig underrättad om problem man ser på olika nivåer i organisationen.
- Man bör vara medveten om att det kan finnas problem som inte syns i indikatorerna.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

1.7 Mätningar av organisationsklimat

Mätningar av organisationsklimatet görs regelbundet i många organisationer. Sådana ger ledningen en möjlighet att få en ögonblicksbild av stämningar bland personalen. Sådana mätningar har fördelen att de når

alla och att de därför kan användas för att identifiera problem. Om de görs regelbundet så har man en möjlighet att bilda sig en uppfattning om trender. Om liknande mätningar används i andra organisationer kan man få en bild av hur den egna organisationen förhåller sig till andra.

God praxis:

- Välj ett lämpligt instrument för att följa upp hur organisationsklimatet uppfattas.
- Använd mätningarna med regelbundna intervall och dokumentera trender för alla delar av organisationen.
- Behandla resultaten från mätningarna öppet och reagera på sådant som sticker ut.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

1.8 Egenutvärderingar

Regelbundna egenutvärderingar är bra instrument för att bedöma hur en organisation presterar över tid. Genom de beroendeförhållanden i vilka prestationen uppstår, kan man genom egenutvärderingar få konkreta uppslag till förbättringar. Egenutvärderingar kan antingen göras mot en given norm eller så att man bildar en grupp av personer från en annan organisation med liknande ansvar. Den senare typen av egenutvärdering kallas ibland, beroende på hur den görs, på engelska för benchmarking eller peer review. Egenutvärderingar kan göras med regelbundna intervall eller då någon händelse har gjort det nödvändigt att hitta möjligheter till förbättringar.

God praxis:

- Skapa kriterier och metoder som kan användas för egenutvärderingar.
- Invitera grupper, sektioner och avdelningar att göra regelbundna egenutvärderingar.
- Skapa förväntningar och normer för hur man agerar i olika situationer.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

1.9 Säkerhetskommitté

Många kärnkraftverk har bildat en säkerhetskommitté. Sammansättning och hur den arbetar kan variera. Vanligtvis är det tänkt att kommittén ska vara ett stöd för den högsta chefen på anläggningen. Man brukar ofta se säkerhetskommittén i ett längre perspektiv så att beslut kan samlas som prejudikat för senare situationer.

God praxis:

- Bilda en säkerhetskommitté, som tar ställning i frågor som gäller säkerheten.
- Låt säkerhetskommittén ge regelbundna sammanställningar av säkerheten till kraftbolagets styrelse.
- Välj en person med kunskaper, integritet och status som ordförande för säkerhetskommittén.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

1.10 Organisationsstruktur

Organisationen beskrivs i ledningssystemet i form av befattningar med definierade ansvar och befogenheter. I kärnkraften arbetar man vanligen med en linjeorganisation där varje person har en chef hen rapporterar till. Denna struktur har ofta i tillägg projekt som lånar resurser från linjeorganisationen. Man kan också ha någon typ av matrisorganisation där vissa chefer får ansvar för en process. Processer kan då vara exempelvis anläggningsändringar, händelseanalys eller auditeringar. På senare tid har man på en del anläggningar utlokaliserat delar av verksamheten för att bättre i den egna organisationen kunna koncentrera sig på sin kärnverksamhet.

God praxis:

- Se till att det finns en förståelse av kraven på säkerhet på alla organisatoriska nivåer.
- Ge en utpekad person i ledningsgruppen uppgiften att följa säkerheten i dess bredaste bemärkelse.
- Försäkra er om att chefer ger sina medarbetare återkoppling i både gott och ont.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

1.11 Arbetsmetoder

På en anläggning får man hålla ordning på ett mycket stort antal arbetsmetoder och -verktyg. Många arbeten är dessutom sådana att de kanske utförs endast en gång om året eller ännu mera sällan. Många av dem är

säkerhetsrelaterade, åtminstone indirekt, på så sätt att en komponent som är viktig för säkerheten är beroende av att arbeten görs på ett riktigt sätt. I underhållsarbetet balanserar man mellan avhjälpan och förebyggande underhåll. Anläggningsändringar kan föra med sig svårigheter om de inte planeras och granskas i tillräcklig utsträckning innan de förs in på anläggningen.

God praxis:

- Använd auditeringar och granskningar som ett sätt att utveckla arbetsmetoder.
- Se till att det finns ett tillräckligt oberoende mellan dem som gör ett arbete och dem som granskar det.
- Var medveten om att organisationen ansvarar för leverantörers och underleverantörers arbeten som sitt eget.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

2 STRATEGIER, PLANER OCH ÅTGÄRDER INOM SÄKERHETSARBETET

LearnSafe samlade in nära 600 uttalanden om vad man anser vara de största utmaningarna för säkerheten från åtta kärnkraftverk i England, Finland, Spanien, Sverige och Tyskland. Här deltog dels anläggningarnas ledningsgrupper dels grupper av enhetschefer på funktionsnivå. Alla svarade på frågan vilka utmaningar man ser i driften över tid. Utsagorna analyserades med tillhjälp av en klusteranalys och totalt nio kluster identifierades (rubrikerna nedanför). De användes sedan för att i intervjuer identifiera hur man hanterar utmaningarna. God praxis nedanför baserar sig i sin tur på svaren som gavs.

2.1 Press på anläggningens ekonomi

En sund ekonomi är en förutsättning för att ett kärnkraftverk ska kunna drivas säkert. Ett kärnkraftverk som inte klarar av att producera el till det pris marknaden är villig att betala tvingas att stänga. Om den ekonomiska pressen blir för stor kan det hända att man börjar ta genvägar i aktiviteter som är viktiga för säkerheten. Avregleringen av elmarknaden i slutet av 1990-talet försatte flera anläggningar i en ekonomiskt svår situation. En del anläggningar använde sig av outsourcing för att spara och för att ge möjlighet åt den egna personalen att koncentrera sig på kärnverksamheten. Anpassningen till en kärvare ekonomisk situation ledde ibland till att kraven på besparingar gjorde att personalen uppfattade situationen som att man gav avkall på säkerheten.

God praxis:

- Skapa en kostnadsmedvetenhet hos hela personalen, så att man också förstår riskerna med säkerhetsbrister.
- Använd PSA-metoder för att skapa en känsla för hur system, komponenter och arbeten påverkar tillgängligheten.
- Använd scenarier för att identifiera olika händelser som kan påverka anläggningens ekonomi.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

2.2 Personaladministration (HRM)

Personaladministration eller Human Resource Management (HRM), är ett viktigt område för alla organisationer. För kärnkraftverken måste man kunna skapa en både bred och djup kompetens på ett stort antal teknikområden. Dessutom måste man ha kunskap i beteendevetenskap för att på ett bra sätt kunna hantera personal- och organisationsfrågor. Vissa positioner i verksamheten kan förutsätta en utbildningstid på tio år eller mera. För att kompetensen ska kunna upprätthållas måste kärnkraftverken ses som attraktiva arbetsplatser. All personal måste utöver sina egna kunskapsområden dessutom ha en god förståelse för säkerhetsarbetets vikt och innehåll.

God praxis:

- Identifiera de kunskaper och färdigheter som behövs för driva anläggningen och se till att de finns.
- Ta hand om nyanställda och ge dem utbildning och stöd. Använd karriärplanering.
- Var medveten om att kompetens tenderar att urholkas över tid.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

2.3 Kunskap och färdigheter

Kärnkraften byggdes ut mycket snabbt på 1970- och 1980-talen. Efter 2004 förekom en viss optimism, men den försvann efter Fukushima olyckan. Idag är det inte många anläggningar som byggs eller planeras. Detta har också gjort att intresset för branschen bland unga har minskat. Man kan också se att samhällets stöd för

kunskapsutveckling inom kärnkraften har minskat. Mot bakgrund av den utvecklingen har det blivit allt svårare att upprätthålla kompetensen på anläggningarna.

God praxis:

- Använd långtidskontrakt för leverantörer och konsulter för att skapa en situation där kompetensutveckling kan ske.
- Understöd F&U projekt i samarbete med universitet och högskolor för att locka nya förmågor till området.
- Sök samarbete med andra anläggningar för att hitta möjligheter till erfarenhetsutbyte och samarbete.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

2.4 Regler och bestämmelser

Kärnkraften är starkt reglerad både nationellt och internationellt. Trots att kärnkraften gått igenom en ökande internationalisering är det fortfarande skillnader i de nationella myndighetskraven. Visserligen har internationella organisationer såsom IAEA, OECD/NEA, WANO och WENRA åstadkommit en harmonisering av kravbilderna, men detta har i stället fört med sig att man på anläggningarna har ännu fler dokument att förhålla sig till. Man har också sedan 2004 tvingats ta ställning till nya säkerhetskrav som har tillkommit.

God praxis:

- Skapa en öppen kommunikation med myndigheten. Diskutera aktuella frågor i regelbundna möten.
- Ha en beredskap att utmana myndigheten i frågor där tvivel föreligger om en regel stödjer säkerheten.
- Understöd en harmonisering av nationella och internationella krav.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

2.5 Fokus och prioriteter

Fokus och prioriteter är instrument man använder för att styra verksamheten på kort och lång sikt. Detta kan man se till exempel när man måste svara på nya myndighetskrav, som för med sig ändringar i anläggningarna och organisationen. Hur man definierar fokus och prioriteter har stor betydelse för hur man fördelar resurser mellan olika funktioner och över tid. Området har också kopplingar till personal och kompetens. Man kanske måste börja med att anställa och utbilda innan man kan ta på sig nya utmaningar. Fokus och prioriteter måste kommuniceras på ett förståeligt sätt till personalen.

God praxis:

- Definiera fokus och prioriteter så att tillgängliga resurser ger en rimlig arbetsbelastning.
- Se till att fokus och prioriteter styrs av anläggningens säkerhet.
- Uppdatera instruktioner och dokumentering och se till att de är lätta att förstå och hitta

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

2.6 Åldring, moderniseringar och ny teknologi

Ett kärnkraftverk representerar en stor investering som det kan ta tiotals år att betala tillbaka. För att kunna använda anläggningen till fullo måste man hålla den i ett sådant skick att den kan drivas under sin tänkta drifttid. Om inte detta sköts på ett tillbörligt sätt kan det betyda att anläggningen måste stängas i förtid. Det kan också gå så att en tilltagande underhållsskuld får anläggningen i sådant skick att en uppryckning bedöms som alltför dyr. Nya myndighetskrav kan också kräva så stora moderniseringar på en gammal anläggning att den måste ställa av.

God praxis:

- Håll anläggningarna i gott skick. Kommunicera detta till hela personalen. Demonstrera strategin i handlingar.
- Engagera egen personal i uppdateringar och moderniseringar.
- Skapa en långtidsplan för hur säkerheten ska upprätthållas och uppdatera planen med jämna mellanrum

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

2.7 Allmänhetens förtroende

Kärnkraften är beroende av allmänhetens förtroende, vilket i sin tur stöds av öppenhet i all kommunikation. Det lokala samhället där anläggningen är placerad är en viktig intressent i verksamheten. Ledningen bör se till att regelbundna kontakter upprätthålls till lokala beslutsfattare och media.

God praxis:

- Skapa olika former av samarbete med lokala organisationer.
- Uppmuntra till besök i anläggningen och informationsbyggnaden.
- Se till att anläggningen själv är den första att informera om möjliga störningar i driften.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

2.8 Organisationsklimat och säkerhetskultur

Organisationsklimat och säkerhetskultur är viktiga komponenter som påverkar hur väl personalen gör sitt arbete. Om folk finner sitt arbete meningsfullt och intressant är de också engagerade. En organisation som upplevs som öppen och hjälpsam gör att det är lättare att arbeta. En ärlig och rättvis behandling av alla är en annan viktig komponent för ett gott organisationsklimat. Allt detta hjälper till med att skapa en god säkerhetskultur.

God praxis:

- Se till att ärlig och öppen kommunikation upprätthålls både horisontellt och vertikalt.
- Ge sektions- och gruppchefer stöd för att informera och handleda sina medarbetare.
- Använd regelbundna mätningar av organisationsklimatet. Ge återkoppling till sektions- och gruppchefer.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

3 ORGANISATORISKT LÄRANDE

Organisatoriskt lärande är en bärande princip som ingår i riktlinjer för säkerhet. Begreppet har varit ett objekt för en rik forskningsverksamhet. I LearnSafe projektet samlades uttalanden om karakteristika som beskriver lärande organisationer och vilka företeelser som stödjer eller hindrar organisatoriskt lärande. Totalt 900 uttalanden från olika grupperingar från kärnkraftverk i England, Finland, Spanien, Sverige och Tyskland samlades in och analyserades med hjälp av klusteranalys, vilket gav de elva rubrikerna nedanför. Från dessa uttalanden härleddes sedan god praxis. Materialet kan ses som ett sätt att ge idéer för hur man bör organisera sig för att bli en lärande organisation.

3.1 Mål, prioriteter och resurser

Inom detta kluster var den vanligaste kommentaren att brist på tid är ett hinder för att lära sig. Flera förde fram att problemet har att göra med oförmågan att välja när man ska anpassa begränsade resurser till en vald ambitionsnivå. Detta bör skötas genom att hålla all planering på en så realistisk nivå som möjligt. När man definierar mål för en kommande period eller för ett projekt måste man beakta behovet att först bygga upp nödvändiga resurser. I all enkelhet kan man säga att man bör vara noga med att planering och förberedelser sköts så att arbeten kan göras på ett effektivt sätt.

God praxis:

- Beskriv målsättningar och prioriteter på ett tydligt sätt och kommunicera dem inom organisationen.
- För regelbundna diskussioner om mål och medel på alla nivåer i organisationen.
- Uppmuntra till organisatoriskt lärande.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

3.2 Formella system och normer

Kärnkraften använder sig i stor utsträckning av formella system och normer för att styra det arbete som görs. På detta sätt kan man försäkra sig om att arbeten görs på ett konsistent sätt. Samtidigt beaktar man eventuella behov att ändra sina rutiner. Litteratur inom området styrning och ledning för ibland fram en oro att formella system och normer gör att man inte tar tillvara möjligheter för innovation. Detta kan motverkas med att man uppmuntrar kreativitet, men samtidigt poängterar att detta ska ske strukturerat. Detta har också att göra med det allmänna ifrågasättandet som ofta anförs som en komponent i god säkerhetskultur.

God praxis:

- Se till att folk förstår avsikten med och nyttan av de formella systemen.
- Sök möjligheter att utveckla och förenkla system och procedurer.
- Cirkulera folk mellan olika funktioner i organisationen.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

3.3 Attityder, föreställningar och orientering

Faktorer såsom attityder, föreställningar och orientering påverkar hur folk handlar i olika situationer. Det är knappast möjligt att använda mätningar inom detta område, men vissa frågor kan i alla fall komma fram i enkäter om organisationsklimat. Bland attityder och föreställningar är det viktigt hur man förhåller sig till säkerhet. Orientering har att göra med hur folk möter olika situationer. Viktigt är att man frågar om man inte vet och att man ställer upp om någon ber en. En orientering mot att göra arbetet tillsammans för bästa möjliga resultat är betecknande för en engagerad personal.

God praxis:

- Värdera och utveckla motivering, engagemang och säkerhetsmedvetenhet hos personalen.
- Ändringar i anläggning eller organisation ska föregås av tillräcklig information till alla berörda.
- Motverka självbelåtenhet och apati genom diskussioner, seminarier och kurser.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

3.4 Företagskultur och traditioner

Varje företag har en historia som påverkar hur folk ser på sina uppgifter. Organisations psykologer talar om att man i företag kan se hur kulturen påverkas av traditioner som växt fram över tid. Detta gäller också kärnkraftverk, i synnerhet om de redan har drivits en tid. Här kan både ledning och medarbetare samverka för att skapa en företagskultur som stödjer säkerhet och effektivitet. Viktigt är ett öppet kommunikationsklimat och en vilja till samarbete. Då kan man också reagera tidigt på problem innan de växer sig för stora.

God praxis:

- Uppmuntra folk att reagera på och berätta om sådant de ser och upplever.
- Var medveten om att en större organisationsförändring kan behöva tid för att sätta sig.
- Gör regelbundna kartläggningar av organisationskulturen och förmedla resultaten till alla organisatoriska enheter.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

3.5 Kommunikation, vägledning och utvecklingssamtal

Kärnkraftens säkerhetsarbete bygger på att människor med olika bakgrund kan göra sig förstådda för varandra. Detta betyder att var och en har en god uppfattning om vad en kollega inom ett annat område gör. En förutsättning är också att man förstår hur mål och medel bryts ner från ett uppdrag på anläggningsnivå till aktiviteter och arbeten på lägre nivåer. Detta betyder att man förstår och accepterar de krav som ställs på verksamheten. Var och en ska kunna få vägledning i det egna arbetet både från chefer och instruktioner, så att man får återkoppling på kvaliteten av det egna arbetet. Detta förutsätter aktiva insatser av ledningen för att söka förbättringar. Samtidigt ska de budskap som ledningen kommer med i olika situationer vara tydliga och förståeliga.

God praxis:

- Kommunikation ska fungera både vertikalt och horisontellt så att en stor del sker ansikte mot ansikte
- Se till att alla får personlig handledning och stöd inför kritiska uppgifter
- Använd utvecklingssamtal för att ge återkoppling till befattningshavare och medarbetare.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

3.6 Kontakt och fokus

Kontakt och fokus betyder att personer med ett definierat ansvarsområde ser till att de har kontakt med verkligheten och förstår vad som är viktigt i ett arbete eller en situation. Man kan säga att detta betyder att man både ska göra rätt arbete och göra arbetet på rätt sätt. Man ska också samtidigt kunna se både helhet och detaljer. Detta betyder både realism och en vilja att reagera om något ser ut att gå fel. Det betyder också att

man har en lojalitet mot tidigare beslut, så att man inte på egen hand bryter mot uppställda förväntningar. Om man lyckas bibehålla både kontakt och fokus, så bör det också finnas tid för reflektion.

God praxis:

- När nya initiativ tas, se då till att förväntningar och tillgängliga resurser är realistiska.
- Inför nya aktiviteter med en viss försiktighet, så att man i tid kan få en uppfattning om möjliga biverkningar.
- Skapa en vilja hos alla i organisationen att lära sig.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

3.7 Öppenhet och förtroende

Öppenhet och förtroende mellan medlemmar i en organisation är viktiga. Om folk litar på varandra betyder det att också svåra frågor kan lyftas upp för att dryftas och lösas. Öppenhet och förtroende kan också skapa en laganda som gör det möjligt att på ett konstruktivt sätt ifrågasätta gammal praxis. Ibland kan det till och med vara nödvändigt att ställa frågor för att lösa upp farliga situationer av grupptänkande. Här måste man förstå att också småsaker ibland kan vara viktiga.

God praxis:

- Skapa ett öppet kommunikationsklimat. Var noga med att kritik framförs på ett konstruktivt sätt.
- Var medveten om att förtroende tar lång tid att bygga upp, men att det lätt kan förstöras av obetänkta ord.
- Stöd ärlighet och rättvisa på alla nivåer i organisationen.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

3.8 Arbetsgemenskap

En väl fungerande arbetsgemenskap är en tillgång för varje organisation. Detta betyder i praktiken att var och en har en god uppfattning om hur eget arbete tjänar helheten. Det betyder också att det finns en enighet om vilka värden som behövs för att stödja organisationens uppdrag. Det också viktigt att ledare och chefer har en tillräcklig synlighet i organisationen. En god arbetsgemenskap karakteriseras av engagemang, motivation och uthållighet. Prestige bör däremot aldrig vara ett argument i interna diskussioner.

God praxis:

- Var medveten om att organisationsförändringar medför risk för att en fungerande arbetsgemenskap störs.
- Understöd behandlingen av viktiga frågor så att fördelar och nackdelar kan ses från olika synvinklar.
- Ge möjlighet åt arbetsgrupper att själva strukturera sitt arbete.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

3.9 Uppmuntran och belöningar

Uppmuntran och belöningar är viktiga komponenter för att upprätthålla motivation. En del kärnkraftverk har infört bonussystem för att höja motivationen. Detta kan vara stimulerande om det uttryckligen är ett sätt att dela ett gott resultat med personalen. Om det i stället sker så att enskilda personer eller grupper blir belönade framför andra, så kan bonussystemet verka söndrande. En uppmuntran från egna chefer upplevs alltid motiverande i synnerhet då de hänför sig till arbeten som gjorts på ett bra sätt. Folk som arbetar på kärnkraftverk ser ofta arbetet i sig själv som motiverande.

God praxis:

- Betala rättvisa löner.
- Uppmärksamma bra prestationer.
- Understöd initiativ och se till att de förs vidare. Ge återkoppling om vad initiativet ledde till.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

3.10 Metoder och medel

Arbetet på kärnkraftverken är i många avseenden speciella, vilket bland annat betyder att ett stort antal metoder och medel används för att säkerställa kvaliteten på arbetet. Här gäller i synnerhet hur interaktionen

mellan tekniska och organisatoriska frågor sköts. Man bör fortlöpande utvärdera ändamålsenligheten av metoder och medel. Det är också på sin plats att i kontakter med andra kärnkraftverk och leverantörer följa med vad som händer i branschen. Ett område att beakta är anläggningens säkerhetsredovisning som ska vara tillgänglig för konsultation. Här är det viktigt att förstå vilka krav som ställs och hur konstruktionen har tagit hand om dem.

God praxis:

- Säkerställ att nya initiativ tas om hand och granskas innan de införs.
- Gör en detaljerad avrapportering varje gång ett större arbete har slutförts.
- Se till att erfarenheter från drift och händelser tas om hand i förbättringar av metoder och medel.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

3.11 Nätverk och samarbete

Samarbete sker ofta i nätverk. Man kan söka svar på frågor i ett internt datanätverk eller på Internet, men kanske enklast och mest effektivt genom att fråga en kollega man känner. Anläggningens intressenter bildar nätverk som är viktigt i många avseenden. Hit hör andra kärnkraftverk, leverantörer, konsulter, forskningsinstitutioner, myndigheter, internationella organisationer, universitet och högskolor. En målsättning är att man säkrar att information når sin mottagare i rätt format och i rätt tid. Det är numera upp till envar att själv söka information som hen behöver, vilket då betyder att effektiva sökrutiner bör finnas.

God praxis:

- Skapa kontakter till olika intressenter.
- Finansiera samarbetsprojekt med forskningsinstitutioner, universitet och högskolor.
- Ge möjlighet åt personalen att delta i samarbetsgrupper, seminarier och konferenser.

Våra system inom detta område fungerar berömligt, utmärkt, bra, tillfredsställande.

Tack, nu har du kommit till slutet av vårt frågeformulär. I tillägg hoppas vi att du kan ta ställning till några mera generella frågor. Först skulle vi vara intresserade av hur du upplever de tre olika avsnitten i detta frågeformulär. Hur uppfattar du de tre synvinklarna på säkerhetsarbetet? Är indelningen i underavsnitt förståelig? Känns citerad god praxis relevant till det underavsnitt de hänförts?

- Skulle du vilja lägga till något bland rubrikerna i de tre avsnitten?
- Är det någon god praxis som ni har infört, men som inte verkar finnas med i avsnitten ovanför?
- Vad är viktiga aktiviteter i framtiden, som man borde följa på kärnkraftverken i ett längre perspektiv?

Referenser

Nedanför finns två olika listor av referenser. Den första listan refererar direkt till rapporter från LearnSafe projektet. Den andra listan ger referenser som citeras i texten. Största delen av dessa referenser är sådant som har tillkommit efter år 2004 trots att även några äldre referenser av mera allmänt intresse har tagits med. De flesta av referenserna kommer att göras tillgängliga för de anläggningar som deltagit i vårt projekt. Några av referenserna nedanför har dock ett mera historiskt intresse och betingar en kostnad av ca. 40 US\$/st. för dem som vill läsa dem

Referenser till LearnSafe rapporter¹¹

Carl Rollenhagen, Ulf Kahlbom (2001). Towards a method for the assessment of safety activities and their associated organizational context, LS5.pdf.

Björn Wahlström, Bernhard Wilpert, Carl Rollenhagen (2003). Reflections on the WANO peer review process, LS14.

S. Cox, B. Jones (2006). Behavioural safety and accident prevention: Short-Term 'Fad' or Sustainable 'Fix'?, LSa2.pdf.

Björn Wahlström (2004). Good practices for nuclear safety, LSd8.

¹¹ <https://www.bewas.fi//learnsafe.html>

Andra referenser

Graham T. Allison (1971). *Essence of decision; explaining the Cuban missile crisis*, Scott, Foresman and Company.

Mats Alvesson André Spicer (2012). A Stupidity-Based Theory of Organizations, *Journal of Management Studies* 49:7 November.

ANS (1986). *Advances in human factors in nuclear power systems*, Proceedings of the International Topical Meeting, Knoxville, April 21-24, 1986.

Antonsen, S., 2009A. Safety culture and the issue of power. *Safety Science*, 47, 183–191.

Stian Antonsen (2009B). Safety Culture Assessment: A Mission Impossible? *Journal of Contingencies and Crisis Management*, Volume 17, Number 4, December, 242-254.

Richard J. Arend, Y. Lisa Zhao, Michael Song, Subin Im (2015). Strategic Planning as a Complex and Enabling Managerial Tool, *Strategic Management Journal*, 38: 1741–1752.

W. Ross Ashby (1956): *An Introduction to Cybernetics*, Chapman & Hall

Terje Aven (2019). The cautionary principle in risk management: Foundation and practical use, *Reliability Engineering & System Safety*, 191, 106585.

Terje Aven, Ortwin Renn (2019): Some foundational issues related to risk governance and different types of risks, *Journal of Risk Research*, DOI: 10.1080/13669877.2019.1569099.

Catherine Belton (2020). *Putins krets, maktkampen om det moderna Ryssland*, Albert Bonniers Förlag.

Ambre Brizon, Jean-Luc Wybo (2009). The life cycle of weak signals related to safety, *Int. J. Emergency Management*, Vol. 6, No. 2.

Tiziana C. Callaria, Corinne Bieder, Barry Kirwan (2019). What is it like for a middle manager to take safety into account? Practices and challenges, *Safety Science*, 113, 19–29.

A. Carnino, G. Weimann, eds. (1995). *Proceedings of the International Topical Meeting on Safety Culture in Nuclear Installations*, 24-28 April, Vienna, Austria.

Fiona Charnley, Mark Lemon, Steve Evans (2011). Exploring the process of whole system design, *Design Studies*, 32, 156-179.

von Clausewitz, Carl (1991). *Om kriget*, Bonnier Fakta Bokförlag, Stockholm.

James Combs, Yongmei Liu, Angela Hall, David Ketchen (2006). How much do high-performance work practices matter? A meta-analysis of their effects on organizational performance, *Personnel Psychology*, 59, 501–528.

R.C. Conant, W.R. Ashby, (1970). Every good regulator of a system must be a model of that system, *Int. J. Systems Sci.*, 1, pp. 89-97.

Keyvan Davoudian, Jya-Syin Wu, George Apostolakis (1994). Incorporating organizational factors into risk assessment through the analysis of work processes, *Reliability Engineering & System Safety*, 45, 1–2, 1994, 85-105.

Sidney W.A. Dekker, Hugh Breakey (2016). 'Just culture:' Improving safety by achieving substantive, procedural and restorative justice, *Safety Science*, 85, 187–193.

Olivier L. de Weck, Daniel Roos, Christopher L. Magee (2016). *Engineering systems; meeting human needs in a complex technological world*, The MIT Press.

Thomas Donaldson, James P. Walsh (2015). Toward a theory of business, *Research in Organizational Behavior*, 35, 181–207.

Kees Dorst (2006). Design Problems and Design Paradoxes, *Design Issues*: 22, 3.

Linda Drupsteen, Frank W. Guldenmund (2014). What Is Learning? A Review of the Safety Literature to Define Learning from Incidents, Accidents and Disasters, *Journal of Contingencies and Crisis Management* Volume 22 Number 2 June.

Erik Mygind du Plessis, Bjarne Vandeskog (2020). Other stories of resilient safety management in the Norwegian offshore sector: Resilience engineering, bullshit and the de-politicization of danger, *Scandinavian Journal of Management*, 36, 101096.

Roger L. M. Dunbar, William H. Starbuck, (2006) Learning to Design Organizations and Learning from Designing Them. *Organization Science* 17(2):171-178.

Andrea D. Ellinger, Karen E. Watkins, Robert P. Bostro (1999). Managers as Facilitators of Learning in Learning Organizations, *Human Resource Development Quarterly*, vol. 10, no. 2, Summer.

Endsley M. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems, *Human Factors*, 37(1), 32-64.

Mica R. Endsley (2015A). Situation Awareness Misconceptions and Misunderstandings, *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, Volume 9, Number 1, March 2015, pp. 4-32.

Mica R. Endsley (2015B). Final Reflections: Situation Awareness Models and Measures, *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, Volume 9, Number 1, March 2015, pp. 101-111.

EPRI (1979). Human Factors Methods for Nuclear Control Room Design, NP-1118-SY.

Thomas Falk, Carl Rollenhagen, Björn Wahlström (2012). Challenges in performing technical safety reviews of modifications – A case study, *Safety Science*, 50, 1558-1568.

Mita Farcasiu, Mirela Nitoi (2015). The organizational factor in PSA framework, *Nuclear Engineering and Design*, 293, 205-211.

Moshe Farjoun and William H. Starbuck (2007). Organizing At and Beyond the Limits, *Organization Studies*, 28(04): 541-566.

Raymond Gallucci (2012). "What—Me Worry?" "Why So Serious?": A Personal View on the Fukushima Nuclear Reactor Accidents, *Risk Analysis*, Vol. 32, No. 9.

Marko Gerbec (2017). Safety change management – A new method for integrated management of organizational and technical changes, *Safety Science*, 100, 225-234.

Stephan Goericke (ed.) (2020). *The Future of Software Quality Assurance*, Springer Open.

Paul S. Goodman, Rangaraj Ramanujam, John S. Carroll, Amy C. Edmondson, David A. Hofmann, Kathleen M. Sutcliffe (2011). Organizational errors: Directions for future research, *Research in Organizational Behavior*, 31, 151-176.

Lindred L. Greer, Lisanne Van Bunderen, Siyu Yu (2017). The dysfunctions of power in teams: A review and emergent conflict perspective, *Research in Organizational Behavior* 37 103-124.

Gudela Grote (2012). Safety management in different high-risk domains – All the same? *Safety Science*, 50, 1983-1992.

Hall, R E, Fragola, J R, and Luckas, Jr, W J. (1981). NRC/BNL/IEEE standards workshop on human factors and nuclear safety. The man-machine interface and human reliability: an assessment and projection. United States: N. p., 1981. Web.

R. Himanen, A. Julin, K. Jänkälä, J.-E. Holmberg, R. Virolainen, Risk-informed regulation and safety management of nuclear power plants—on the prevention of severe accidents, *Risk Anal.* 32 (11) (2012) 1978-1993.

Michael A. Hitt, Kai Xu, Christina Matz Carnes (2016). Resource based theory in operations management research, *Journal of Operations Management*, 41, 77-94.

Geert Hofstede (1997). *Cultures and organizations; software of the mind – intercultural cooperation and its importance for survival*, McGraw-Hill.

Geert Hofstede, Gert Jan Hofstede, Michael Minkov (2010). *Cultures and organisations; software of the mind – intercultural cooperation and its importance for survival*, McGraw-Hill.

- Hollnagel, E., Woods, D.D., Leveson, N., 2006. Resilience Engineering; Concepts and Precepts. Ashgate.
- Erik Hollnagel (2009). The ETTO Principle: Efficiency-Thoroughness Trade-Off: Efficiency-Thoroughness Trade-Off: Why Things That Go Right, Sometimes Go Wrong, CRC Press.
- Hollnagel, E (2014). Safety-I and safety -II; the past and future of safety management. Ashgate.
- Mikael Holmqvist (2018). Handels; maktelitens skola, Atlantis.
- Robert E. Hoskisson, Francesco Chirico, Jinyong (Daniel) Zyung, Eni Gambeta (2017). Managerial Risk Taking: A Multitheoretical Review and Future Research Agenda, Journal of Management, Vol. 43 No. 1, 137–169.
- Chuck Hsiao, Michael Ruffino, Richard Malak, Irem Y. Tumer & Toni Doolen (2016). Discovering taxonomic structure in design archives with application to risk-mitigating actions in a large engineering organisation, Journal of Engineering Design, 27:1-3, 146-169.
- Xiaowen Hua, Tristan Casey, Mark Griffin (2020). You can have your cake and eat it too: Embracing paradox of safety as source of progress in safety science, Safety Science, 130, 104824.
- Adam Hulme, Neville A. Stanton, Guy H. Walker, Patrick Waterson, Paul M. Salmon (2019). What do applications of systems thinking accident analysis methods tell us about accident causation? A systematic review of applications between 1990 and 2018, Safety Science, 117 164–183.
- Samuel T. Hunter, Brian W. Tate, Jessica L. Dzieweczynski, Katrina E. Bedell-Avers (2011). Leaders make mistakes: A multilevel consideration of why, The Leadership Quarterly, 22, 239–258.
- IAEA (1991). Safety Culture: A report by the International Nuclear Safety Advisory Group, INSAG-4.
- IAEA (2003). Maintaining the design integrity of nuclear installations throughout their operating life, INSAG-19.
- IAEA (2011). Safety of Nuclear Power Plants: Commissioning and Operation, Specific Safety Requirements, No. SSR-2/2.
- IAEA (2013). Managing human performance to improve nuclear facility operation, IAEA Nuclear Energy Series No. NG-T-2.7.
- IAEA (2016). Safety of Nuclear Power Plants: Design, Specific Safety Requirements, No. SSR-2/1 (Rev. 1).
- Rick Jacobs, Sonja Haber (1994). Organizational processes and nuclear power plant safety, Reliability Engineering & System Safety, 45, 1–2, 75-83.
- Eleanor J. Harvey, Patrick Waterson, Andrew R.J. Dainty (2019). Applying HRO and resilience engineering to construction: Barriers and opportunities, Safety Science, 117, 523–533.
- Erik Hollnagel (2009). The ETTO Principle: Efficiency-Thoroughness Trade-Off: Why Things That Go Right Sometimes Go Wrong, Ashgate.
- Erik Hollnagel (2014). Safety-I and Safety-II, CRC Press.
- Prerna Jain, Ray Mentzer, M. Sam Mannan (2018). Resilience metrics for improved process-risk decision making: Survey, analysis and application, Safety Science, 108, 13–28.
- T. A. W. Jarratt, C. M. Eckert, N. H. M. Caldwell, P. J. Clarkson (2011). Engineering change: an overview and perspective on the literature, Res Eng Design, 22:103–124.
- Kahlbom, U. (2011). Säkerhetsvärdering av organisationsförändringar vid storskalig verksamhet, problem, utmaningar och förslag på lösning. Mälardalen University Press Dissertations No. 111.
- Kahneman, Daniel (2011). Thinking fast and slow, Allen Lane.
- Daniel Kahneman, Olivier Sibony, Cass R. Sunstein (2021). Noise, a flaw in human judgement, Hachette Book Group.
- Kinnersley, S., Roelen, A., 2007. The contribution of design to accidents. Safety Science, 45, 31–60.

- Sigal Kordova, Eyal Katz, Moti Frank (2019). Managing development projects—The partnership between project managers and systems engineers, *Systems Engineering*, 22: 227–242.
- Ravi S. Kudesia, Ting Lang, Jochen Reb (2020). How institutions enhance mindfulness: Interactions between external regulators and front-line operators around safety rules, *Safety Science*, 122, 104511.
- Miltos Kyriakidis, Vivek Kant, Sulfikar Amir, Vinh N. Dang (2018). Understanding human performance in sociotechnical systems – Steps towards a generic framework, *Safety Science*, 107 202–215.
- Todd R. LaPorte, Paula M. Consolini (1991). Working in Practice but Not in Theory: Theoretical Challenges of "High-Reliability Organizations", *Journal of Public Administration Research and Theory*, Vol. 1, No. 1., pp. 19-48.
- Todd R. LaPorte (1996). High reliability organizations: unlikely, demanding and at risk, *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 4, 2. 60-71.
- Gavin Lawrie, Ian Cobbold (2004). Third-generation balanced scorecard: evolution of an effective strategic control tool, *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 53 No. 7, 611-623.
- Le Coze, J.C., 2019. Vive la diversité! High Reliability Organisation (HRO) and Resilience Engineering (RE). *Saf. Sci.* 117, 469-478.
- Jean Christophe Le Coze (2019A). How safety culture can make us think, *Safety Science*, 118, 221–229.
- Jean Christophe Le Coze (2019B) Safety as strategy: Mistakes, failures and fiascos in high-risk systems, *Safety Science*, 116, 259–274.
- Nancy Leveson (2015). A systems approach to risk management through leading safety indicators, *Reliability Engineering and System Safety*, 136, 17–34.
- David Levovnik, Marko Gerbec (2018). Operational readiness for the integrated management of changes in the industrial organizations – Assessment approach and results, *Safety Science*, 107, 119–129.
- P. Lindhout, G. Reniers (2017). What about nudges in the process industry? Exploring a new safety management tool, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 50, 243–256.
- Igor Linkov, Daniel A. Eisenberg, Matthew E. Bates, Derek Chang, Matteo Convertino, Julia H. Allen, Stephen E. Flynn, Thomas P. Seager (2013). Measurable Resilience for Actionable Policy, *Environmental Science & Technology*, 47, 10108–10110.
- Igor Linkov, Cate Fox-Lent, Laura Read, Craig R. Allen, James C. Arnott, Emanuele Bellini, Jon Coaffee, Marie-Valentine Florin, Kirk Hatfield, Iain Hyde, William Hynes, Aleksandar Jovanovic, Roger Kasperson, John Katzenberger, Patrick W. Keys, James H. Lambert, Richard Moss, Peter S. Murdoch, Jose Palma-Oliveira, Roger S. Pulwarty, Dale Sands, Edward A. Thomas, Mari R. Tye, David Woods (2018). Tiered Approach to Resilience Assessment, *Risk Analysis*, 38(9):1772-1780.
- Daniel Levinthal, Claus Rerup, (2006) Crossing an Apparent Chasm: Bridging Mindful and Less-Mindful Perspectives on Organizational Learning. *Organization Science* 17(4): 502-513.
- Dane Lukic, Allison Littlejohn, Anoush Margaryan (2012). A framework for learning from incidents in the workplace, *Safety Science*, 50, 950–957.
- Lundberg, J., Rollenhagen, C., Hollnagel, E., 2009. What-You-Look-For-Is-What-You-Find – The consequences of underlying accident models in eight accident investigation manuals. *Saf. Sci.* 47, 1297–1311.
- Jonas Lundberg, Björn J. E. Johansson (2019), Resilience is not a silver bullet – Harnessing resilience as core values and resource contexts in a double adaptive process, *Reliability Engineering and System Safety*, 188, 110–117.
- Sigrun Lurås (2016). Systems Intertwined: A Systemic View on the Design Situation, *DesignIssues*: 32, 3.
- Lyytinen K, Mathiassen L, Ropponen J (1998). Attention shaping and software risk – a categorical analysis of four classical risk management approaches, *Information Systems Research*, Vol. 9, No. 3, September.
- Rodrigo Magalhaes 2018. Design Discourse for Organization Design: Foundations in Human-Centered Design, *Design Issues*: Volume 34, Number 3, Summer.

Benoit Mandelbrot (1977). *The fractal geometry of nature*, W. H. Freeman and Company.

James G. March, Zur Shapira (1987). *Managerial Perspectives on Risk and Risk Taking*, *Management Science*, Vol. 33, No. 11, pp. 1404-1418.

Vanessa McDermott, Jan Hayes (2018) *Risk shifting and disorganization in multi-tier contracting chains: The implications for public safety*, *Safety Science*, 106, 263–272.

Sascha Meng, Marcus Wiens, Frank Schultmann (2019). *Adversarial risks in the lab – An experimental study of framing-effects in attacker-defender games*, *Safety Science*, 120, 551–560.

Tanya Menon, Katherine W. Phillips, (2011) *Getting Even or Being at Odds? Cohesion in Even- and Odd-Sized Small Groups*, *Organization Science* 22(3):738-753.

Vibeke Milch, Karin Laumann (2016). *Interorganizational complexity and organizational accident risk: A literature review*, *Safety Science*, 82, 9–17.

Miller, G. A. (1956). *The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information*, *Psychological Review*, 63(2), 81–97.

Ronald K. Mitchell, Bradley R. Agle, Donna J. Wood (1997). *Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts*, *The Academy of Management Review*, Vol. 22, No. 4, pp. 853-886.

Zahra Mohaghegh, Ali Mosleh (2009A). *Incorporating organizational factors into probabilistic risk assessment of complex socio-technical systems: Principles and theoretical foundations*, *Safety Science*, 47, 1139–1158.

Zahra Mohaghegh, Ali Mosleh (2009B). *Measurement techniques for organizational safety causal models: Characterization and suggestions for enhancements*, *Safety Science*, 47, 1398–1409.

Raphael Moura, Michael Beer, Edoardo Patelli, John Lewis, Franz Knoll (2016). *Learning from major accidents to improve system design*, *Safety Science*, 84, 37–45.

Gilsa Pacheco Monteiro, Andrew Hopkins, Paulo Fernando Frutuoso e Melo (2020). *How do organizational structures impact operational safety? Part 1 – Understanding the dangers of decentralization*, *Safety Science*, 123, 104568.

Gilsa Pacheco Monteiro, Andrew Hopkins, Paulo Fernando Frutuoso e Melo (2020). *How do organizational structures impact operational safety? Part 2 – Designing structures that strengthen safety*, *Safety Science* 123, 104534.

Stephanie L. Morrow, G. Kenneth Koves, Valerie E. Barnes (2014). *Exploring the relationship between safety culture and safety performance in U.S. nuclear power operations*, *Safety Science*, 69, 37–47.

Marzia Mortati (2015). *A Framework for Design Innovation: Present and Future Discussions*, *DesignIssues: Volume 31, Number 4 Autumn*.

NAP (2018). *Thriving on Our Changing Planet; a decadal strategy for earth observation from space*, National Academy of Sciences, <https://doi.org/10.17226/24938>.

OECD/NEA, (2005). *Safety of modifications at nuclear power plants; the role of minor modifications and human and organisational factors*, NEA/CSNI/R(2005)10.

OECD/NEA (2018). *Säkerhetskultur i ett nationellt perspektiv: Sverige*, OECD/NEA No. 7445.

OECD/NEA (2019). *Country-Specific Safety Culture Forum Finland*, OECD/NEA No. 7488.

OECD/NEA (2019). *Multi-Stage Validation of Nuclear Power Plant Control Room Designs and Modifications*, No. 7466.

OECD/NEA (2020). *Unlocking Reductions in the Construction Costs of Nuclear: A Practical Guide for Stakeholders*, No. 7530.

OECD/NEA (2021). *Advanced nuclear reactor systems and future market needs*, No. 7566.

OECD/NEA (2022). *Meeting Climate Change Targets: The Role of Nuclear Energy*, No. 7628.

- OECD/NEA (2022). High-temperature gas-cooled reactors and industrial heat applications, No. 7629.
- ONR (2017). License condition handbook, Office for Nuclear Regulation.
- Donald A. Norman, Roberto Verganti (2014). Incremental and Radical Innovation: Design Research vs. Technology and Meaning Change, *DesignIssues: Volume 30, Number 1 Winter*.
- Pia Oedewald, Ann Britt Skjerve, Christer Axelsson, Kaupo Viitanen, Rossella Bisio (2015). Human performance tools in nuclear power plant maintenance activities, NKS-328.
- ONR (2017). Licence condition handbook, <http://www.onr.org.uk/documents/licence-condition-handbook.pdf>.
- Amy Y. Ou, David A. Waldman, Suzanne J. Peterson (2018). Do Humble CEOs Matter? An Examination of CEO Humility and Firm Outcomes, *Journal of Management*, Vol. 44 No. 3, 1147–1173.
- R. Patriarca, A. Falegnami, A. De Nicola, M.L. Villani, N. Paltrinieri (2019). Serious games for industrial safety: An approach for developing resilience early warning indicators, *Safety Science*, 118, 316–331.
- Justin Pence, Zahra Mohaghegh (2020). A Discourse on the Incorporation of Organizational Factors into Probabilistic Risk Assessment: Key Questions and Categorical Review, *Risk Analysis*, DOI: 10.1111/risa.13468.
- Michael J. Pennock, William B. Rouse (2016). The Epistemology of Enterprises, *Systems Engineering* Vol. 19, No. 1.
- Perrow Charles (1984). *Normal accidents; living with high-risk technologies*, Basic Books.
- Kenneth A. Pettersen, Paul R. Schulman (2019) Drift, adaptation, resilience and reliability: Toward an empirical clarification, *Safety Science*, 117, 460–468.
- Thomas Piketty (2013). *Capital in the Twenty-First Century*, The Belknap Press of Harvard University Press.
- Thomas Piketty (2020). *Kapitalet och ideologin*, Mondial.
- S. Plokhly (2021). *Nuclear Folly: A New History of the Cuban Missile Crisis*, W.W. Norton & Company, New York.
- David J. Provan, Sidney W.A. Dekker, Andrew J. Rae (2017). Bureaucracy, influence and beliefs: A literature review of the factors shaping the role of a safety professional, *Safety Science*, 98, 98–112.
- Rae, A. J., Provan, D. J., Weber, D. E., Dekker, S. W. A. (2018). Safety clutter: the accumulation and persistence of 'safety' work that does not contribute to operational safety, *Policy and Practice in Health and Safety*; 16(2), 194-211.
- Andrew John Rae, Rob D. Alexander (2017). Probative blindness and false assurance about safety, *Safety Science*, 92, 190–204.
- Andrew Rae, David Provan (2019). Safety work versus the safety of work, *Safety Science*, 111, 119-127.
- Cristian Raetzke, Michael Micklinghoff (2006). Existing nuclear power plants and new safety requirements; an international survey, Carl Heymanns Verlag.
- Joseph V. Rees (1994). *Hostages of each other, the transformation of nuclear safety since the Three Mile Island*, The University of Chicago Press.
- Zahra Rezvani, Patrick Hudson (2016). Breaking the clay layer: The role of middle management in the management of safety, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 44, 241-246.
- James Reason (1987). *Managing the Risks of Organizational Accidents*, Ashgate.
- J Reason (2004). Beyond the organisational accident: the need for "error wisdom" on the frontline, *Qual Saf Health Care*;13(Suppl II):ii28–ii33. doi: 10.1136/qshc.2003.009548.
- Hyman George Rickover (1983). An assessment of the gpu nuclear corporation organization and senior management and its competence to operate TMI-1, archives@dickinson.edu.
- Horst W. J. Rittel, Melvin M. Webber (1973). Dilemmas in a General Theory of Planning, *Policy Sciences* 4, 155-169.

Gene I. Rochlin, Todd R. La Porte, Karlene H. Roberts (1987). The Self-Designing High-Reliability Organization: Aircraft Carrier Flight Operations at Sea, *Naval War College Review*, Vol. 40, No 4, Art. 7.

Carl Rollenhagen, Björn Wahlström (2013). *Ledning av säkerhetskritiska organisationer: en introduktion*, Studentlitteratur AB.

Carl Rollenhagen (2020). From classical human factors toward a system view—experiences from the human factors nuclear field in Sweden, in *Human Factors in the Nuclear Industry a Systemic Approach to Safety*, Eds. Anna-Maria Teperi, Nadezhda Gotcheva, Woodhead Publishing Series in Energy.

Ruuska, I., Artto, K., Aaltonen, K., Lehtonen, P., (2009). Dimensions of distance in a project network: exploring Olkiluoto 3 nuclear power plant project. *Int. J. Project Manage.* 27, 142–153.

Ruuska, I., Ahola, T., Artto, K., Locatelli, G., Mancini, M., (2011). A new governance approach for multi-firm projects: lessons from Olkiluoto 3 and Flamanville 3 nuclear power plant projects. *Int. J. Project Manage.* 29, 647–660.

Scott D. Sagan (1993). *The limits of safety*, Princeton University Press.

Markus Schöbel, Inmaculada Silla, Anna-Maria Teperi, Robin Gustafsson, Antti Piiro, Carl Rollenhagen, Björn Wahlström (2022). Human and organizational factors in European nuclear safety: A fifty-year perspective on insights, implementations, and ways forward, *Energy Research & Social Science* 85 (2022) 102378.

Jan Fredrik Schønheyder, Kjetil Nordby (2018). The use and evolution of design methods in professional design practice, *Design Studies*, <https://doi.org/10.1016/j.destud.2018.04.001>.

Sagan, Scott D. (1993). *Limits of safety; organizations, accidents and nuclear weapons*, Princeton University Press.

Risto Siilasmaa (2019): *Transforming NOKIA: The Power of Paranoid Optimism to Lead Through Colossal Change*.

Luca Simeone (2019): Incompleteness and redundancy: organisational components of a design-enabled infrastructure to support coordinated action of multiple stakeholders, *CoDesign*, 15:4, 361-376,

Herbert A. Simon (1996) *The sciences of the artificial*, third edition, The MIT Press.

David G. Sirmon, Michael A. Hitt, Jean-Luc Arregle, Joanna Tochman Campbell (2010). The dynamic interplay of capability strengths and weaknesses: investigating the bases of temporary competitive advantage, *Strategic Management Journal*, Vol. 31, No. 13, pp. 1386-1409.

Mahmood Shafiee, Isaac Animah (2017). Life extension decision making of safety critical systems: An overview, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 47, 174-188.

P. Slovic (1987). Perception of risk, *Science*, 236 (17April), 280-285.

L.J. Sorensen N.A. Stanton (2013). Y is best: How Distributed Situational Awareness is mediated by organisational structure and correlated with task success, *Safety Science*, 56, 72–79.

Wendy K. Smith, Marianne W. Lewis (2011). Toward a theory of paradox: a dynamic equilibrium model of organizing, *The Academy of Management Review*, Vol. 36, No. 2, pp. 381-403.

Cheri Speier, Judith M. Whipple, David J. Closs, M. Douglas Voss (2011). Global supply chain design considerations: Mitigating product safety and security risks, *Journal of Operations Management*, 29, 721–736.

Noel Sproles (2002). Formulating Measures of Effectiveness, *Systems Engineering*, Vol. 5, No. 4.

Starr, C., 1969. Social benefit versus technological risk. *Science* 165, 1232–1238.

W.M.P. Steijn, J.N. Van Kampen, D. Van der Beek, J. Groeneweg, P.H.A.J.M. Van Gelder (2020). Bayesian Belief Networks towards developing a 'QRA+', *Safety Science*, 122, 104514.

Eric Stemn, Carmel Bofinger, David Cliff, Maureen E. Hassall (2018). Failure to learn from safety incidents: Status, challenges and opportunities, *Safety Science*, 101, 313–325.

STUK (2006). Management of safety requirements in subcontracting during the Olkiluoto 3 nuclear power plant construction phase, Investigation Report 1/06, Translation 1.9.2006.

Paul Swuste, Jos Theunissen, Peter Schmitz, Genserik Reniers, Peter Blokland (2016). Process safety indicators, a review of literature, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 40, 162-173.

Paul Swuste, Jop Groeneweg, Coen van Gulijk, Walter Zwaard, Saul Lemkowitz (2018). Safety management systems from Three Mile Island to Piper Alpha, a review in English and Dutch literature for the period 1979 to 1988, *Safety Science*, 107, 224-244.

Zoe Szajnarfarber, Erica Gralla (2017). Qualitative methods for engineering systems: Why we need them and how to use them, *System Engineering*, 20: 497-511.

Taylor, J.R., 2007. Statistics of design errors in the process industries. *Saf. Sci.* 45, 61-73.

Teperi, A.M., Puro, V., Ratilainen, H., 2017. Applying a new human factor tool in the nuclear energy industry. *Saf. Sci.* 95, 125-139.

Anna-Maria Teperi, Björn Wahlström, Robin Gustafsson (2019). Human and Organisational Factors in Perspective, *Nuclear Science and Technology Symposium - SYP2019*, Helsinki, Finland.

Anna-Maria Teperi, Björn Wahlström (2022). Human and Organizational Factors in Nuclear Safety, 27 – 29 September 2022.

René Thom (1975). *Structural stability and morphogenesis*, W. A. Benjamin, Inc.

Juha Törmänen (2021). *Systems Intelligence – Measurement and Modelling*, Aalto University publication series, Doctoral Dissertations 105/2021.

Mary Uhl-Bien, Russ Marion, Bill McKelvey (2007). Complexity Leadership Theory: Shifting leadership from the industrial age to the knowledge era, *The Leadership Quarterly* 18 298-318.

Bruno Verweijen, Kristina Lauche (2019). How many blowouts does it take to learn the lessons? An institutional perspective on disaster development, *Safety Science*, 111, 111-118.

Geert Vierendeels, Genserik Reniers, Karolien van Nunen, Koen Ponnet (2018). An integrative conceptual framework for safety culture: The Egg Aggregated Model (TEAM) of safety culture, *Safety Science*, 103, 323-339.

Björn Wahlström, Jaques Leplat, Göran Olsson, Terje Sten, Giel Versteeg (1988). COST-A1 Project "Systems of Sociotechnologies and Industrial Safety.

Björn Wahlström, Jari Kettunen, Teemu Reiman, Bernhard Wilpert, Hans Maimer, Juliane Jung, Sue Cox, Bethan Jones, Rosario Sola, José M. Prieto, Rosario Martinez Arias, Carl Rollenhagen (2005). *Learning organisations for nuclear safety*, VTT Technical Research Centre of Finland, VTT Research Notes 2287.

Wahlström B (2007). Reflections on regulatory oversight of nuclear power plants, *Int. J. Nuclear Law*, Vol. 1, No. 4, 2007.

Wahlström B, Rollenhagen C (2009). Assessments of safety culture – to measure or not? presented at the 14th European Congress of Work and Organizational Psychology May 13-16, Santiago de Compostela, Spain.

Wahlström B (2018a). Safety automation, in Niklas Möller, Sven Ove Hansson, Jan-Erik Holmberg, Carl Rollenhagen, eds. (2018). *Handbook of Safety Principles*, John Wiley & Sons, Inc.

Wahlström Björn (2018b) Systemic thinking in support of safety management in nuclear power plants, *Safety Science*, 109, 201-218.

Wahlström Björn (2020). Human factors in nuclear power; reflections on 50 years of development in Finland, in *Human Factors in the Nuclear Industry a Systemic Approach to Safety*, Eds. Anna-Maria Teperi, Nadezhda Gotcheva, Woodhead Publishing Series in Energy.

Wahlström Björn (2021a). Systems engineering for nuclear I&C, IAEA Technical Meeting on Adoption of Systems Engineering Principles for Nuclear Power Plant Instrumentation and Control, 23-26 March.

Wahlström Björn (2021b). Challenges in licensing safety automation, Paper presented at the 29th Annual Conference of the Society of Risk Analysis - Europe in Espoo, Finland, June 13-16.

M. Mitchell Waldrop (1992). Complexity; the emerging science at the edge of order and chaos, Touchstone.

Sarah J. Ward, Laura A. King (2017). Work and the good life: How work contributes to meaning in life, *Research in Organizational Behavior*, 37, 59–82.

Alan Waring (2019). The five pillars of occupational safety & health in a context of authoritarian socio-political climates, *Safety Science*, 117, 152–163.

David E. Weber, Sean C. MacGregor, David J. Provan, Andrew Rae (2018). “We can stop work, but then nothing gets done.” Factors that support and hinder a workforce to discontinue work for safety, *Safety Science*, 108, 149–160.

Karl E. Weick, Kathleen M. Sutcliffe, David Obstfeld Organizing for High Reliability: Processes of Collective Mindfulness, in R.S. Sutton and B.M. Staw (eds), *Research in Organizational Behavior*, Volume 1 (Stanford: Jai Press, 1999), pp. 81–123.

Varuni Wimalasiri, Nick Beesley, Alistair Cheyne, Kevin Daniels (2010). Social construction of the aetiology of designer error in the UK oil and gas industry: a stakeholder perspective, *Journal of Engineering Design*, 21, 1, 49–73.

Carola Wolf, Steven W. Floyd (2017). Strategic Planning Research: Toward a Theory-Driven Agenda, *Journal of Management*, Vol. 43, No. 6, 1754-1788.

Stephen A. Young, Jennifer Blitvich (2018). Safety in hard times – A qualitative analysis of safety concerns in two industrial plants under financial duress, *Safety Science*, 102, 118–124.

Patrick L. Yorio, Jason Edwards, Dick Hoeneveld (2019). Safety culture across cultures, *Safety Science*, 120, 402–410.

Yaila Zotzmann, Dimitri van der Linden, Knut Wyrwa (2019). The relation between country differences, cultural values, personality dimensions, and error orientation: An approach across three continents – Asia, Europe, and North America, *Safety Science*, 120, 185–193.

Förkortningar

HF	Human Factors
HOF	Human and Organisational Factors
HRO	High Reliability Organisations (Rochlin et al. 1987)
HSE	Health and Safety Executive
MTO	Människa – Teknik – Organisation
NO	Normal Accidents (Perrow, 1984)
OF	Organisational Factors
SSM	StrålsäkerhetsMyndigheten (kärnkraftmyndigheten i Sverige)
STUK	SäteilyTURvaKeskus (kärnkraftmyndigheten i Finland)

Tabell 1. Antalet referenser till rapporter skrivna i LearnSafe-projektet. Resultaten har erhållits från Google Scholar.

LS#	titel	referenser
LSa1	Behavioural approaches to safety management within UK reactor plants	147
LSa2	BEHAVIOURAL SAFETY AND ACCIDENT PREVENTION Short-Term 'Fad' or Sustainable 'Fix'?	47
LSa3	Safety management challenges and tensions in the European nuclear power industry	58
LSa4	Reflections on regulatory oversight of nuclear power plants	16
LSa5	Organisational learning – Reflections from the nuclear industry	53
LSa6	Safety management – A multi-level control problem	78
LSb1	CHALLENGES IN THE NUCLEAR INDUSTRY: PERSPECTIVES FROM SENIOR MANAGERS AND SAFETY EXPERTS	8
LSb2	QUALITY SYSTEMS: SUPPORT OR HINDRANCE FOR LEARNING	0
LSb3	Analysis of Challenges to Nuclear Power Plant Safety Management: Finland, Sweden, and the European context	3
LSc1	Towards a method for the assessment of safety activities and their associated organizational context	4
LSc2	Challenges in the nuclear industry as seen by senior managers and safety experts	4
LSc3	Learning Organizations for Nuclear Safety	11
LSc4	The MTO Concept and Organisational Learning at Forsmark NPP, Sweden	12
LSc5	'LEARNSAFE' LEARNING ORGANISATIONS FOR NUCLEAR SAFETY	11
LSc6	Learning organisations for nuclear safety (LearnSafe)	2
LSc7	Assessing Employee Attitudes towards Behavioural Approaches to Safety Management within UK Reactor Plants	11
LSc8	ISSUES OF SAFETY CULTURE; REFLECTIONS FROM THE LEARNSAFE PROJECT	12
LSd8	GOOD PRACTICES FOR NUCLEAR SAFETY	0
T2067	Organisational factors their definition and influence on nuclear safety	5
T2287	LearnSafe Learning organisations for nuclear safety	16