



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Författare: Anna Nordling
Göran Håkansson

Forskning 2012:16

El och kontrollutrustning
i kärnkraftverk

Problematik vid utbyte av åldrad utrustning

SSM perspective

Bakgrund

I Sverige gäller tillstånden för drift av kärnkraftverk utan tidsbegränsning. Strategin för att anläggningarna ska kunna drivas på ett säkert sätt bygger på föreskriftskrav där tillståndshavarna kontinuerligt ska arbeta med åldringsprogram och att en samlad analys och en återkommande helhetsbedömning av anläggningens säkerhet ska göras minst vart tionde år. Flera av de svenska kärnkraftverken börjar närma sig 40 års ålder, vilket i regel är den tid som anläggningarnas ursprungligen konstruerades för.

Under 2010 genomfördes en utredning inom SSM angående tillsyn och förutsättningar för långa drifttider av åldrande kärnkraftverk. I denna ingick som delmängd, en belysning av dessa frågor som berör el- och kontrollutrustning. Under samma år fick SSM ett regeringsuppdrag om att utreda frågor runt den långsiktiga säkerhetsutvecklingen i den svenska kärnkraften.

I SSM rapporten från 2010 framkom att, en fråga som borde utredas djupare var vad som sker när åldrad el- eller kontrollutrustning måste bytas mot ny. I begreppet kontrollutrustning inbegrips här även instrumenteringsutrustning. Ny utrustning bygger ofta på annan teknik, kan uppföra sig på annat sätt i onormala situationer än den ursprungliga utrustningen eller så har kunskap om den nya utrustningen inte fullt ut nått användaren. Forsmarkhändelsen 2006 visade exempel på detta, bl.a. för nya generatorskydd eller ny utrustning för avbrottsfri elkraft till säkerhetssystemen.

Syfte

Föreliggande rapport omfattar en studie som försöker ge en djupare belysning och svar på frågeställningar vad som sker i samband med att åldrad utrustning ger behov av ny utrustning med ny eller annorlunda teknik.

Frågor att belysa är t.ex.

- Samfunktion mellan gammal och ny utrustning exempelvis kompatibilitetsproblem
- Aspekter på teknisk gränsyteproblematik, t.ex. vad för det med sig när det finns olikheter mellan gammal och ny utrustning
- Avsaknad av lämplig kompetens eller kunskapsglapp så att en korrekt och komplett kravspecifikation kan tas fram med beaktande av gammal och ny teknik
- Hur eventuellt nya felmoder i ny utrustning påverkar säkerhetsfunktioner
- Eventuellt förändrad robusthet i förhållande till grundkonstruktionen

Studien omfattar elförsörjnings- och kontrollutrustning inklusive instrumenteringsutrustning (I&C) som har betydelse för säkerheten.

Resultat

Studien visar på ett flertal områden som bör beaktas både hos tillståndshavarna och för framtida tillsynsstrategier för SSM. Flera av områdena har betydelse för säkerheten. Till exempel så framgår att konstruktionsprocessens efterlevnad och genomförande är mycket viktig för säkerheten. Genom att el- och kontrollutrustningen förändras och även blir mer komplex samt att personalen som kan de äldre systemen åldras och pensioneras, försvåras konstruktionsarbetet.

Här kan det finnas grund att undersöka om förändrade konstruktions- och verifieringsprocesser säkerställer hög säkerhet för de nya allt mer komplexa och programvaruberoende el- och kontrollsystemen. Likaledes kan tillsynsstrategin behöva ses över för denna typ av utrustning.

Ett annat resultat som framkommer är ytterligare belägg för hur viktigt det är med väl genomtänkta och tillämpade kunskapsöverföringsprogram. Avsaknad av lämplig kunskap och kompetens påverkar direkt förmågan att ta fram en korrekt och komplett kravspecifikation, inklusive specifikation för verifierande provning, för ny utrustning som ska ersätta åldrad utrustning.

Behov av ytterligare forskning

Studien påvisar ett behov av att studera nya och andra metoder avseende konstruktions- och verifieringsprocesser. En utgångspunkt skulle med fördel vara andra högsäkerhetsbranscher där teknikutvecklingen, inklusive mer datorisering, har varit mer kontinuerlig över tiden jämfört med de mer sällan förekommande moderniseringsprogrammen inom svensk kärnkraft. Även hur sådana metoder skulle kunna anpassas till kärnkraftindustrin bör ingå som en del av en sådan studie.

Ett annat område som skulle vara intressant för ytterligare studier är hur kunskapsöverföringen säkerställs inom området el- och kontrollutrustning i andra länder eller inom andra branscher i Sverige.

Projekt information

Kontaktperson SSM: Fritz Maier
Referens: SSM 2011-2254



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Författare: Anna Nordling och Göran Håkansson
ÅF-INDUSTRY AB

2012:16

El och kontrollutrustning
i kärnkraftverk

Problematik vid utbyte av åldrad utrustning

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

Innehåll

Sammanfattning	3
1. Inledning	5
1.1. Uppdragsbeskrivning.....	5
1.2. Upplägg av arbete.....	6
1.2.1. ÅF's projektteam.....	6
1.2.2. Intervjuer.....	7
1.2.3. Intervjuunderlag.....	7
2. Bakgrund	11
2.1. Kärnkraftindustrin.....	11
2.2. Säkerhetsklassning.....	12
2.3. Utrustning.....	13
2.4. Åldringsmekanismer.....	13
2.5. Utfasning (Obsolescens).....	13
2.6. Åldrande personal.....	14
3. Hantering vid utbyte av utrustning	15
3.1. Faktorer viktiga att ta hänsyn till vid utbyte av utrustning.....	15
3.2. Resultatsammanställning från intervjuerna.....	16
3.2.1. Kärnkraftverkens organisation.....	16
3.2.2. Arbetsprocess vid utbyte av åldrad utrustning.....	17
3.2.3. Kunskapsöverföring.....	18
3.2.4. Externa konsulter.....	20
3.2.5. Leverantörer av utrustning.....	20
3.2.6. Ursprunglig dokumentation.....	21
3.2.7. Reservdelshantering.....	21
3.2.8. Samfunktion och kompatibilitetsproblem.....	21
3.2.9. Gränsyteproblematik (interface).....	23
3.2.10. Felmoder.....	24
3.2.11. Robusthet.....	25
4. Erfarenheter från annan industri	27
4.1. Erfarenheter från tågindustri.....	27
5. Omvärld	29
6. Slutsatser	33
7. Förslag till fortsatt arbete	37
8. Referenser	39
Bilaga 1 – Standarder	41
Bilaga 2 – Organisationsschema Ringhals Kärnkraftverk	43
Bilaga 3 – Organisationsschema Forsmark Kärnkraftverk	57
Bilaga 4 – Organisationsschema Oskarshamn Kärnkraftverk	63

Figurer

Figur 1	Principiell organisation på de svenska kärnkraftverken.....	16
Figur 2	Procedur för klassificering av projekt	17
Figur 3	Kunskapsfördelning.....	19
Figur 4	Faktorer som påverkar utbyte av utrustning	33

Tabeller

Tabell 1	Säkerhetskategorisering av viktig utrustning på kärnkraftverk 12	
Tabell 2	Kategorisering av obsolete material.....	14

Sammanfattning

ÅF erhöll i juni 2011 ett forskningsuppdrag att analysera problematik i samband med utbyte av åldrad el- och kontrollutrustning (I&C) som har betydelse för säkerheten.

Majoriteten av informationsinsamlingen bygger på intervjuer från samtliga svenska kärnkraftverk men också intervjuer inom ÅF med konsulter som arbetar på de svenska kärnkraftverken. Under intervjuerna framkom bl.a. följande:

Samfunktionen mellan olika system är mer komplicerad när gammal och ny teknik möts, som till exempel mellan analog och digital teknik. Ny el- och I&C- utrustning väljs med beaktandet att förenkla samfunktionen och förbättra kompabiliteten.

Den ursprungliga konstruktionen av kärnkraftverkens el och I&C utrustning hade mer naturliga gränssytor. Generellt upplevs vägledningen till hanteringen av samfunktion och gränssytor inom el och I&C som något otillräcklig.

Kompetensöverföringsprogram identifieras som ett stort behov från teknikavdelningarna då fler och fler viktiga resurser går i pension och viktig information försvinner med dem. Avsaknad av lämplig kompetens påverkar direkt förmågan att ta fram en korrekt och komplett kravspecifikation.

Felmoder i ny el och I&C utrustning upplevs som mer komplex än i äldre utrustning. Vid val av utrustning försöker man att minimera onödiga funktioner för att minska antalet potentiella felmoder.

Det saknas en samstämmig förståelse för vad robusthet innebär inom el och I&C inom kärnkraftverkens teknikavdelningar. Den samlade bilden är dock att robustheten har försämrats sedan anläggningarna byggdes.

De svenska kärnkraftverken har en intern organisationsstruktur med en beställar- och en stödorganisation (interna konsulter) där blocken köper tjänster av teknikavdelningen. Detta delar upp kärnkraftsorganisationen i två distinkta delar vilket riskerar att separera de olika två enheternas fokus.

Teknikavdelningarna på de svenska kärnkraftverken uttrycker ett behov av ökad kompetens inom beställarorganisationen (blocken). Kompetensen som efterfrågas är t.ex. systemkunskap som skall underlätta och höja kvaliteten på den inledande analysen som utförs på blocken.

Leverantörer får på senare tid större helhetsåtaganden, dels för att minimera kostnader men också för att minimera gränssytor och samfunktionsproblematik. Detta ställer dock högre krav på kunskapsöverföringen mellan leverantörer och anläggning eftersom anläggningspersonalen även efter leverantörens åtagande måste vara insatt i hur de nya komponenterna och systemen fungerar.

En del av detta är att högre krav bör ställas på leverantörer avseende den dokumentation verken behöver samt kunskap om nya felmoder och skyddsfunktioner i ny utrustning. Samarbete mellan kärnkraftverken där inköp i större grad koordineras, sker i allt större utsträckning, och detta ger verken större möjlighet till att ställa högre krav på leverantörerna.

Gränsen mellan de tre olika typerna av projekt; underhållsarbete, komponentersättning och anläggningsarbete är inte tydligt definierad och teknikavdelningarna bör få mer att säga till om i klassificeringsarbetet. Denna problematik är också sammanlänkad med den kompetens som efterfrågas i beställarorganisationen.

Vid klassificeringen av änderingsprojekt upplevs det att beställarfunktionen (blocken) ibland tenderar att inte klassificera en utbytesändring som anläggningsändring, fast det av teknikorganisationen uppfattas som att det är mest relevant. Detta kan medföra ökade risker vid mer komplicerade byten som el- och I&C, då konstruktionsarbetet och granskningsprocessen inte är lika omfattande vid komponentersättningsprojekt.

Sammantaget kan konstateras att flera av de problem som beskrivits i denna rapport kan öka riskerna och utmana säkerheten i olika grad. Konstruktionsprocessens efterlevnad och omfattning är mycket viktig för säkerheten och tillgängligheten av kärnkraftverken. Detta leder till att högre krav bör ställas på remisshantering och säkerhetsgranskning.

1. Inledning

Mellan 1975 och 1985 började kärnkraftsindustrin uppmärksamma åldring av strukturer, system och komponenter som är viktiga för anläggnings säkerheten i kärnkraftverk. 1985 började IAEA arbeta med säkerhetsaspekter för åldring i kärnkraftsanläggningar och har sedan dess drivit många åldringsprogram för att utbyta tekniska och praktiska erfarenheter och erfarenheter från forskning.

Kärnkraftverken i Sverige har genomgått stora förändringar sedan de först konstruerades i slutet på 1970- och i början på 1980-talet. Bland annat säkerhetshöjande åtgärder, effekthöjningar, teknikskiften och fysisk åldring av utrustning har gjort att många komponenter bytts ut inte bara en gång utan flera. System har även byggts om och modifierats för att anpassas till den teknikutveckling och kompetensutveckling som skett.

Dessa förändringar är inget unikt svenskt problem utan förekommer världen över där kärnkraftverk finns. Ändringarna medför dock problematik och ställer höga krav på anläggningarnas rutiner i form av kvalitetsgranskning och konstruktionsprocesser etc.

Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) erhöll 2010 ett regeringsuppdrag vilket gick ut på att utreda ett flertal frågeställningar avseende den långsiktiga säkerhetsutvecklingen inom den svenska kärnkraften. Detta uppdrag har resulterat i ett GD uppdrag till avdelningen för kärnkraftsäkerhet vilket innehåller tre olika delutredningar.

1.1. Uppdragsbeskrivning

Föreliggande studie är en del av ovan nämnda utredningar och behandlar frågeställningar som uppstår i samband med att åldrad utrustning ger behov av ny utrustning med ny eller annorlunda teknik, inom området el- och kontrollutrustning (I&C).

Frågeställningar från SSM

De frågeställningar som har legat till grund för uppdraget sammanfattas nedan.

- Samfunktion mellan gammal och ny utrustning, exempelvis kompatibilitetsproblem
- Aspekter på gränsytteproblematik, t.ex. vad olikheter mellan gammal och ny utrustning för med sig
- Påverkan p.g.a. avsaknad av lämplig kompetens eller kunskapsglapp, så att korrekt och komplett kravspecifikation kan tas fram med beaktande av gammal och ny teknik
- Hur eventuellt nya felmoder i ny utrustning påverkar säkerhetsfunktioner
- Eventuellt förändrad robusthet i förhållande till grundkonstruktionen

Uppdraget omfattar el- och kontrollutrustning inklusive instrumenteringsutrustning (I&C) som har betydelse för säkerheten vid de svenska kärnkraftverken. Detta är normalt utrustning som tillhör funktionsklass 1E enligt IEEE 603 och 308 eller klass A och delvis klass B enligt IEC 61226.

1.2. Upplägg av arbete

Det principiella upplägget av uppdraget illustreras av figuren nedan.

Steg 1 - Workshop	Experter inom el och I & C tar fram intervjuunderlag. Detta granskas av en intern remissgrupp.
Steg 2 - Inervjuer	Intervjuer genomförs på samtliga kärnkraftverk. Intervjuresultatet delges remissgruppen för kommentarer.
Steg 3 - Sammanställning	Material från inledande workshop och intervjuresultat sammanställs i en slutrapport

Uppdraget startade med en workshop där experter inom el- och I&C- området deltog för att bidra till utformning av uppdragets inriktning. Syftet med workshopen var också att ta fram intervjuunderlag för intervjuer på kärnkraftverken. Intervjuunderlaget som togs fram baseras på SSMs grundläggande frågeställningar samt har expanderats och brutits ner till frågor. Bland annat diskuterades organisatoriska frågeställningar och att dessa i allra högst grad påverkar hanteringen av åldringsproblematik.

Utöver det skriftliga intervjuunderlaget framkom även kompletterande information under intervjuerna som också inkluderas i resultatredovisningen (se vidare kapitel 3). Intervjuunderlaget omfattar även identifiering av vilken typ av personal (arbetsuppgift, ansvar och erfarenhet etc.) som skall intervjuas på kärnkraftverken. Intervjuunderlaget som togs fram presenteras i avsnitt 1.2.3 nedan.

Majoriteten av informationsinsamlingen i uppdraget bygger på intervjuer från samtliga svenska kärnkraftverk, men också intervjuer inom ÅF med konsulter som arbetar på de svenska kärnkraftverken. Intervjuer har även hållits med representanter inom ÅF som har erfarenheter från tågindustrin för att få ett jämförande exempel.

1.2.1. ÅF's projektteam

Projektgruppen från ÅF bestod av följande personer:

Projektledare	Anna Nordling	
Projektgrupp	Göran Håkansson Tommy Magnusson Sten Grahn Christer Ring	Anna Dovallius Kristoffer Svedin Ronny Jönsson
Remissgrupp	Anders Bengtson Johan Sjöstrand Uno Lindskog	Lars Eriksson Lars Dahlström
Kvalitetssäkring	Lars Eriksson	Lars Dahlström

1.2.2. Intervjuer

Uppdraget utfördes genom att intervjuer genomfördes på Forsmarks kärnkraftverk, Ringhals kärnkraftverk och Oskarshamns kärnkraftverk. Fyra till fem personer intervjuades på varje kärnkraftverk med olika position och kompetens. Följande områdespositioner efterfrågades för intervju på kärnkraftverken:

Efterfrågad kompetens	Intervjuformat
<i>Någon från konstruktionsavdelningen som har underhålls- farenhet eller personal från underhållsavdelningen</i>	På plats
<i>Konstruktör, utredningsingenjör</i>	På plats
<i>Konstruktionsledare/Gruppchef</i>	På plats
<i>Säkerhetsavdelningen</i>	Per telefon
<i>Sektions- eller avdelningschef</i>	Per telefon

Intervjuerna utfördes av uppdragsledare Anna Nordling, ÅF samt el och I&C expert Göran Håkansson, ÅF.

1.2.3. Intervjuunderlag

Följande material sändes ut innan intervjuerna till kärnkraftverken och användes sedan under intervjuerna.

Utöver dessa frågor diskuterades även reservdelshantering, organisation, klassificering av projekt, andelen konsulter, kontakt med leverantörer etc. som påverkar projektets grundläggande frågeställningar.

Bakgrund

Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) har 2010 erhållit ett regeringsuppdrag att utreda ett flertal frågeställningar avseende den långsiktiga säkerhetsutvecklingen inom den svenska kärnkraften. Detta uppdrag har resulterat i ett GD-uppdrag till avdelningen för kärnkraftsäkerhet vilket innehåller tre olika del utredningar.

Föreliggande utredning är en del av dessa ovan nämnda utredningar och behandlar frågeställningar som uppstår i samband med att åldrad utrustning ger behov av ny utrustning inom området el- och kontrollutrustning (I&C).

Informationsinhämtning i denna utredning sker genom intervjuer med personer som har lämplig erfarenhet och kompetens inom Er teknikstödsorganisation för el och I&C.

Fem områden kommer att diskuteras under intervjuerna:

- System- och anläggningstänk (fråga 1)
- Gränsytproblematik (fråga 2)
- Kompetens och kunskapsåterföring (fråga 3)
- Felmoder (fråga 4)
- Robusthet (fråga 5)

Nedan ges en kort reflektion kring varje ovan nämnda delområde och fungerar som ett diskussionsunderlag vid intervjuerna. Varje område innehåller även ett urval av frågor som kommer att användas vid intervjuerna.

Fråga 1: System- och anläggningstänk

Samfunktion mellan gammal och ny utrustning, kompatibilitetsproblem.

Diskussionsunderlag - reflektion

- I vilka situationer är det relevant att tänka på och ta hänsyn till samfunktion
- Vilka aspekter inom samfunktion är viktiga att ta hänsyn till
- Kvalificering av samfunktion vid olika typer av händelser
- Olika typer av samfunktion
- Samfunktion mellan gammal och ny utrustning
- Samfunktion mellan ny och nyare utrustning

Intervjufrågor

- Täcker Säkerhetsgranskningen in detta?
- Vilka åtgärder genomförs för att säkerställa att olika komponenter samfungerar?
 - Hur hanteras denna problematik?
- Hur identifieras de gränssnitt där problem med samfunktion kan uppstå?
- Hur identifierar man de olika driftfall som samfunktionen utmanas av?
- Hur verifieras samfunktionen?
- Erfarenheter av genomförda projekt
- Har ni haft behov av att ändra konstruktionsprocessen baserat på dessa erfarenheter?

Fråga 2: Gränsyteproblematik

Aspekter på gränsyteproblematik, vad för olikheter mellan gammal och ny utrustning med sig?

Diskussionsunderlag - reflektion

- Modern utrustning kan ha annorlunda gränssytor jämfört med gammal utrustning
- På vilket sätt har man fokuserat på gränserna?
- Hur har man hanterat problematiken?
- Helhetssyn, påverkan på andra komponenter och delar i anläggningen, var dras gränsen?
- Fler eller annorlunda egenskaper i nya komponenter

Intervjufrågor

- Täcker Säkerhetsgranskningen in detta?
- Vilken erfarenhet har ni från problem i gränssytor, var har det tidigare uppstått problem?
- Vad gör man enligt er konstruktionsprocess för att identifiera de gränssytor där problem kan förutses?
- Hur hanteras gränssnitten i konstruktionen?
- Hur hanteras gränsyteproblematik vid ändringar?

Fråga 3: Kompetens och kunskapsåterföring

Påverkan p.g.a. avsaknad av lämplig kompetens eller kunskapsglapp, så att en korrekt och komplett kravspecifikation kan tas fram med beaktande gammal och ny teknik.

Diskussionsunderlag - reflektion

- Vad tänkte den ursprungliga konstruktören?
- Vilka händelser togs hänsyn till ursprungligen?
- Underlag till ursprunglig utrustning
- Vilka egenskaper hos utrustning har konstruktören tagit kredit för i sin konstruktion
- I funktion
- Kvalificering
- Säkerhetsanalysen
- I syfte att uppfylla olika krav, kravspec.
- I syfte att klara olika händelsescenario

Intervjufrågor

- Täcker Säkerhetsgranskningen in detta?
- Hur hanteras kunskapsöverföring mellan personalgenerationer?
- Hur säkerställer man att man identifierat ursprungliga konstruktionsförutsättningar?
- Hur säkerställer man att man identifierat förutsättningar för ändringar som gjorts i konstruktionen efter driftsättning?
- Hur säkerställer man att rätt kompetens utnyttjas för att identifiera alla potentiella händelsescenario?
- Vad ställs det för krav på dokumentation av ändringar som genomförs idag med avseende på framtida behov?
- **Konstruktör** – finns tillräckligt stöd i konstruktionsprocessen, finns tillräcklig kompetens i din organisation?
- **Chef** – hur säkerställs att nödvändig kompetens och kunskap tas omhand?

Fråga 4: Felmoder

Hur eventuellt nya felmoder i ny utrustning påverkar säkerhetsfunktioner.

Diskussionsunderlag - reflektion

- Hur beter sig utrustningen i olika felmoder jämfört med ursprungliga utrustningen?
- Vilka av dessa felmoder har tagits med i gällande licensieringen av anläggningen (SAR Analysdel)?
- Vilka felmoder har den nya utrustningen?
- Hur får man fram denna information, interaktion med leverantörer?
- Finns det felmoder som inte fanns i den befintliga utrustningen?
- På vilket sätt påverkas licensieringen av anläggningen av differenser i felmoder?

Intervjufrågor

- Täcker Säkerhetsgranskningen in detta?
- Hanteras felmoder i anläggningen, system, utrustning i er konstruktionsprocess
- Felmoder gammal utrustning
- Felmoder ny utrustning
- Hur får man fram denna information vid interaktionen med leverantörer?
- På vilket sätt kartlägger man den befintliga utrustningens/systemets/anläggningens felmoder?
- Hanteras skillnader mellan ny och gammal utrustning med avseende på

felmoder i licensieringen av anläggningen (SAR Analysdel)?

Fråga 5: Robusthet

Eventuellt förändrad robusthet i förhållande till grundkonstruktionen.

Diskussionsunderlag - reflektion

- Kan konstruktionen förenklas, vad är innebörden av förenklingar?
- Kan konstruktörer från andra discipliner förstå hur utrustningen svarar på olika typer av fel och störningar?
- Kan operatören förstå hur utrustningen svarar på olika typer av fel och störningar?
- Enkelhet i system och utrustning, intuitivt kan förstå att den svarar på olika typer av fel och störningar?
- Finns det definierat vad robusthet är, har alla samma definition?

Intervjufrågor

- Täcker Säkerhetsgranskningen in detta?
- Finns förståelse för vad robusthet innebär i er organisation?
- Hur kommuniceras detta till enskilda konstruktörer?
- Hur säkerställer man tillräcklig robusthet i konstruktionen?
- Vilket stöd finns i er konstruktionsprocessen?

Fråga 6: Övriga frågor

- Övriga delar i organisationen;
- Har **drift- och underhållspersonalens** kompetens och förmåga att hantera de nya komponenterna
- **Kunskapsåterföring** generellt
- **Samordning;**
- Hur samordnas konstruktion mellan konstruktörer, avdelningar och block.
- Finns det något allmänt forum?
- Hur säkerställs tillgång till **reservdelar**
- **Förebyggande kvalificeringsarbete** och framtagande av nya konstruktioner för ersättning av utgångna reservdelar / komponenter

2. Bakgrund

Detta kapitel beskriver kort aspekter relevanta för åldringshantering samt den utrustning inom el och I&C som kan komma ifråga för utbyte. Sist i kapitlet beskrivs också de åldringsmekanismer som utrustningen kan utsättas för.

2.1. Kärnkraftindustrin

Vid konstruktion av befintliga svenska kärnkraftsanläggningar baserade många länder kvalitetssäkringen, konstruktion och säkerhetsgranskning av el-, styr- och reglerkomponenter på internationella och nationella standarder t.ex. IEC¹, IEEE², RCC³, KTA⁴ och TBE/KBE⁵. Sedan dessa standarder togs fram har det skett en betydande utveckling inom bland annat styr- och reglerområdet vilket bidragit till en bättre förståelse för t.ex. degraderingsmekanismer. Detta har resulterat i att man utvecklat förbättrade metoder och strategier för att både bedöma och hantera åldring av komponenter som ett komplement till befintliga standardiserade tester.⁶

Kärnkraftsanläggningar möter tre typer av tidstyrda faktorer som påverkar livslängden hos el- och kontrollsystem. Det ena är **fysisk åldring** som resulterar i gradvis degradering i fysiska egenskaper. Den andra är problem med **utfasning**⁷ (obsolete), vilket innebär att system och komponenter håller på att bli eller blivit utfasade (otillgängliga) från marknaden vilket kan bero på att de blivit omoderna i jämförelse med ny kunskap, teknik och standarder⁸. Den tredje är **åldrande personal** och medföljande brist på kompetens. Att utvärdera hur dessa tre faktorer påverkar säkerhetssystem och utrustning är en process som måste ske kontinuerligt.

IAEA publicerar kontinuerligt nya riktlinjer, rapporter och dokument som behandlar genomgång av anläggningar, dess säkerhetssystem och bedömning av åldring av el- och kontrollutrustning. I appendix 1 följer ett urval av dessa dokument som publicerats under de senaste 10 åren och som förväntas publiceras under 2011.⁹

¹ IEC - International Electrotechnical Commission

² IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers, USA

³ RCC - Règles de Conception, de construction, från AFCEN (French society for design and construction and in-service inspection rules for nuclear islands)

⁴ KTA - The Nuclear Safety Standards Commission (Kerntechnischer Ausschuss), Germany

⁵ TBE/KBE – Tekniska bestämmelser / Kontrollbestämmelser för elektrisk utrustning (Svenska Kärnkraftverk)

⁶ IAEA TECDOC-1188

⁷ IEC 62402/SS-EN 62402 Obsolescence Management

⁸ IAEA, Ageing Management for Nuclear Power Plants, Safety Guide No. NS-G-2.12, Wien, 2009

⁹ www.iaea.org/NuclearPower/landC

2.2. Säkerhetsklassning

I Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrift SSMFS 2008:17 21 §, finns krav på att, ”Kärnkraftsreaktorns byggnadsdelar, system, komponenter och anordningar ska indelas i säkerhetsklasser. De närmare kvalitets- och funktionskrav, som följer av denna säkerhetsklassning ska definieras och styras genom angivelse av underliggande klasser, bl.a. mekanisk kvalitetsklass, elektrisk funktionsklass samt klassning med avseende på seismik och miljötålighet.”.

I de allmänna råden till denna paragraf anges att, ”Indelningen i säkerhetsklasser bör ske enligt de principer som anges i ANSI/ANS-51.1 för tryckvattenreaktorer och ANSI/ANS-52.1 för kokvattenreaktorer.”

I ANSI standarderna finns sedan en koppling för elektrisk utrustning som återfinns i säkerhetsklass 3, till IEEE standarder.

Kärnkraftsindustrins klassning av el-, instrument- och kontrollutrustning bygger i stort på dessa klassningsregler som grund för att avgöra om ett systems funktion är viktig för anläggningens säkerhet. Säkerhetsklassningen av alla anläggningens delar framgår säkerhetsredovisningen (SAR) i form av klassningslistor.

Det finns olika nationella och internationella standarder för kategorisering av komponenter, och utrustning inom el och I&C, tex IEC och IEEE vilka ligger till grund för olika länders klassningssystem. Se tabell nedan.

Tabell 1 Säkerhetskategorisering av viktig utrustning på kärnkraftverk¹⁰

ORGANIZATIONS AND/OR COUNTRIES	CLASSIFICATION			
IAEA	Systems Important to Safety			Systems not important to safety
	Safety system	Safety related system		
IEC	Category A	Category B	Category C	Unclassified
France	1E	2E	IFC/NC	
European Utilities Requirements (EUR)	F1A (Automatic)	F1B (Automatic and Manual)	F2	Not Classified
UK	Category 1		Category 2	Not classified
USA	1E	Non-nuclear safety		

¹⁰ TECDOC 1402 Management of life cycle and ageing at NPPs: Improved I&C maintenance Wien 2004

2.3. Utrustning

Nedan följer exempel på utrustning som åldras och som kan komma i fråga för utbyte.

- Givare
- Transmitttrar
- Reläer
- Ventiler
- Korskopplingar
- Datorer
- Regulatorer
- Kraftkablar
- Omkopplare
- Signalkablar
- Kretskort
- Generatorer
- Strålningsmätare
- Signalbehandlingsutrustning
- Högspänningsställverk
- Lågspänningsställverk
- Transformatorer
- Elmotorer
- Övriga elektriska apparater
- Kraftelektronik
- Kontrollrumsutrustning
- Presentationsutrustning av olika slag
- Analoga & digital elektronik
- Inmatningsutrustning

2.4. Åldringsmekanismer¹¹

Åldring innebär förändring av fysiska egenskaper av utrustning i något avseende, med tiden och under normala driftförhållanden inklusive slitage. Åldring kan påverka säkerheten, driftklarheten och tillförlitligheten i anläggningarna.

De viktigaste grundorsakerna till åldringsproblem kan sammanfattas till:

- Temperatur (hög, låg eller fluktuerande)
- Hög luftfuktighet
- Vibrationer
- Strålning

Miljökvalificering och miljökvalificeringsstatus för att fastställa den miljö som komponenten befinner sig i är viktigt för att bestämma hur snabbt och på vilket sätt en komponent kommer att åldras.

Miljökvalificering utförs alltid vid anläggningsändringar och tas upp som en del av det ordinarie förebyggande underhållet. Både tillståndsbaserat underhåll och förutbestämt underhåll förekommer.

Löpande hantering av åldring består av miljökvalificering, statuskontroll, analys, säkerhetsvärdering med driftklar anläggning och verifierad status hos anläggning i drift som resultat.

2.5. Utfasning (Obsolescens)

Ett element är obsolet när en ny teknik eller mer funktionellt element eller teknik, ersätter en gammal.

Ett element kan även vara obsolet om äldre delar av systemet saknar garanterad tillgång till service/support och när reservdelar inte längre finns tillgängliga från tillverkaren.

¹¹ Åldring av el-, styr- och reglerutrustning i kärnkraftverk. Elforsk rapport 11:09

Hantering av reservdelar och obsolet material vid kärnkraftverken är en mycket viktig fråga, då brist på utrustning kan skapa säkerhetsproblem och ökade kostnader.

Enligt IAEAs TECDOC 1402 behöver en långsiktig underhållspolicy utvecklas för att hantera obsolescens. Denna policy bör organiseras av anläggningsägaren och ta hänsyn till säkerhets-, ekonomiska- samt tekniska aspekter.¹²

I IAEAs rapport "Ageing Management for Nuclear Power Plants, Safety Guide No. NS-G-2.12" delas obsolete material in i tre grupper enligt tabell 2 nedan.

Tabell 2 Kategorisering av obsolete material¹³

Omodernt system eller komponent	Problem	Konsekvens	Hantering
<i>Kunskap</i>	Kunskap om gällande standarder och teknik om komponenten eller systemet är föråldrat	Minskade förutsättningar för långsiktig kärnkraftsproduktion minskade möjligheter till säkerhetsförbättring	Kontinuerlig uppdatering av kunskap om system och komponenter samt deras användning
<i>Standarder och Föreskrifter</i>	Avvikelse från nuvarande föreskrifter och standarder, både hård- och mjukvara	Säkerheten blir lägre än standard. Minskad livslängd på kärnkraftverket	Kontinuerlig utvärdering av kärnkraftverket mot aktuella standarder
<i>Teknik</i>	Brist på reservdelar och eller teknisk support Brist på leverantörer och/ eller kunskaper inom industri	Ökad felfrekvens, minskad stabilitet i produktionen	Systematisk identifiering av uppskattad föråldring av komponenter och system. Hålla reservdelar till utrustning och i god tid planera för ersättningskomponenter Långsiktiga kontrakt med leverantörer

2.6. Åldrande personal

Åldrande personal på kärnkraftverken medför att kompetens försvinner genom pension. Personal kan även sluta av andra skäl men kompetensbortfallet som skapas är detsamma. Åldring av kärnkraftverkens personal kan även innebära att kunskap om nya system är bristfällig (se även tabell 2 i avsnitt 2.5).

¹² TECDOC 1402 Management of life cycle and ageing at NPPs: Improved I&C maintenance Wien 2004

¹³ IAEA, Ageing Management for Nuclear Power Plants, Safety Guide No. NS-G-2.12, Wien, 2009

3. Hantering vid utbyte av utrustning

Resultatredovisningen i detta kapitel bygger på intervjuer med personal från de svenska kärnkraftverken. Kapitlet beskriver hanteringen vid kärnkraftverken när gammal utrustning skall bytas ut mot nya.

Först beskrivs de faktorer som påverkar hanteringen vid utbyte och de faktorer som är viktiga att ta hänsyn till vid utbyte. Dessa delas upp i organisatoriska och tekniska faktorer. Därefter presenteras de problem som de intervjuade anger eller upplever påverkar de olika faktorerna.

De frågeställningar som rapporten försöker besvara presenteras i kapitel 1 och summeras nedan:

- Samfunktion mellan gammal och ny utrustning, exempelvis kompatibilitetsproblem
- Aspekter på gränsyteproblematik, t.ex. vad olikheter mellan gammal och ny utrustning för med sig
- Påverkan p.g.a. avsaknad av lämplig kompetens eller kunskapsglapp, så att korrekt och komplett kravspecifikation kan tas fram med beaktande av gammal och ny teknik
- Hur eventuellt nya felmoder i ny utrustning påverkar säkerhetsfunktioner
- Eventuellt förändrad robusthet i förhållande till grundkonstruktionen

Orsaken till åldring diskuteras i kapitel 2:

- Fysisk åldring
- Utfasning (obsolescens)
- Åldrande personal

3.1. Faktorer viktiga att ta hänsyn till vid utbyte av utrustning

Faktorer som är viktiga vid utbyte av utrustning omfattar både organisatorisk struktur och teknisk hantering av konstruktionsarbetet.

Faktorer inom den organisatoriska strukturen som påverkar utbyte av utrustning innefattar:

- Kärnkraftverkens organisation (3.2.1)
- Klassificering av projekt (3.2.2)
- Kunskapsöverföring (3.2.3)
- Externa konsulter (3.2.4)
- Leverantörer av utrustning (3.2.5)
- Ursprunglig dokumentation (3.2.6)
- Reservdelshantering (3.2.7)

Tekniska faktorer som påverkar utbyte av utrustning är:

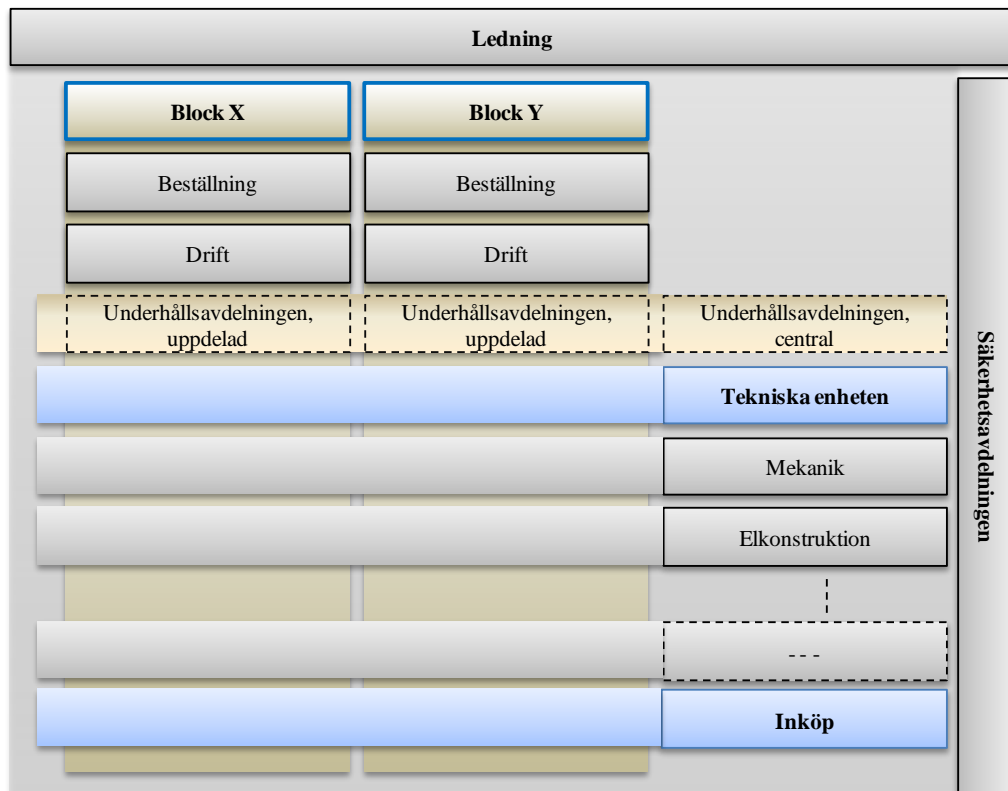
- **Samfunktion** - Identifiering och hantering av samfunktion mellan gammal och ny utrustning (3.2.8)

- **Gränssytor** - Identifiering och hantering av gränssytor mellan gammal och ny utrustning (3.2.9)
- **Felmoder** - Identifiering och hantering av felmoder i ny utrustning (3.2.10)
- **Robusthet** - Säkerställande av tillräcklig robusthet i ny utrustning (3.2.11)

3.2. Resultatsammanställning från intervjuerna

3.2.1. Kärnkraftverkens organisation

Kärnkraftverken i Sverige är principiellt organiserade enligt organisations-schemat nedan. Fullständiga organisationsschema för varje verk visas i bilaga 2.



Figur 1 Principiell organisation på de svenska kärnkraftverken

Gemensamt för alla de svenska verken är att varje Block (anläggning) är beställarorganisation och hanterar prioritering samt allokering av finansiella resurser till samtliga projekt i anläggningen. Kärnkraftverken har även en tvärgående (gemensam) teknisk funktion som blocken köper konstruktionstjänster från.

Säkerhetsavdelningen är en gemensam funktion inom verken och sträcker sig över samtliga block. Driftavdelningen är uppdelade per block och sitter i direkt anslutning till respektive anläggning.

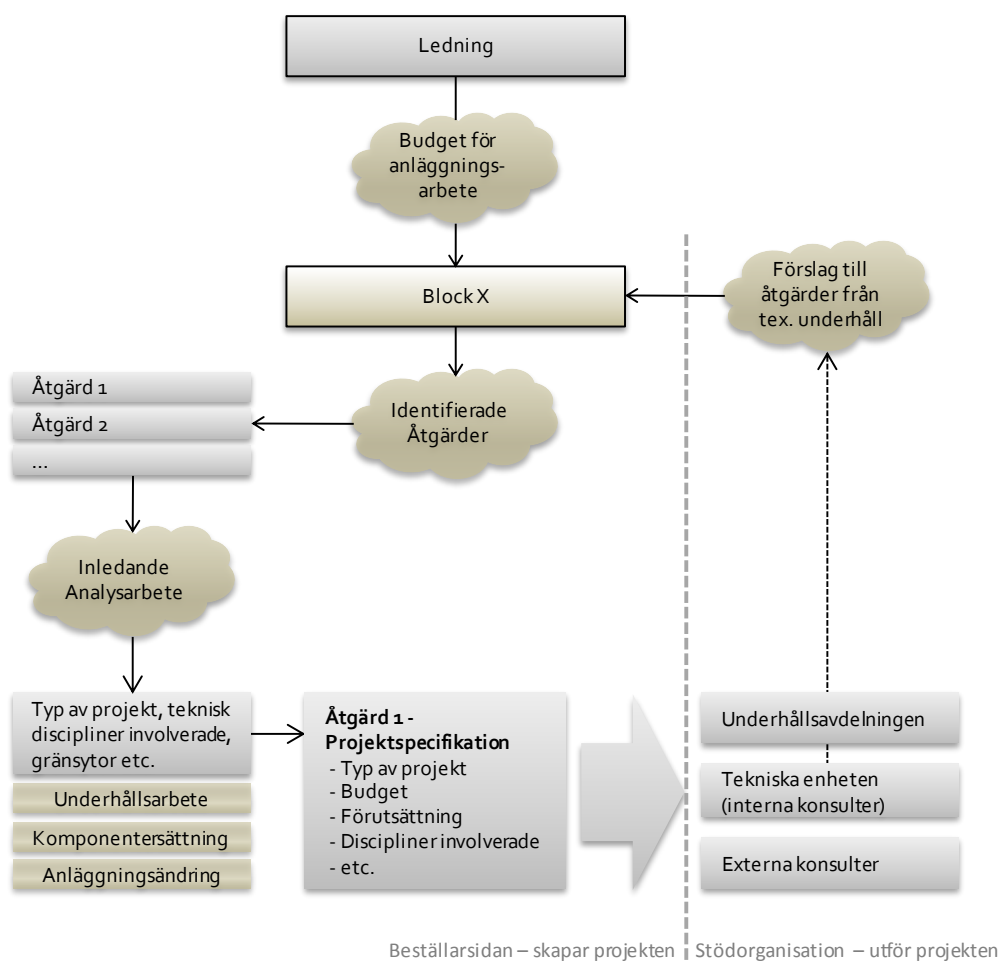
Underhållsavdelningarnas placering skiljer sig något mellan de olika verken och varierar mellan att vara uppdelade per block till att vara centralt organiserade (se bilden ovan).

En enhet för förebyggande underhåll förekommer på vissa av verken men har ingen tydligt central roll och det upplevs som om förebyggande underhåll inte får tillräckligt med utrymme.

3.2.2. Arbetsprocess vid utbyte av åldrad utrustning

Beslutsfattande och prioritering av resurser är en mycket central fråga när det handlar om utbyte av system eller utrustning i kärnkraftverken.

Förenklat kan ändringar av utrustningen i kärnkraftverken delas in i tre grupper (projekttyper); anläggningsändringar, ersättning av komponenter och löpande underhåll. Blocken som initierar ändringar bestämmer vilken typ av projekt som skall användas. Figuren nedan visar hur detta går till.



Figur 2 *Procedur för klassificering av projekt*

Det finns ingen skarp gräns mellan de olika projekttyperna. Problem som upplevs när projekten klassificeras enligt figuren ovan sammanfattas nedan.

Kompetens

Eftersom det initiala arbetet med att värdera projektens omfattning och karaktär sker på blocken är det mycket viktigt att tillräcklig teknisk kompetens finns där.

På de tekniska avdelningarna upplevs kompetensen i många fall som otillräcklig på blocken och leder till felprioritering samt felaktig bedömning av åtgärder. Även ledningen på verken upplevs som bristande i förståelsen för den kompetens som behövs.

Finansiella drivkrafter

Mycket av fokus de senaste åren har legat på effekthöjning av de svenska kärnkraftverken. Denna drivkraft leder till genomförandet av en viss typ av åtgärder som upplevs som orsaken till stor stress på anläggningarna.

Man upplever också att beslutet om dessa åtgärder gjordes utan att grundläggande analys gjordes om det var möjligt att genomföra med den teknikorganisation och kapacitet man besitter. Ledning inser inte omfattningen av konstruktionsarbetet som krävs för att genomföra effekthöjningarna. Generellt upplevs att ekonomiska faktorer får alltför stor plats när blocken bestämmer vilka åtgärder som ska utföras. Vidare fördelas inte medlen mellan blocken vilket leder till att många onödiga åtgärder kan genomföras bara för att arbeta upp budgeterade medel. Prioriteringen av projekt inom varje block suboptimeras och resurser optimeras inte mellan blocken.

Det finns en önskan från beställarorganisationen att klassificera så få projekt som möjligt som anläggningsändringsarbete för att spara pengar. Detta upplevs som en risk då konstruktionsarbetet och granskningen inte är lika omfattande vid komponentersättningsprojekt, de har ofta en diffus kravbild. Detta är också en potentiell risk då bedömningen görs med en förutbestämd önskan om att projektet skall köras som underhållsprojekt eller komponentutbyte.

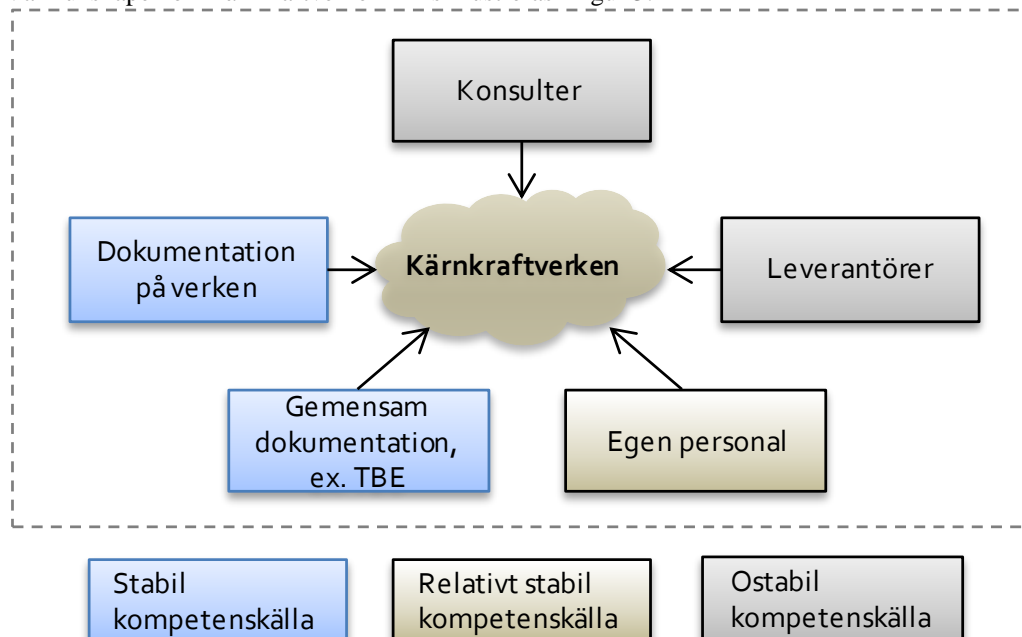
Många projekt underskattas initialt med hänsyn till dess komplexitet och får senare om-klassificeras till anläggningsändringsprojekt. Ett från början litet problem blir mycket större, detta händer ofta på säkerhetsfunktionerna, projekt blir mer komplexa än väntat.

På grund av denna risk till felbedömning av projekt hamnar mycket ansvar på individen att senare upptäcka om projektet behöver djupare analys eller inte.

3.2.3. Kunskapsöverföring

Olika typer av kunskapsöverföring måste hanteras vid kärnkraftverken. Dels måste händelser dokumenteras kontinuerligt så att anläggningens historik bevaras, dels måste personalens kompetens säkerställas så att den alltid håller den nivå anläggningen kräver. Det måste säkerställas att den anställda personalen har tillräcklig kompetens och erfarenhet för att klara av alla eventualiteter som kan uppstå på anläggningen.

Var kunskapen om kärnkraftverken finns illustreras i figur 3:



Figur 3 Kunskapsfördelning

Följande sammanfattar problematiken kring kompetensöverföring och kompetensbevarande så som den upplevs av de intervjuade

Ursprungliga tankesätt

Kunskap om ursprungliga system är som ovan nämnt varierande och allteftersom den äldre personalen går i pension försvinner kunskapen alltmer. Kunskap om hur den ursprungliga konstruktören resonerade, vilka egenskaper som valdes och av vilken anledning är svår att hitta och är oftast inte dokumenterad.

Överföring av kunskap mellan anställda

För att säkerställa att viktig kunskap finns kvar inom organisationen krävs framförhållning och kontinuerlig upplärning av yngre eller nyare personal.

Det upplevs i nuläget inte finnas något ordnat sätt för kunskapsöverföring. Detta är upptill varje chef att hantera och på vissa avdelningar finns kompetensväxlingsplaner. Kompetensöverföringsprogram har varit igång tidigare men stagnerat.

Brist på resurser

Det finns inte tillräckligt med tid och resurser för kunskapsöverföring och att överföra kunskap prioriteras inte. Man upplever att det saknas förståelse från ledningen för hur mycket information som kan finnas hos de anställda. Mycket av kunskapen från när man byggde verken finns inte nedskrivna utan finns endast hos de anställda. Det allmänna resonemanget från ledningen är att allt går att ersätta.

Det har varit och är fortfarande i viss mån anställningsstopp på verken, direktiv finns att inte anställa. Eftersom många avdelningar i dagsläget upplever att de är underbemannade blir tiden för kunskapsöverföring därmed ofta försummad. Ambitionen är att man ska ha någon slags överlappning men parallellarbete tillåts inte. Det som förespråkas är "learning by doing" och kunskapsöverföringen sker då genom att det blir ett projekt.

Svårighet att anställa personal

Där anställning av ny personal tillåts, upplevs en stor svårighet att hitta kompetent personal på grund av låga löner, problematisk lokalisering, problem med att respektive partner ska få jobb och för lite möjligheter till distansarbete. Det upplevs dock som att det inte finns någon förståelse i ledningen för att det är svårt att hitta lämplig personal.

Andel externa konsulter i organisationen

Den höga andelen externa konsulter upplevs som ett problem, då denna typ av resurs upplevs försvinna lättare. Med konsulterna försvinner därmed viktig kompetens och kunskap. Mer om problematiken kring externa konsulter som resurser återfinns i kapitel 3.2.4.

Kunskapsöverföring mellan olika delar av organisationen

Kunskapsåterföring till drift och underhåll fungerar bra vid större ändringar. Generellt fungerar kunskapsöverföringen bättre till driftpersonalen, medan underhåll blir mer styvmoderligt behandlade.

Brist på generalister

Man har för lite generalister som kan hela anläggningen. Ansatser har gjorts för att försöka bygga upp en kompetens av generalister.

Ny teknik

Ny teknik kräver ny personal som kan den nya tekniken. Utbildningen i samband med stora projekt och inköp av nya utrustningar/system är god. Fortlöpande utbildning fungerar dock inte lika bra.

3.2.4. Externa konsulter

Kärnkraftverken har ett stort antal externa konsulter som levererar olika tekniska tjänster och som ingår i anläggningens egna tekniska organisation. Detta upplevs allmänt som ett problem då konsulter när de slutar kan försvinna med mycket stor mängd information.

3.2.5. Leverantörer av utrustning

Problem med leverantörer och felmoder sammanfattas i kapitel 3.2.10. Övriga synpunkter med hänsyn till leverantörer sammanfattas nedan:

- Bristande information i leverantörsdokumentation har gett upphov till överraskningar som upptäckts mycket långt efter installation, ibland 10 år senare.
- Leverantörer får mer och mer helhetsåtagande. Detta görs för att tjäna pengar men är också en resursfråga.
- Problem kan uppstå när en leverantör inte har eller inte kan få tillräcklig kunskap om befintlig anläggning och ursprungs krav.
- Funktionsupphandlingar upplevs som tveksamma eftersom detta ändå kräver mycket stor insyn från kunden.

3.2.6. Ursprunglig dokumentation

Den ursprungliga dokumentationen om utrustning och system varierar i kvalitet och tillgänglighet på de olika kärnkraftverken. Ursprungliga konstruktionsförutsättningar saknas i många fall och där de finns är de ofta mycket knapphändiga. En annan aspekt är att även om ursprunglig dokumentation i vissa fall har varit bra, har man sedan slarvat med uppdateringar, ändringar nu är ofta ändringar i ändringar. Dokumentation med avseende på hur de ursprungliga systemen och utrustningen fungerar är bättre men mycket bristfällig bakgrunden till varför man vill att de ska fungera så. I de tidigare instruktionerna blandades ibland även anläggningens krav och prestanda ihop.

Information som fanns hos ursprungsleverantören har i många fall försvunnit. Kraven på dokumentation från leverantörer har blivit mycket striktare. Arbete pågår ständigt med att försöka få mer information från leverantörer.

Kontinuerligt avtapp av dokumentation till drift och underhåll sker som en del i konstruktionsarbetet. Det finns dock inget direktiv om att dokumentationen skall vara pedagogisk upplagd.

3.2.7. Reservdelshantering

Följande punkter är en sammanfattning av problematik kring reservdelshållande:

Hantering av reservdelar och obsolet material vid kärnkraftveken är en mycket viktig fråga då konsekvenserna vid brist av utrustning kan bli omfattande och dyra.

Som exempel kan nämnas att det pågår standardiseringsprojekt med hänsyn till andelen olika fabrikat. För att förlänga tillgången på Combimatic komponenter nyttillverkas reservdelar i samarbete mellan verken fram till 2025.

Ny utrustning upplevs ha kortare kommersiell livslängd vilket har kortat ner tiden för tillgänglighet av reservdelar.

Om något sker under natten finns risk att man tar en komponent från förrådet som inte blivit kvalificerad för just den positionen. Detta ska senare följas upp dagen efter men görs inte alltid.

3.2.8. Samfunktion och kompatibilitetsproblem

Samfunktion och kompatibilitet mellan gammal utrustning och system samt ny utrustning måste beaktas när utbyte av utrustning ska ske. Kunskap om hur den nya utrustningen kommer att samfungera och om den är kompatibel med all kringliggande utrustning och system är en grundläggande del i konstruktionsarbetet.

Planerade anläggningsändringar analyseras med avseende på samfunktion och gränsyteproblematik både i planerings-, projekt- och konstruktionsfas.

Viss vägledning för att hantera samfunktion mellan ny och gammal utrustning finns i konstruktionsprocessen. Det finns dock ingen systematisk hantering för identifieringen av samfunktionsproblem. Speciellt kan det bli problem när det gäller extrafunktioner i den nya utrustningen, d.v.s. att ny utrustning innehåller mer funktioner, larm etc. än vad som behövs för att klara den önskade uppgiften.

Eftersom det inte finns något systematiskt sätt att angripa samfunktion och kompatibilitet, händer ofta att denna information hämtas genom remissrundor i organisationen. Detta ställer höga krav på att rätt personer deltar i remisshanteringen för att potentiella problem med samfunktion skall upptäckas.

Problemen med kompatibilitet kan ofta uppfattas som större vid mindre omfattande ändringar eftersom dessa ändringar har mindre omfattande konstruktionsarbete.

För att undvika och utreda eventuella samfunktionsproblem inför en komponentersättning genomförs provning. Instruktioner för detta finns dock inte.

För att minimera samfunktionsproblematiken försöker man undvika utrustning med finesser man inte har något behov av, t.ex. programmerbara transmittrar undviks. Målet är att förenkla och ibland byter man större anläggningspaket på grund av att det förenklar samfunktionen.

Kravbild på samfunktion saknas ofta i den ursprungliga dokumentationen.

Ny mjukvarubaserad utrustning

Den nya mjukvarubaserade tekniken för med sig mycket mer komplex samfunktionsproblematik. Övergången till digitala system har medfört kompatibilitetsproblem som man inte ställdes inför när kärnkraftverken byggdes.

Säkerhetsgranskning

Säkerhetsgranskningen har inte så stora möjligheter att granska samfunktion på komponentnivå, detta granskas under remissrundor.

3.2.9. Gränsyteproblematik (interface)

På samma sätt som samfunktion och komabilitet hanteras gränsyteproblematiken i konstruktionsarbetet. Modern utrustning har ofta annorlunda gränssytor jämfört med gammal utrustning och arbetet med att identifiera dessa ingår i konstruktionsprocessen.

Icke tekniska gränssytor existerar även, dels mellan olika tekniska discipliner på verket men också mellan kärnkraftverken och leverantörer av utrustning.

Följande beskriver gränsyteproblematiken med avseende på utrustning och system i anläggningen:

Hanteringssättet av gränssytor bör tydliggöras. Det finns viss vägledning i konstruktionsprocessen men den är inte tillräcklig.

Målsättningen är att minska antalet gränssytor vilket man gör genom att dra tydliga gränser i projekten. Man undviker också i möjligaste mån komplicerade gränssnitt, åtgärder på systemfunktioner görs med så få gränssnitt som möjligt.

Exempel: om man behöver byta omvandlaren i en mätkedja med en givare (0-10 V) som går vidare till en omvandlare (0-10 V / 4-20 mA) som i sin tur går vidare till en indikator (4-20 mA) så överväger man om man kan byta givare till en som redan är 4-20 mA och därmed kan plocka bort omvandlaren.

Den ursprungliga konstruktionen av verket hade mer naturliga gränssytor. I moderna, nya system kan de gamla naturliga gränserna hamna i samma digitala system eller programvara.

I kärnkraftverkens tekniska bestämmelser finns dokumentation om gränssytor som kopplar ihop alla olika komponenters kravspecifikationer. Dessa specificerar komponenterna och vad de är kvalificerade att användas till. Detta är ett bra stöd om ny utrustning ska köpas.

Att alla gränssytor täckts in säkerställs via remiss, granskning eller komponentkunskap hos konstruktören.

Tvårfunktionella enheter börjar etableras och få större inflytande när det gäller att ta hand om systemperspektivet. Beställarorganisationen upplevs inte ha tillräcklig kunskap om de gränssytor som kan uppstå i projekten. Detta tas i uttryck främst i att alla tekniska discipliner som bör vara involverade i ett projekt inte blir tillfrågade. El kommer inte alltid med i de mek-fokuserade projekt de bör vara med i, man kommer in först senare när konstruktionsarbetet redan börjat. Man inser sent att det finns en gränssyta, koppling som berör el och I&C.

Det uppstår ofta en problematisk gränsyta mellan leverantörer och anläggningsägare. Det är mycket viktigt att beställare och leverantör har samma mål och att definiera gränssytorna mellan leverantör och anläggning tydligt, detta leder annars till ansvarsproblem. Här finns stor förbättringspotential. Leverantörer får mer omfattande åtaganden för att minska gränssytorna.

Man försöker hålla sig till ett system/plattform inom men också mellan blocken. Man har utvecklat beprövade typkretsar/standardlösningar. Man försöker också begränsa sig till ett antal komponenter mellan verken för att dra större nytta av tidigare arbete. Detta samarbete mellan verken sker via Elkomponentgruppen.

3.2.10. Felmoder

Felmoder i ny utrustning är ofta mycket olika jämfört med den ursprungliga utrustningens felmoder. Nedan beskrivs problematiken kring felmoder och hanteringen av informationsinhämtning från leverantörer.

Information från leverantörer

Kärnkraftverken upplever att de inte har något påtryckningsmedel när det gäller att ställa krav på leverantörer eftersom verken är relativt små kunder. Det är lättare om leverantörerna är mindre företag.

Kärnkraftverken upplever att vissa leverantörer försöker hålla på information om utrustningens felmoder. Erfarenheter och information om utrustningens potentiella fel kan ibland erhållas muntligt men inte på papper.

För att erhålla tillräcklig information om ny utrustning måste specialister konsulteras hos leverantörerna. Dessa försvinner dock i stor utsträckning vilket medför att kompetensöverföringsproblematik gör sig gällande även här.

Att skapa bra relationer med leverantörer identifieras som en mycket viktig del i arbetet.

Felmoder i ny utrustning

Ny utrustning har betydligt mycket mer funktionalitet än gammal utrustning, speciellt mjukvarubaserade system upplevs därför ha mer komplexa felmoder. Ny utrustning kan även ha egna inbäddade skyddsfunktioner vilket kan påverka systemfunktionen negativt om man inte känner till alla skyddsfunktioner. Problemet är att skyddsfunktioner är till för att skydda utrustning från att ta skada vid olika förhöjda påkänningar, medan man i kärnkraftverkens säkerhetsfunktioner vill ha funktion i princip i alla lägen. Det vill säga att skydd går före verkan vilket kan resultera i utebliven säkerhetsfunktion.

Felmoder i konstruktionsarbetet

Att beskriva alla felmoder är väldigt svårt då fantasin sätter begränsning i att hitta olika felmoder.

Felmoder hanteras enligt instruktioner vid anläggningsändringsprojekt men inte vid underhållsprojekt.

3.2.11. Robusthet

Robusthet är ett grundkrav för konstruktion i anläggningen. Oklarhet finns dock om vad betydelsen av robusthet faktiskt innebär:

Allmänt är uppfattningen att det inte finns någon entydig bild om vad som avses med robusthet.

SSM föreslår följande betydelse av robusthet:

”Utrustning och komponenters tålighet (motståndskraft) mot olika påkänningar under drift och vid underhåll. Detta uppnås bl.a. genom konstruktionsmarginaler.

Nedan följer ett sammandrag av de olika typer av uppfattningar som förekommer:

- Enkel
 - Självförklarande
 - Överskådlig
 - Lättförståeligt
 - Inga onödiga finesser som kan ge upphov till fel
 - Okomplicerat
 - Försöka hålla funktionaliteten nere
- Tålig
- Redundans
 - Alltid marginal i utrustningen man köper
- Diversifiering
- Minimera felfunktionen
- En systemdel ska klara sina problem utan att påverka andra system, problemen får inte fortplanta sig
- Det finns stöd för förståelse för robusthet i grundkonstruktionen som i sig är väldigt robust
- Robusthet är ett grundkrav. Kan påverkas genom utnyttjande av toleranserna pga. bättre beräkningsmetoder

Angående förändringen av robusthet sedan anläggningen byggdes

Robusthet idag är inte det ursprungliga begreppet av robusthet. Betydelsen har tappats bort och ändrat betydelse.

Anläggningarna, och dess utrustning samt system upplevs dock som mindre robusta idag än tidigare. Robusthet var förr lika med fysisk robusthet medan det nu förtiden innebär redundans och robusthet i konstruktionen, d.v.s. enkelhet. Enkelhet, har flyttats från komponentnivå till systemnivå.

4. Erfarenheter från annan industri

4.1. Erfarenheter från tågindustri

När det gäller tågindustrin så har man idag ett likställt läge som med kärnkraftindustrin när det gäller teknik och att dess materiel har eller kommer att vara i ett funktionsdugligt skick under lång drifttid.

Tågssystem har historiskt haft en lång livslängd och bl.a. kan nämnas att man hos SJ har tågssystem som man bedrivit verksamhet med och som varit tillgängliga under 50 års tid.

Ett intressant projekt att nämna är den livslängdsanalys SJ har utfört för Tågssystem X2000 och där ÅF varit medverkande. X2000 beställdes av dåvarande Statens Järnvägar år 1986 och levererades under början av 1990-talet. Fordonen var ett av resultaten av den svenska snabbtågssatsningen där även bl.a. infrastrukturfrågor ingick.

X2000-systemet har alltsedan trafikstarten 1991 varit SJ:s flaggskepp och varumärket X2000 är väl inarbetat. Under de år som X2000-systemet varit i trafik har de genomgått en omfattande komfortupprustning och ett flertal tekniska modifieringar och förbättringar under åren. Dessa ändringar har syftat till att förbättra kvaliteten, driftsäkerhet och driftekonomi. I leveranskontraktet utlovades av leverantören en livslängd på 20 år, plus ytterligare 10 år efter modifieringar. Fordonen har utnyttjats hårt och den beräknade livslängden börjar närma sig.

Den samlade bedömningen var att det är möjligt att fortsätta att trafikera med X2000-fordonen i flera år till, men att det kräver åtgärder för att säkra en driftsäker och ekonomisk trafik under den återstående livslängden. För att ha möjlighet att bedöma om det är möjligt att fortsätta med trafik för X2000 under den återstående livslängden initierades år 2009 projektet "Livslängdsanalys X2000".

Projektet byggde sina analyser på fyra livslängdskritiska områden vilka var:

- **Obsolete material** (Ett element är obsolet när en ny teknik eller mer funktionellt element finns tillgängliga på marknaden. Ett element kan även vara obsolet om äldre delar av systemet saknar garanterad tillgång till service/support och när reservdelar inte längre finns tillgängliga från tillverkaren)
- **Materialegenskaper** (När material med låg kvalitet förkortar ett elements livstid, eller om det konstruktionsmässigt finns brister. Gummidetaljer kan t.ex. vara ett material med livslängdbegränsad egenskap. När externa omständigheter påverkar ett elements livstid, kan t.ex. vara snö/slask eller fuktinträngning så att korrosion uppträder eller upptäckt av normal åldring/analys av kommande åldring.)
- **Kostnadsdrivare** (Om ett element har höga underhållskostnader ska dessa analyseras, det kan t.ex. vara stigande underhållskostnader som innebär att reparationer blir så kostnadsdrivande att det blir mer tilltalande att köpa en

ny reservdel/system eller att man har en frekvent återkommande underhållsåtgärd där man vill analysera varför den har denna karakteristik. Om ett element har en stor mängd avhjälpande underhåll och/eller samtidigt är ett stoppande fel ska detta analyseras mot den kostnad som vi har för detta.)

- **Externa krav** (Om ett element i framtiden löper risk att utsättas för externa krav som t.ex. nya hårdare miljökrav eller nya säkerhetskrav ska det tas hänsyn till detta inom projektet. Omfattas något element för systemet av detta och man utan åtgärder inte kan utföra drift av systemet ska detta ses som livslängdskritiskt.)

Projektet analyserade enbart system X2000 ur en teknisk synvinkel. Projektet hittade för X2000 inte hittat några s.k. ”showstoppers”, dvs. någon indikation på att det med åtgärder INTE ska gå att bedriva verksamhet med X2000 fram till och med år 2025.

De åtgärder som projektet i sin rapport analyserat fram var av skiftande variation från de fyra livslängdskritiska områden som analyserats och av skiftande typ när det gäller omfattning och tidpunkter för genomförande.

Dessa åtgärder kom enskilt att medföra varierade kostnader för SJ, som även de analyserades fram och bedömdes i projektet.

5. Omvärld

Forskning avseende åldring av el- och kontrollsystem samt utveckling av strategier, procedurer och tekniker som genomförs förutom i Sverige även i bland annat Tyskland, Frankrike, Storbritannien, Finland, Spanien och Nederländerna. Det pågår samtidigt flera internationella FoU-projekt för åldringsrelaterade frågor där fokus generellt har skiftat från att skapa förståelse för åldringsproblematiken till att förbereda åldringsprogram och ta fram komponentspecifika riktlinjer samt att senare att stötta länder i implementeringen av dessa riktlinjer.

Nedan följer en kort sammanfattning över vad som sker på området i olika länder. Informationen är hämtad från ett flertal IAEA rapporter men det är oklart hur metoder och riktlinjer som beskrivs används i praktiken och inom vilka anläggningar i de olika länderna.

Finland^{14 15}

Kärnkraftsanläggningen Lovisa har ett åldringshanteringsprogram som beskrivs i Elforsk rapport 11:09.

Rapporten IAEA-TECDOC-1147 beskriver tre efterföljande studier som utförts i Finland. Studiernas mål var dels att utveckla en metod för åldringsanalyser som baseras på drifterfarenheter och pålitliga tekniker och dels använda denna metod för att identifiera kritiska komponenter i åldrings- och säkerhetsperspektiv. Studien resulterade också i rekommendationer till att förbättra system för datainsamling och erfarenhetsutnyttjande för vidare åldringsanalyser.

Tyskland¹⁶

Tyska kärnkraftsbolag har utvecklat strategier som de följer vad gäller underhåll för att bevara äldre kontrollsystems funktioner. Dessa strategier beaktar den minskade tillgängligheten av reservdelar för äldre styr och regler teknik och inkluderar utbyte av komponenter.

T.ex. har anläggningarna Neckarwestheim-1 och Unterweser bytt ut kontrollsystem som är viktiga för anläggningens säkerhet (reactor limitation systems, reactor power control systems och control rod I&C systems). Tekniska specifikationer för dessa system har format en grund för licensieringsprocesser.

I Tyskland finns utvecklade system för åldersrelaterade tester vilka bland annat har utvecklats och specificerats av en VGB technical committee som arbetat inom området sedan 1988 och samarbetar med TÜV, som oberoende experter. Parallellt med denna arbetsgrupp har en nationell standard utvecklats, KTA 3706. Även TÜV Nord utreder åldringsfenomen och livslängdsförlängning av el- styr och reglerkomponenter i kärnkraftsanläggningar.

Ryssland^{17 18}

Rapporten *IAEA-TECDOC-1147* beskriver en studie som undersöker huruvida styr- och reglerutrustning som är i slutet av sin förväntade livslängd är i så pass gott skick att livslängden kan förlängas. Författarna menar att styr- och regler system i ryska

¹⁴ Aldring av el-, styr- och reglerutrustning i kärnkraftverk. Elforsk rapport 11:09

¹⁵ IAEA TECDOC 1147 Management Of Ageing of I&C Equipment in Nuclear Power Plants, Wien 2000

¹⁶ IAEA TECDOC 1147 Management Of Ageing of I&C Equipment in Nuclear Power Plants, Wien 2000

¹⁷ IAEA TECDOC 1147 Management Of Ageing of I&C Equipment in Nuclear Power Plants, Wien 2000

¹⁸ IAEA TECDOC 1402 Management of life cycle and ageing at NPPs: Improved I&C maintenance Wien 2004

kärnkraftverk designades och tillverkades enligt högsta krav för att vara driftpålitliga under hela livslängden och förutsatt att utrustningen underhålls enligt normer så kan livslängden förlängas.

I motsats till detta finns ett åldringsprogram i Ryssland, som beskrivs i rapporten *IAEA-TECDOC-1402*, där en viktig del utgör metodik för att övervaka det tekniska tillståndet på kärnkraftverkens system och komponenter på ett icke förstörande sätt. De flesta styr- och reglersystem har en specificerad livslängd i enlighet med konstruktionen och skall bytas ut oavsett dess tekniska tillstånd. För kablar och anordningar för reläskydd och automation (DRPA) genomför man utbyten enligt det faktiska tillståndet.

Frankrike¹⁹

De franska kärnkraftverken konstruerades för en livslängd på 40 år och för stunden diskuteras en förlängning av denna med 20 år vilket ställer krav på genomgång av anläggningarna och åldringsbedömning av komponenter.

EDF (Electricity of France) har sedan 1980 varit involverad i flertalet projekt och program som handlar om förlängning av anläggningars livslängd. Från dessa har man kommit fram till följande:

- Vikten av att uppdatera befintliga underhållsprogram
- Utveckla metoder för utbyte eller reparation
- Att initiera nya forsknings- och utvecklingsprojekt

Erfarenheter från franska revisioner, som alla kraftverk genomgår, visar att de största problemen som uppstår bland styr- och reglerutrustningar beror på inkurans då det uppstår problem att underhålla originalsystemet i längre än 25 år.

Ungern²⁰

Rapporten IAEA TECDOC 1402 behandlar livslängdsförlängning av Paks NPP med fokus på el- och kontrollutrustning. I rapporten framgår att det finns ett systematiskt åldringsprogram. Åldring av kablage bedöms som den viktigaste frågan angående åldring i kärnkraftsanläggningar.

Japan²¹

I Japan ligger fokus på åldring av kablage, enligt rapporten IAEA TECDOC 1402. Flertalet projekt om övervakning och utvärdering av åldringseffekten på kablar i kärnkraftverk pågår vid olika institutioner.

Korea²²

Korea har 18 kommersiella kärnkraftverk där den äldsta anläggningen varit i drift sedan 1978. Åldring av I&C- komponenter som påverkar normal drift och säkerhet av kärnkraftsanläggningen samt problem med obsoleta I&C- komponenter efter ca 15-20 års drift, har identifierats som viktiga problem vad gäller anläggningens livslängd.

I Korea finns ett särskilt företag vars uppgift är att kontinuerligt övervaka och kontrollera I&C- komponenters status samt utföra regelbundna inspektioner under planerade stopp.

Exempel på komponenter som systematiskt gått igenom och bytts ut med hänsyn till åldring och obsoleta delar är PCBs, Reläer, Thyristors/dioder, AOVs, Kablage,

¹⁹ TECDOC 1402 Management of life cycle and ageing at NPPs: Improved I&C maintenance Wien 2004

²⁰ TECDOC 1402 Management of life cycle and ageing at NPPs: Improved I&C maintenance Wien 2004

²¹ TECDOC 1402 Management of life cycle and ageing at NPPs: Improved I&C maintenance Wien 2004

²² TECDOC 1402 Management of life cycle and ageing at NPPs: Improved I&C maintenance Wien 2004

Processkyddssystem (Process Protection System), Processkontrollsystem (Process Control System) och Anläggningsövervakningssystem (Plant Monitoring system).

Storbritannien²³

I Storbritannien sker var 10:e år en periodisk genomgång av anläggningens säkerhet för att säkerställa att anläggningens säkerhet håller en tillräcklig nivå vid drift tills nästa genomgång. Denna genomgång inkluderar bedömning av åldring och degradering av anläggningens styr- och reglersystem.

I Storbritannien finns ett system för att samla in och utvärdera drifterfarenheter, Operational Feedback OEF, med syfte att genomföra förbättringar i konstruktion, drift och underhåll av brittiska kärnkraftverk. Arbetet genomförs inom en central enhet, CFU, Central Feedback Unit, som håller i kontakter med internationella organisationer och motsvarande databaser och rapporterar bland annat till WANO (World Association of Nuclear Operators) och IRS (Incident Reporting System)

Exempel på ett område där det pågår forskning är åldring av elkablar, eftersom åldring av kablage i styr och reglersystem innebär en stor påverkan som helhet.

²³ TECDOC 1402 Management of life cycle and ageing at NPPs: Improved I&C maintenance Wien 2004

Schweiz²⁴

Strategier för åldringshantering av el- och styrkomponenter kan integreras med hela anläggningens livslängdshantering, vilket direkt kan leda till specifika åtgärder i underhållsprogram. Denna typ av strategi används i flertalet kärnkraftverk där ett exempel är Beznau i Schweiz.

Beznaumodellen innebär förenklat att information sammanställs för utrustningen varefter den förväntade livslängden bestäms. Utifrån den framtagna och analyserade informationen skrivs eller modifieras anläggningsunderhållsprocedurer som sedan utförs för att verifiera tillräcklig prestanda eller identifiera utrustning med brister. Slutligen utvärderas resultatet för att avgöra om utrustningen behöver förebyggande åtgärder, utbyte och/eller ökad övervakning.

USA^{25 26}

De flesta problem med åldring av el och I&C rör kablage och därför har forskning fokuserats på att studera åldringmekanismer hos just kablar. Bland annat görs olika typer av mätningar (elektriska, mekaniska, kemiska, visuella inspektioner). Åldring av styr- och reglersensorer är ett annat område som studerats och resultaten visar att åldring av sensorer kan hanteras genom periodiska tester.

Liksom inom resten av kärnkraftsbranschen finns få tillverkare av komponenter till styr- och reglersystem. Detta i kombination med att utbyte till digitala styr- och reglerutrustningar blivit allmänt förekommande medför att problem med obsoleta delar är ett stort bekymmer

Det finns i USA två databaser som följer upp prestanda hos viktiga anläggningsdelar, inklusive styr- och reglerutrustning. Båda databaserna används för att tillhandahålla information om åldringsrelaterade fel och degradering av styr- och reglerutrustning.

EPRI är en organisation i USA som bland annat utför tekniska, politiska och ekonomiska analyser för att driva långsiktig forskning samt stödja forskning inom nya teknologier. EPRI är en länk mellan forskare och näringslivet och har under 2009 och 2010 utfört forskning om åldring av instrumentering och styrning.

²⁴ TECDOC 1402 Management of life cycle and ageing at NPPs: Improved I&C maintenance Wien 2004

²⁵ TECDOC 1402 Management of life cycle and ageing at NPPs: Improved I&C maintenance Wien 2004

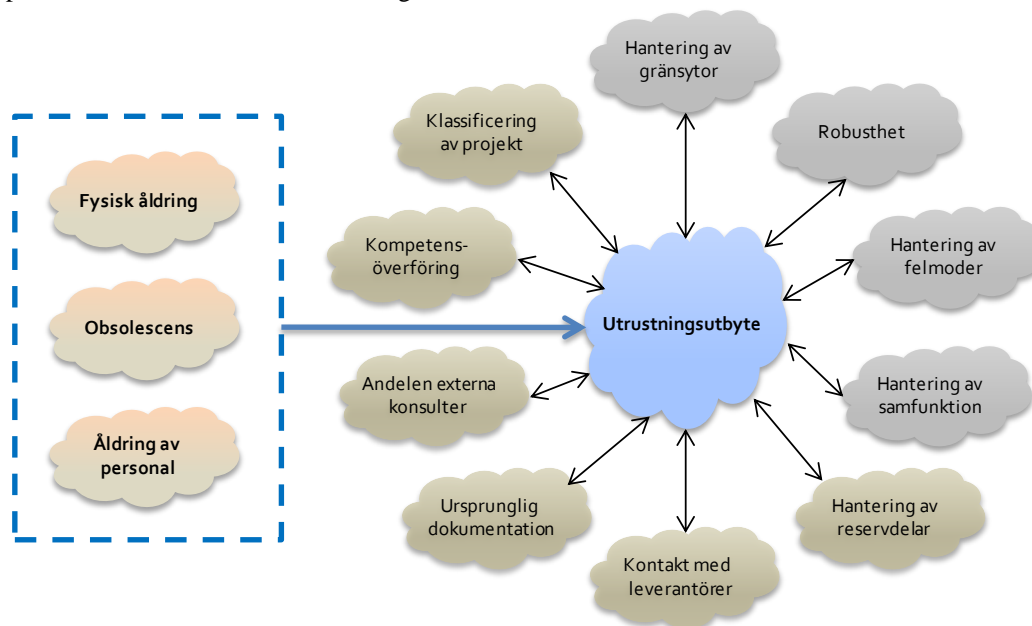
²⁶ IAEA TECDOC 1147 Management Of Ageing of I&C Equipment in Nuclear Power Plants, Wien 2000

6. Slutsatser

Åldring av kärnkraftverken ger upphov till utbyte av utrustning och medför många tekniska och organisatoriska svårigheter. Kraftverket kan beskrivas som en levande process som kontinuerligt förändras.

Syftet med denna utredning var att utreda frågeställningar i samband med att åldrad el- och I&C- utrustning ger behov av ny utrustning med ny eller annorlunda teknik.

Faktorer som leder till utbyte av utrustning och faktorer som sedan påverkar utbytet på kärnkraftverken sammanfattas i figuren 4.



Figur 4 Faktorer som påverkar utbyte av utrustning

Slutsatsen från intervjuerna på de svenska kärnkraftverken sammanfattas nedan:

Frågeställning 1: Samfunktion mellan gammal och ny utrustning exempelvis kompatibilitetsproblem.

Slutsatser: Samfunktion mellan gammal och ny utrustning skapar frågetecken som måste utredas i konstruktionsprocessen. Att förstå samfunktionsproblematiken inom el och I&C kräver stor förståelse för den nya utrustningen, det omgivande systemet och vilken funktion den gamla utrustningen hade. Samfunktionen mellan olika system är mer komplicerad när gammal och ny teknik möts, till exempel samfunktionen mellan analog och digital teknik.

Ny el- och I&C- utrustning väljs med beaktandet att förenkla samfunktionen och förbättra kompatibiliteten.

Att ny utrustning samfungerar med befintlig utrustning är mycket viktigt för att anläggningarna skall vara säkra och bristande samfunktion kan få direkta konsekvenser för säkerheten.

Frågeställning 2: *Faktorer på gränsyteproblematik, t.ex. vad för olikheter mellan gammal och ny utrustning med sig.*

Slutsatser: Ny utrustning gör att de gamla gränsytorna flyttas och nya gränsytor skapas. Den ursprungliga konstruktionen av kärnkraftverkens el och I&C utrustning hade mer naturliga gränsytor. Det initiala arbetet med att identifiera gränsytor spelar en mycket viktig roll då det bestämmer vilka tekniska discipliner som berörs av projektet etc.

Generellt upplevs vägledningen till hanteringen av samfunktion och gränsytor inom el och I&C som något otillräcklig. Idag sitter mycket av denna kunskap om gränsytor och samfunktion i organisationen och fångas upp genom remissrundor. Detta är dock en risk då personer går i pension eller slutar av annan anledning. Ett mer systematiskt angreppssätt bör utarbetas för hantering och identifiering av samfunktionsproblematik och identifiering av gränsytor.

Den ökande andelen och komplexiteten i anläggningarnas gränsytor innebär större krav på konstruktionsprocessen och säkerhetsgranskning. Om gränsytor inte identifieras på korrekt sätt kan det få allvarliga konsekvenser och leda till komplikationer som upptäcks långt senare än de konstruerades.

Frågeställning 3: *Påverkan p.g.a. avsaknad av lämplig kompetens eller kunskaps-glapp, så att korrekt och komplett kravspecifikation kan tas fram med beaktande gammal och ny teknik.*

Slutsatser: För närvarande upplevs att det inte finns ett ordnat system för kompetensöverföring (kompetensöverföringsprogram). Detta identifieras som ett stort behov från teknikavdelningarna då fler och fler viktiga resurser går i pension och mycket viktig information försvinner med dem. Avsaknad av lämplig kompetens påverkar direkt förmågan att ta fram en korrekt och komplett kravspecifikation.

Frågeställning 4: *Hur eventuellt nya felmoder i ny utrustning påverkar säkerhetsfunktioner.*

Slutsatser: Hanteringen och kunskaper av felmoder för el och I&C utrustning bygger mycket på relationen med leverantörer och på deras villighet att lämna ifrån sig information. Mycket av informationen av felmoder kan fås muntligt men det upplevs som mycket svårare att få tillgång till skriftliga analyser.

Felmoder i ny el och I&C utrustning upplevs som mer komplex än i äldre utrustning. Ny utrustning har ofta fler funktioner än vad som efterfrågas vilket ökar risken för felmoder som är svåra att upptäcka. Vid val av ny utrustning försöker man att minimera onödiga funktioner för att minska antalet potentiella felmoder.

Frågeställning 5: *Eventuellt förändrad robusthet i förhållande till grundkonstruktionen.*

Slutsatser: Det saknas en samstämmig förståelse för vad robusthet inom el och I&C innebär inom kärnkraftverkens teknikavdelningar. Den samlade bilden är dock att robustheten har försämrats sedan anläggningarna byggdes.

Övriga slutsatser

Organisatorisk struktur

De svenska kärnkraftverken har en intern organisationsstruktur med en beställar- och en stödorganisation (interna konsulter) där blocken köper tjänster av teknikavdelningen. Detta delar upp kärnkraftsorganisationen i två distinkta delar vilket riskerar att separera de olika två enheternas fokus.

Gränsen mellan olika typer av projekt

Gränsen mellan de tre olika typerna av projekt, underhållsarbete, komponentersättning och anläggningsändring är inte tydligt definierad och teknikavdelningarna bör få mer att säga till om i klassificeringsarbetet. Denna problematik är också sammanlänkad med den kompetens som efterfrågas i beställarorganisationen.

Kompetens i beställarorganisationen

Teknikavdelningarna på de svenska kärnkraftverken uttrycker ett behov av ökad kompetens inom beställarorganisationen (blocken). Kompetensen som efterfrågas är t.ex. systemkunskap som skall underlätta och höja kvaliteten på den inledande analysen som utförs på blocken. Utbytesprojekten skall därmed klassificeras rätt redan från början och undvika senare justeringar och ändringar. Behovet av denna kompetenshöjande åtgärd varierar mellan de olika verken och också mellan blocken på kärnkraftverken men upplevs dock som en genomgående kunskapslucka på alla verk.

Leverantörer

Leverantörer får på senare tid större helhetsåtaganden, dels för att minimera kostnader, men också för att minimera gränssytor och samfunktionsproblematik. Detta ställer dock högre krav på kunskapsöverföringen mellan leverantörer och anläggning eftersom anläggningspersonalen även efter leverantörens åtagande måste vara insatt i hur den nya utrustningen och systemen fungerar.

En del av detta är att högre krav bör ställas på leverantörer avseende den dokumentation verken behöver samt kunskap om nya felmoder och skyddsfunktioner i ny utrustning. Samarbete mellan kärnkraftverken där inköp i större grad koordineras, sker i allt större utsträckning, och detta ger verken större möjlighet till att ställa högre krav på leverantörerna.

Externa konsulter

Andelen externa konsulter på verken är varierande till antal och andel av den totala personalen på verken. Den samstämmiga åsikten är dock att det finns för många konsulter och att kunskapen som konsulterna bär med sig har större risk att försvinna. Detta är ytterligare en anledning till varför kompetensöverföringsprogram måste etableras eller tillämpas i tillräcklig omfattning.

Konsekvenser för säkerheten

Konstruktionsprocessens efterlevnad och genomförande är mycket viktig för säkerheten och tillgängligheten av de svenska kärnkraftverken. Genom att el och I&C utrustning förändras och även blir mer komplex samt personalen som kan de äldre systemen åldras och pensioneras, försvåras konstruktionsarbetet. Detta leder till att högre krav bör ställas på remisshantering och säkerhetsgranskning på verken.

Flera av de problem som beskrivits i denna rapport kan öka riskerna och utmana säkerheten i olika grad på verken. Ett exempel på detta är att vid klassificeringen av ändringsprojekt upplevs det att beställarfunktionen (blocken) ibland tenderar att inte klassificera en utbytesändring som anläggningsändring, fast det av teknikorganisationen uppfattas som att det är mest relevant. Detta kan medföra ökade risker vid mer

komplikerade byten som el- och I&C, då konstruktionsarbetet och granskningsprocessen inte är lika omfattande vid komponentersättningsprojekt.

7. Förslag till fortsatt arbete

Förslag till fortsatt forskning inom el- och I&C- området summeras nedan:

- Fördjupad studie av internationella hanteringssätt av frågeställningar i samband med att åldrad el- och I&C- utrustning ger behov av ny utrustning med ny eller annorlunda teknik.
- Studie av de svenska kärnkraftverkens interna beställarfunktion och dess hantering av frågeställningar i samband med att åldrad el- och I&C- utrustning ger behov av ny utrustning med ny eller annorlunda teknik.
- Studie av hur kompetensöverföring av el- och I&C- kunskap hanteras i kärnkraftverk i andra länder.
- Studera hur verken kan dra mer nytta av varandra i hanteringssättet av åldrad el och I&C utrustning.
- Jämförelse mellan hanteringen av åldring vid svenska och finska kärnkraftverk, styrkor och svagheter.

8. Referenser

IAEA TECDOC 1188, Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety: In-containment instrumentation and control cables, Wien 2000

IAEA Safety Standards, Ageing Management for Nuclear Power Plants, Safety Guide No NS-G-2.12

www.iaea.org/NuclearPower/IandC

IAEA TECDOC 1402, Management of life cycle and ageing at NPPs: Improved I&C maintenance, Wien 2004

IAEA, *Ageing Management for Nuclear Power Plants, Safety Guide No. NS-G-2.12, Wien, 2009*

Åldring av el-, styr- och reglerutrustning i kärnkraftverk. Elforsk rapport 11:09

IAEA TECDOC 1147, Management Of Ageing of I&C Equipment in Nuclear Power Plants, Wien 2000

IEC 62402/SS-EN 62402 Obsolescence Management

Bilaga 1 – Standarder

IAEA Riktlinjer om kärnkraftssäkerhet:

No. NS-G.2.12 Ageing Management for NPPs (2009)

No. NS-G-1.8 Design of Emergency Power Systems for NPPs (2004)

No. NS-G-1.3 Instrumentation and Control Systems Important to Safety in NPPs (2002)

IAEA Tekniska Dokument (TECDOC)

IAEA-TECDOC-1402 Management of life cycle and ageing at NPPs: Improved I&C maintenance (2004)

IAEA-TECDOC-1398 Managing modernization of NPP instrumentation and control systems (2004)

IAEA-TECDOC-1188 Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety, vol 1 and 2 (2000)

IAEA-TECDOC-1147 Management of Ageing of I&C Equipment in NPPs (2000)

Rapporter som publicerats sedan 2008 och som är under framtagning

On-line monitoring for Improving Performance of NPPs (2008)

The Role of I&C Systems in Power Upgrading Projects (2008)

Implementing Digital I&C Systems in Modernization of NPPs (2009)

Protecting Against Common Cause Failure in Digital I&C Systems (2009)

Integration of Analog and Digital Instrumentation and Control Systems in Hybrid Control Rooms (2010)

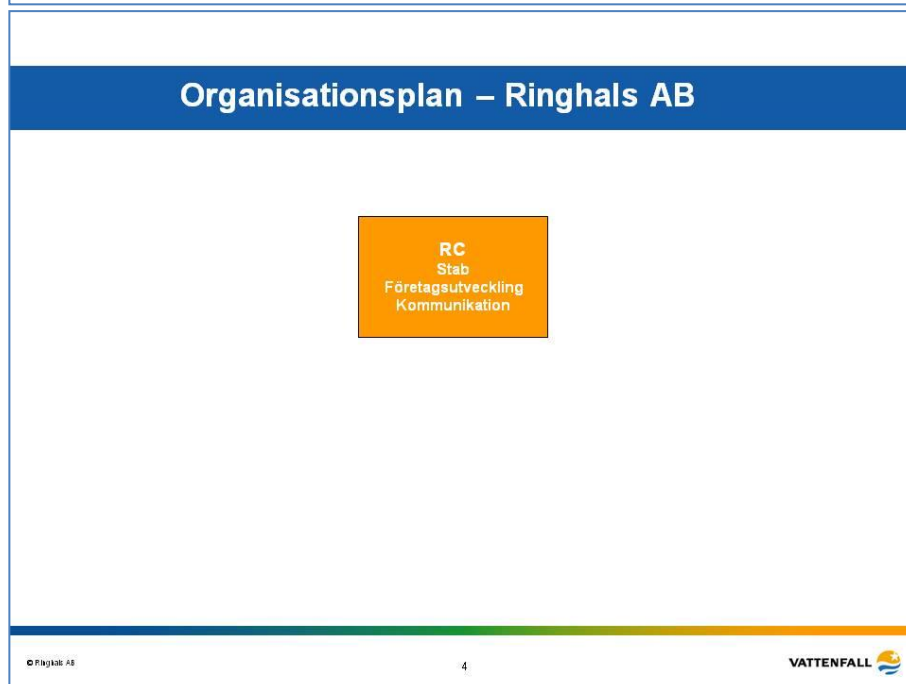
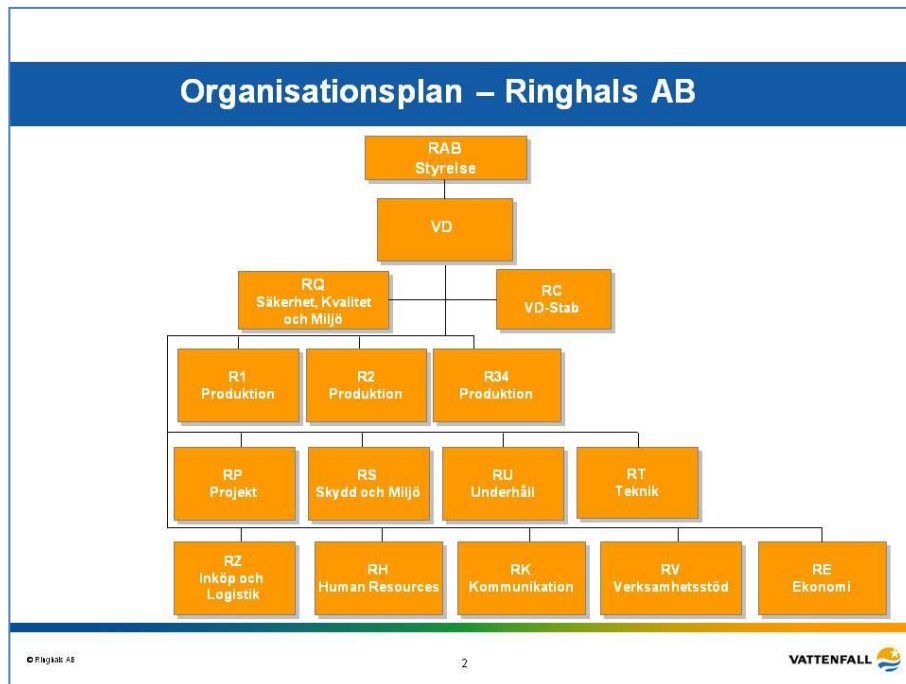
Preparing and Conducting Review Missions of Instrumentation and Control Systems in NPPs (2011)

Core Knowledge on Instrumentation and Control Systems in NPPs: A Reference Book (planerad publicering 2011)

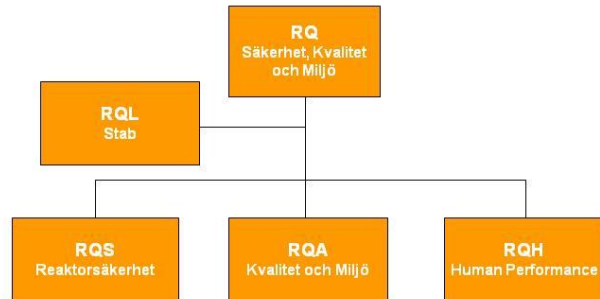
Technical Challenges and Solutions in Application of Digital Systems in NPP (planerad publicering 2011)

Assessing and Managing Cable Ageing in NPPs (planerad publicering 2011)

Bilaga 2 – Organisationsschema Ringhals Kärnkraftverk



Organisationsplan – Ringhals AB

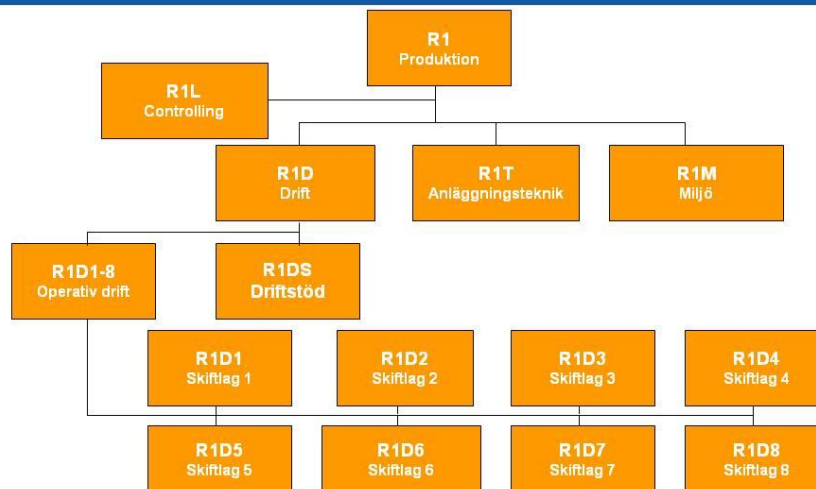


© Ringhals AB

5



Organisationsplan – Ringhals AB

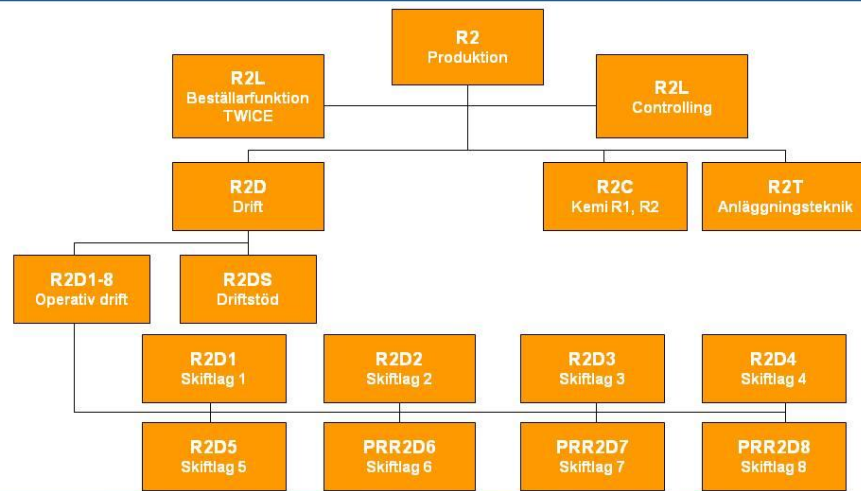


© Ringhals AB

6



Organisationsplan – Ringhals AB

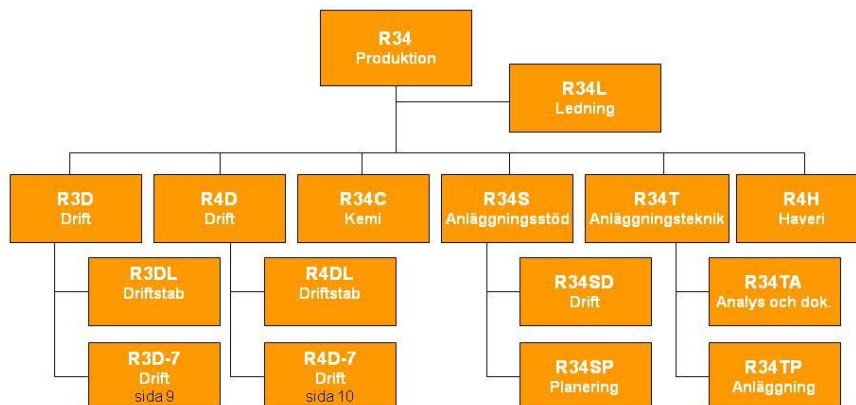


© Ringhals AB

7

VATTENFALL 

Organisationsplan – Ringhals AB

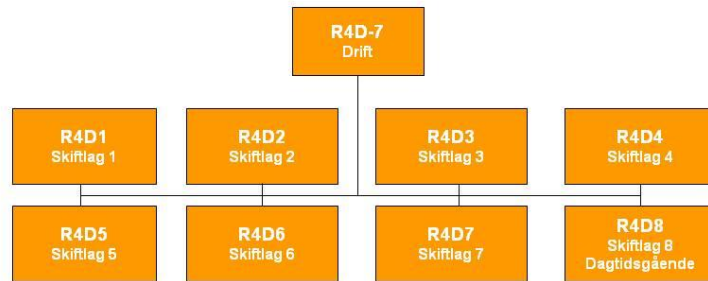


© Ringhals AB

8

VATTENFALL 

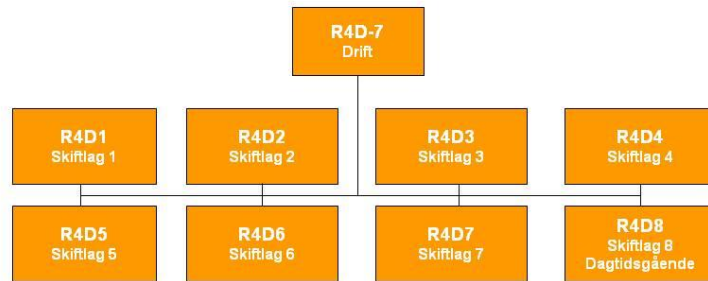
Organisationsplan – Ringhals AB



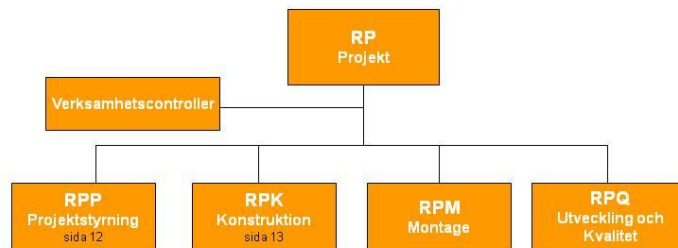
Organisationsplan – Ringhals AB



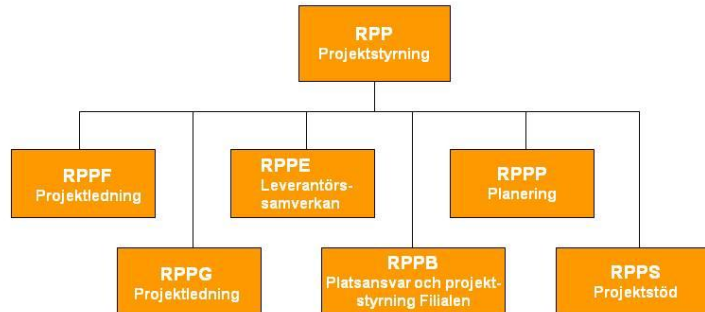
Organisationsplan – Ringhals AB



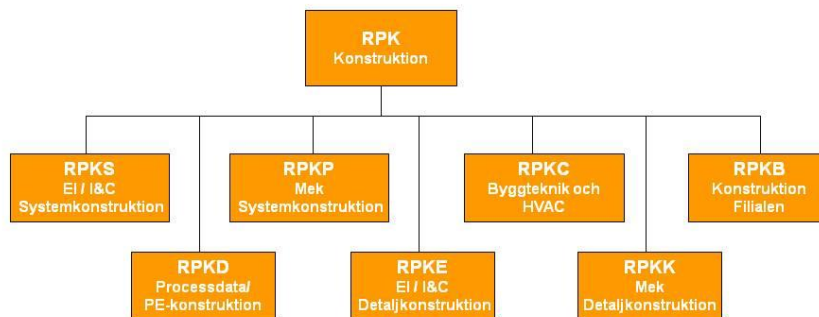
Organisationsplan – Ringhals AB



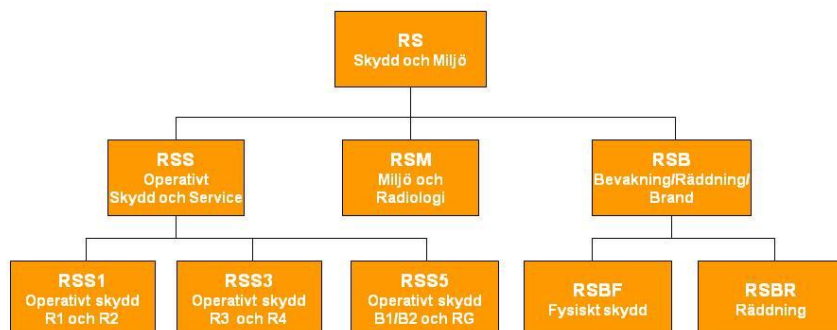
Organisationsplan – Ringhals AB



Organisationsplan – Ringhals AB



Organisationsplan – Ringhals AB

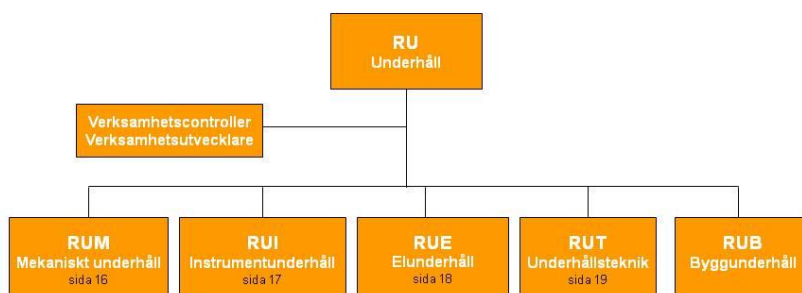


© Ringhals AB

14

VATTENFALL 

Organisationsplan – Ringhals AB

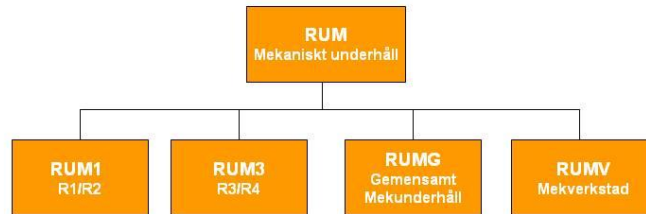


© Ringhals AB

15

VATTENFALL 

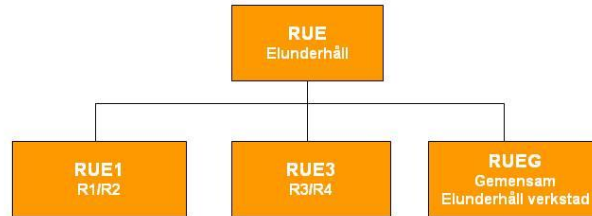
Organisationsplan – Ringhals AB



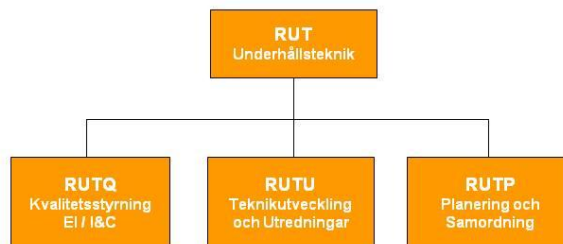
Organisationsplan – Ringhals AB



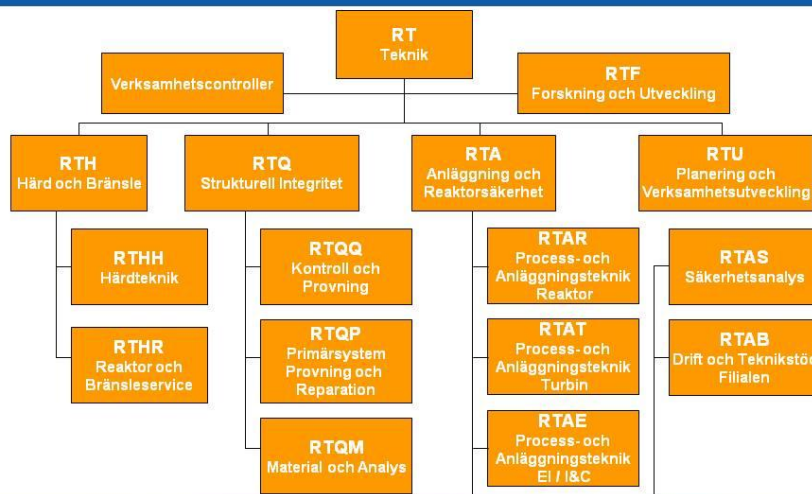
Organisationsplan – Ringhals AB



Organisationsplan – Ringhals AB



Organisationsplan – Ringhals AB

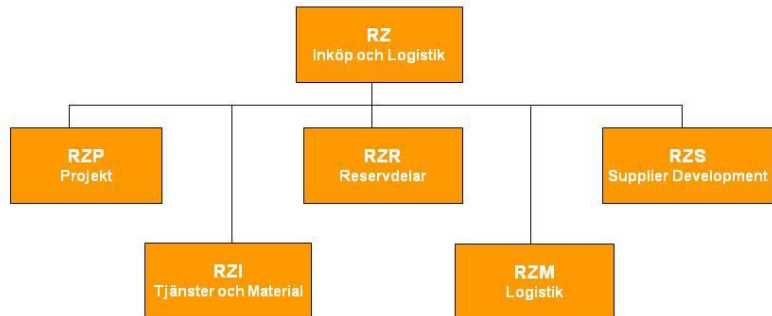


© Ringhals AB

20



Organisationsplan – Ringhals AB

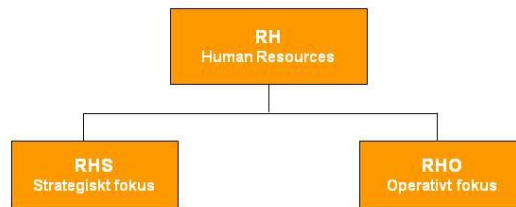


© Ringhals AB

21



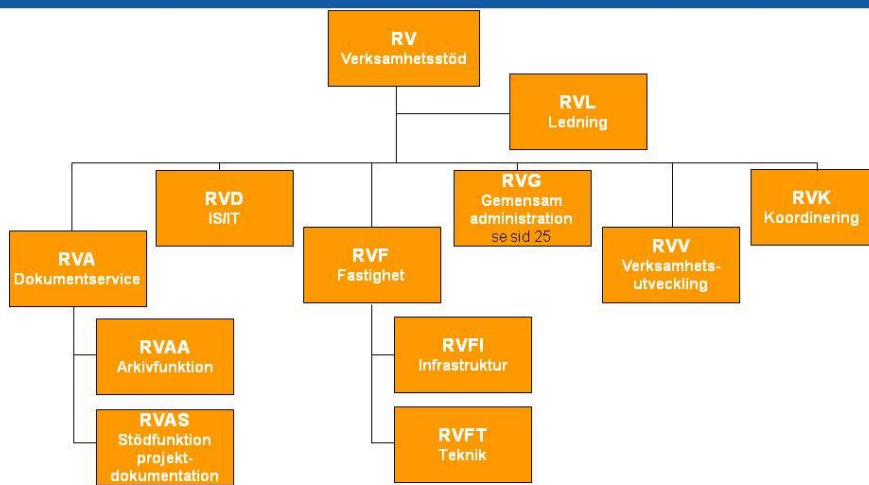
Organisationsplan – Ringhals AB



Organisationsplan – Ringhals AB



Organisationsplan – Ringhals AB

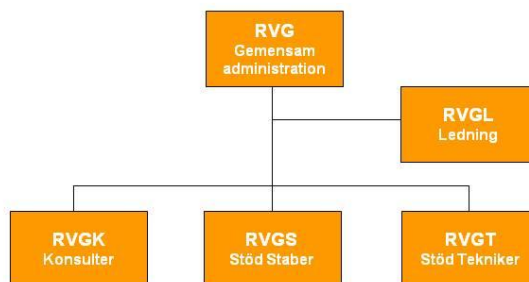


© Ringhals AB

24

VATTENFALL 

Organisationsplan – Ringhals AB

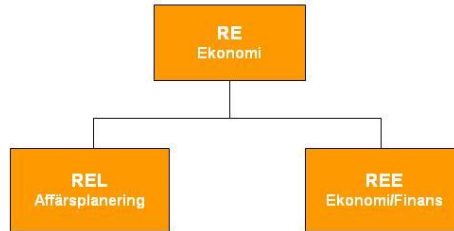


© Ringhals AB

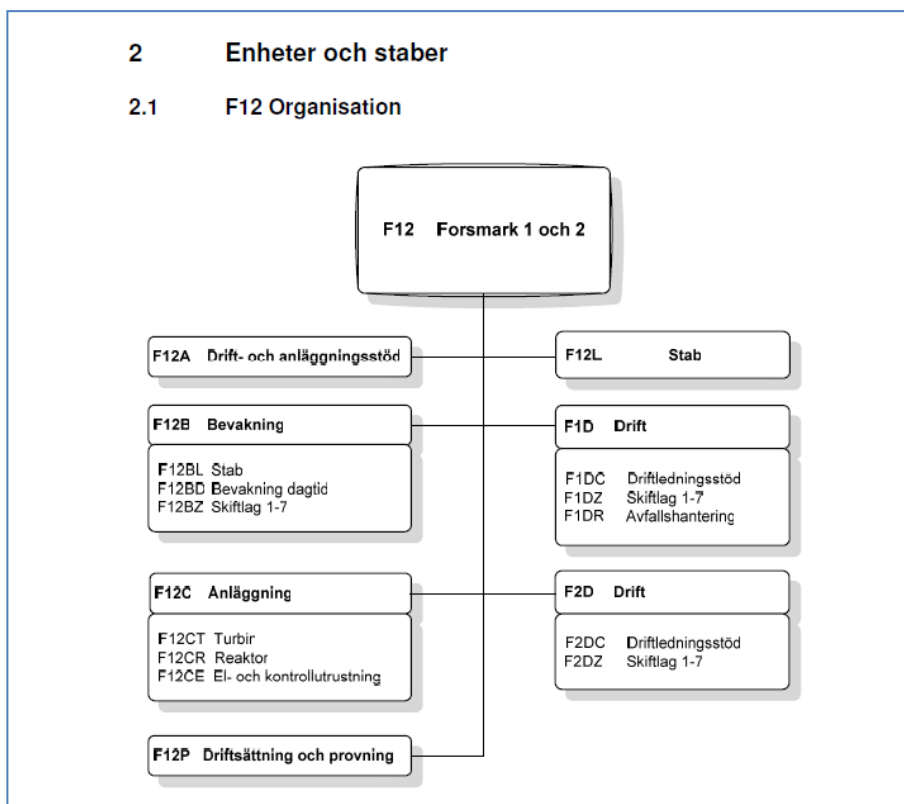
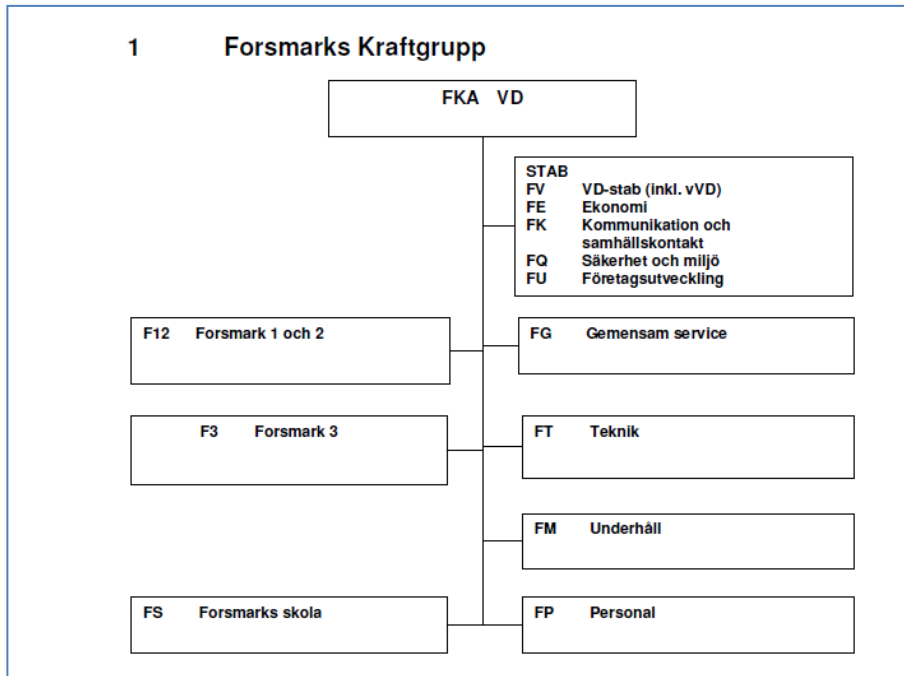
25

VATTENFALL 

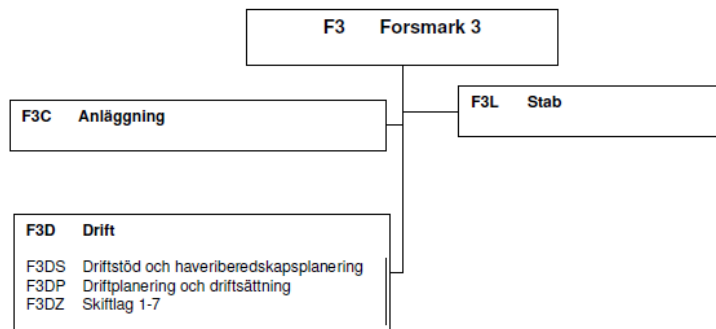
Organisationsplan – Ringhals AB



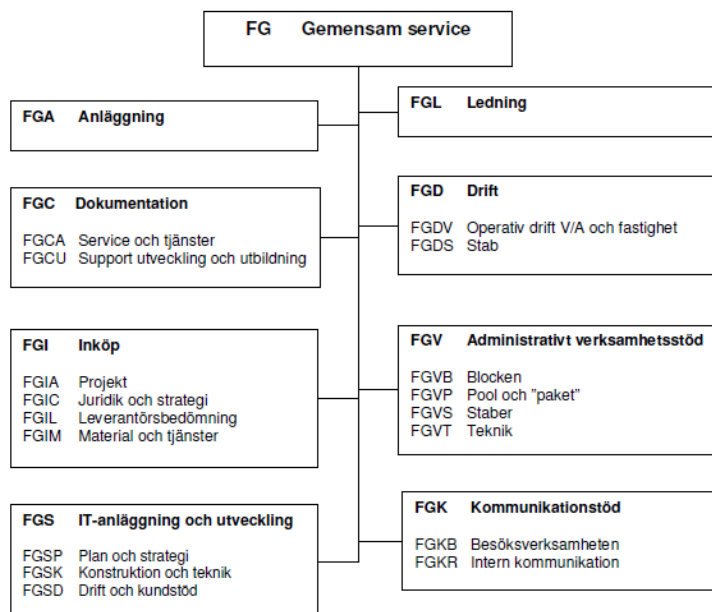
Bilaga 3 – Organisationsschema Forsmark Kärnkraftverk



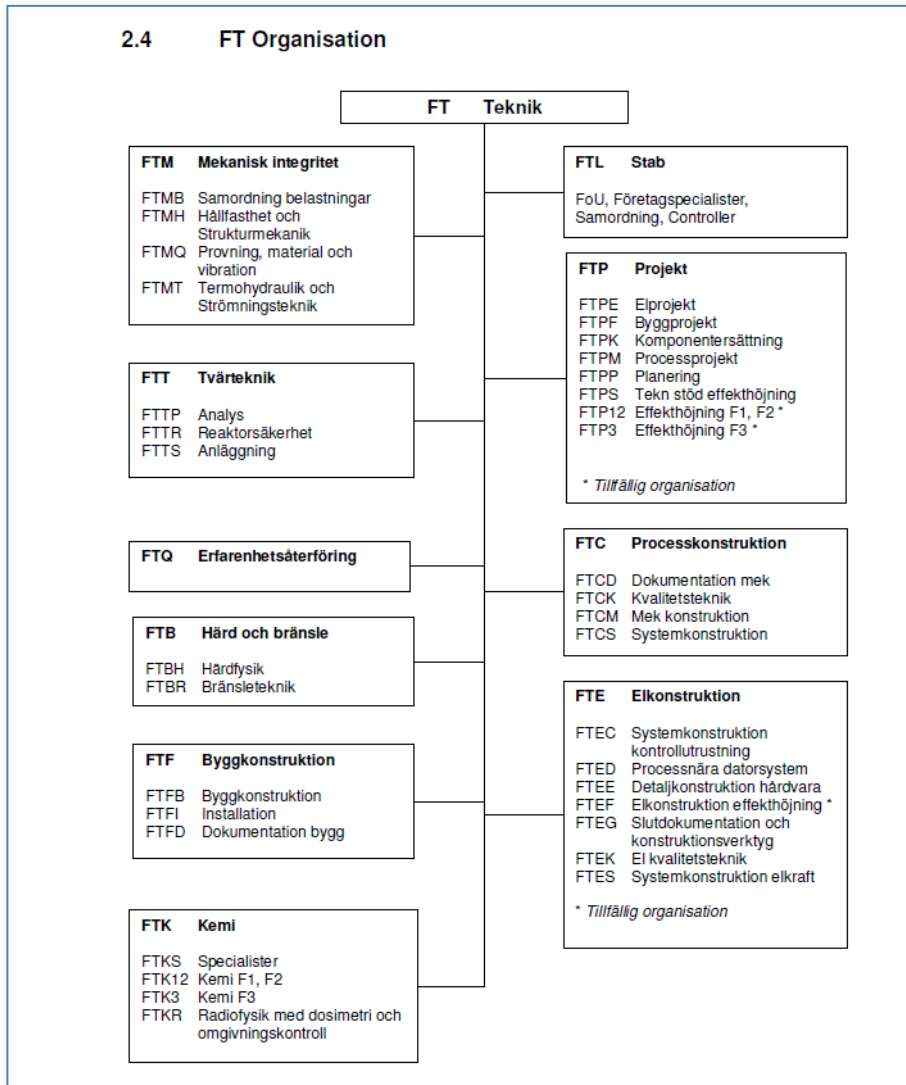
2.2 F3 Organisation



2.3 FG Organisation



2.4 FT Organisation



2.5 FV VD-stab (inkl. vVD)

FV VD-stab (inkl. vVD)

2.6 FE Organisation



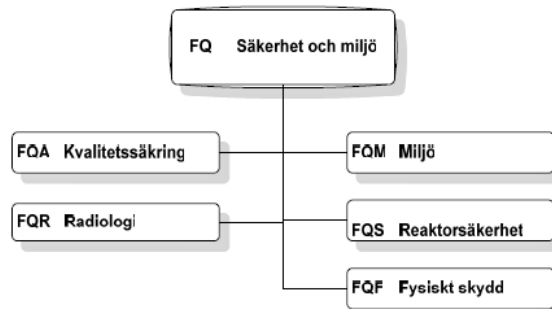
2.7 FK Organisation

FK Kommunikation
och samhällskontakt

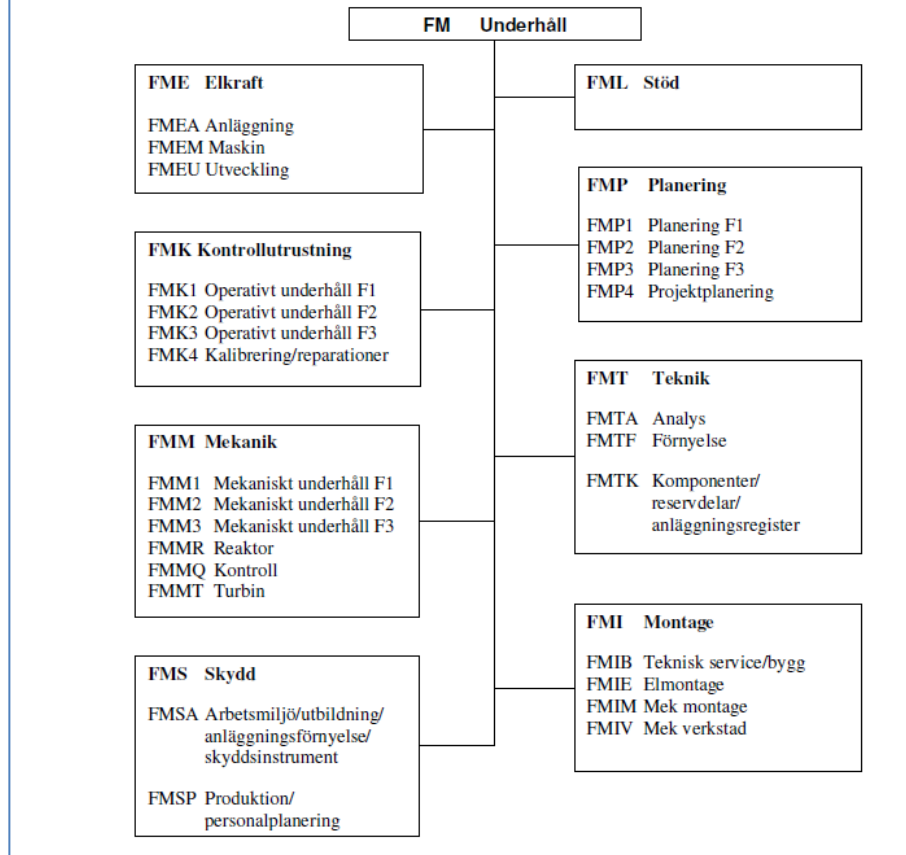
2.8 FU Organisation

FU Företagsutveckling

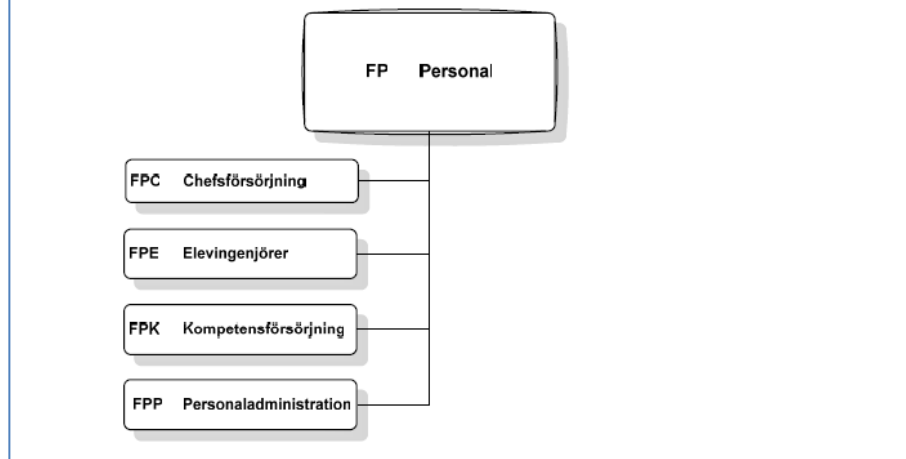
2.9 FQ Organisation



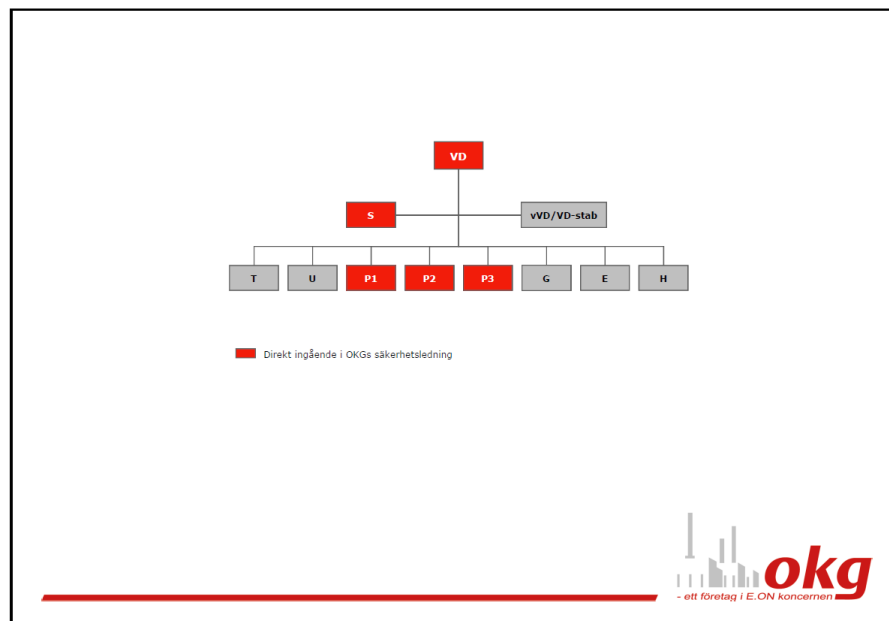
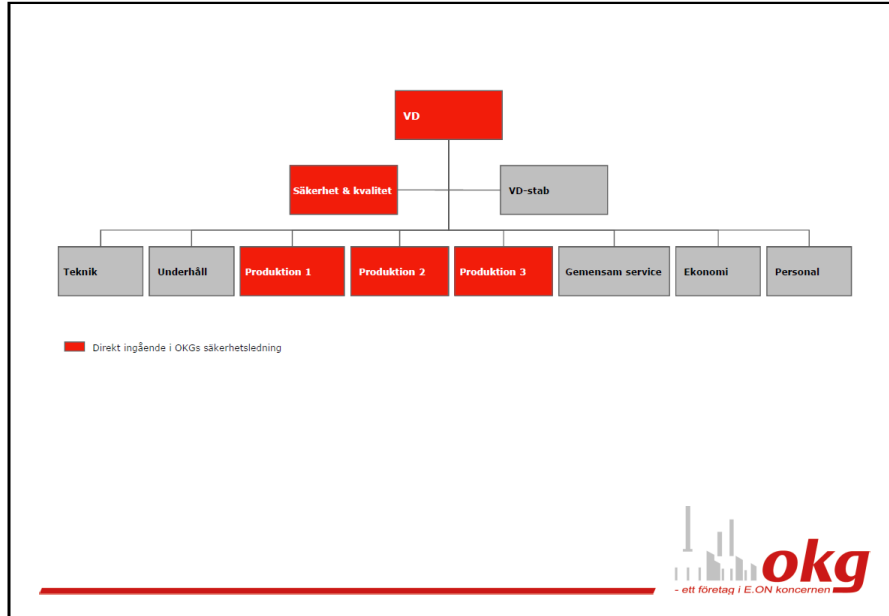
2.10 FM Organisation

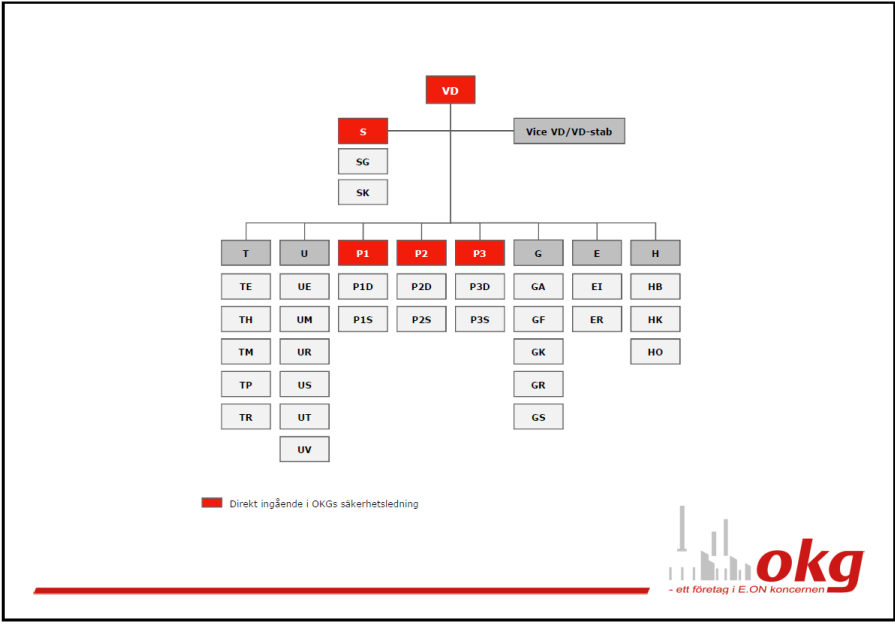


2.11 FP Organisation



Bilaga 4 – Organisationsschema Oskarshamn Kärnkraftverk





2012:16

Strålsäkerhetsmyndigheten har ett samlat ansvar för att samhället är strålsäkert. Vi arbetar för att uppnå strålsäkerhet inom en rad områden: kärnkraft, sjukvård samt kommersiella produkter och tjänster. Dessutom arbetar vi med skydd mot naturlig strålning och för att höja strålsäkerheten internationellt.

Myndigheten verkar pådrivande och förebyggande för att skydda människor och miljö från oönskade effekter av strålning, nu och i framtiden. Vi ger ut föreskrifter och kontrollerar genom tillsyn att de efterlevs, vi stödjer forskning, utbildar, informerar och ger råd. Verksamheter med strålning kräver i många fall tillstånd från myndigheten. Vi har krisberedskap dygnet runt för att kunna begränsa effekterna av olyckor med strålning och av avsiktlig spridning av radioaktiva ämnen. Vi deltar i internationella samarbeten för att öka strålsäkerheten och finansierar projekt som syftar till att höja strålsäkerheten i vissa östeuropeiska länder.

Strålsäkerhetsmyndigheten sorterar under Miljödepartementet. Hos oss arbetar drygt 250 personer med kompetens inom teknik, naturvetenskap, beteendevetenskap, juridik, ekonomi och kommunikation. Myndigheten är certifierad inom kvalitet, miljö och arbetsmiljö.

Strålsäkerhetsmyndigheten
Swedish Radiation Safety Authority

SE-171 16 Stockholm
Solna strandväg 96

Tel: +46 8 799 40 00
Fax: +46 8 799 40 10

E-mail: registrator@ssm.se
Web: stralsakerhetsmyndigheten.se