



2012-09-26

Dok nr: SSM2010/807-179

Arbetsgrupp: Lars Bennemo KS, Tomas Jelinek KS, Hans Blomström KS, Lars Gunsell KS,
Tomas Almberger KS

Författare: Lars Bennemo KS

Fastställd Jan Hanberg cKS

Genomförda moderniseringsåtgärder i svensk kärnkraft för att uppfylla kraven i SSMFS 2008:17 samt säkerhetsbetydelsen av dessa åtgärder

Sammanfattning

Strålsäkerhetsmyndighetens (SSM) samlade bedömning är att hittills genomförda åtgärder med anledning av kraven i Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om konstruktion och utförande av kärnkraftsreaktorer (SSMFS 2008:17) förstärkt säkerheten i de 10 svenska kärnkraftsreaktorerna. Huvudsakligen har förmågan att kontrollera förhållanden som kan uppkomma vid konstruktionsstyrande haverier förstärkts. Även driften av anläggning och övervakningen av barriärerna har förstärkts väsentligt genom införandet av ny eller uppgraderad kontrollutrustning. En vinst med arbetet att uppfylla kraven är även den ökade kunskapsnivån och säkerhetsmedvetenhet som tillståndshavarna tillgodogjort sig i och med det mycket omfattande arbetet som genomförts med förberedande analyser och uppdatering av kärnkraftsreaktorernas säkerhetsredovisningar.

De ursprungliga planerna för genomförande har reviderats så att slutåret för åtgärderna flyttats från 2013 till 2015. Förseningen beror framförallt på att omfattningen och komplexitetet har varit större jämfört med den ursprung-

Strålsäkerhetsmyndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

SE-171 16 Stockholm

Tel:+46 8 799 40 00

E-post: registrator@ssm.se

Solna strandväg 96

Fax:+46 8 799 40 10

Webb: stralsakerhetsmyndigheten.se



liga uppskattningen som tidsplanen var baserad på. SSM bedömer att förse- ningarnas påverkan på säkerheten är måttlig.

Uttolkningen av kravnivån i SSMFS 2008:17 kompliceras av inbördes kopp- ling mellan olika paragrafer och kopplingen till andra föreskrifter, vilket tydliggjorts under arbetets gång. Tillståndshavarnas beskrivning av hur kra- ven tillämpas och verifieras ger inte alltid en tydlig bild av hur kraven blir omhändertagna. Detta tillsammans med att myndigheten har underskattat omfattningen av den granskning som behöver genomförs för att kunna ta ställning till hur tillståndshavarna uppfyller kraven gör att granskningen ännu inte är helt slutförd.

Den probabilistiska kvantifieringen av genomförda och planerade åtgärder visar att härdskadefrekvenserna mer än halveras i Ringhals och minskar med omkring en tredjedel i Oskarshamn. Forsmark har valt att inte genomföra någon probabilistisk kvantifieringen.



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	1
1. Syfte	4
2. Genomförande och avgränsningar	4
3. Bakgrund till föreskrifterna	4
4. Om SSMFS 2008:17 och dess innebörd	6
5. Säkerhetsförbättringar enligt beslutade planer	8
5.1. Forsmark	10
5.2. Oskarshamn	10
5.3. Ringhals.....	11
6. Sammanfattande bedömning av åtgärdsprogrammets och åtgärdernas tillräcklighet för kravuppfyllnad	12
6.1. Forsmark	13
6.2. Oskarshamn	14
6.3. Ringhals.....	15
7. Åtgärdernas säkerhetsmässiga effekter	17
7.1. Forsmark	18
7.2. Oskarshamn	18
7.3. Ringhals.....	19
8. Fortsatt arbete	20
9. Referenser	21



1. Syfte

Syftet med denna rapport är att samlat redovisa de åtgärder som följer av krav som ställs i SSMFS 2008:17 och hur kärnkraftsreaktorerna sammantaget uppfyller kraven. En bedömning görs även av hur genomförda åtgärder, med anledning av kraven, påverkat säkerheten. I redovisningen beskrivs dessutom kortfattat bakgrunden och orsakerna till de olika säkerhetshöjande åtgärder som införts på de svenska kärnkraftsreaktorerna sedan anläggningarna togs i bruk.

2. Genomförande och avgränsningar

SSM har, i ett separat projekt, följt upp och granskat de aktuella säkerhetsredovisningarna för respektive kärnkraftsreaktor. Granskningarna har huvudsakligen omfattat de krav som ställs i SSMFS 2008:17 och som tillståndshavarna anser att de redan uppfyller. Dessutom har SSM, inom de normala tillsynsrutinerna, granskat de anläggningsändringar som genomförts som följd av kraven.

Föreliggande redovisning beskriver SSM:s hittills gjorda bedömningar av uppfyllandet av kraven i SSMFS 2008:17. Flera åtgärder, enligt SSM:s övergångsbeslut, har en färdigtidpunkt efter 2012 och är därför ännu inte genomförda. I dessa fall har granskningen begränsats till anläggningens säkerhetsredovisning där det beskrivs hur kraven avses att bli tilläpade, anpassade till vad som bedömts rimligt och möjligt samt de analyser och förslag till åtgärder som finns tillgängliga.

3. Bakgrund till föreskrifterna

De svenska kärnkraftsreaktorerna konstruerades och uppfördes under 1960- och 1970-talen och togs i drift mellan 1972 och 1985. Principen för säkerhetsmässiga moderniseringar av reaktorerna har därefter varit en successiv förbättring genom anläggningsändringar och särskilda åtgärder när allvarliga händelser inträffat i svenska eller utländska anläggningar samt internationell regelutveckling. Efter till exempel olyckan vid kärnkraftverket Three Mile Island i USA 1979 tillsatte regeringen en reaktorsäkerhetsutredning som i sin rapport bland annat rekommenderade att de svenska reaktorerna skulle förses med utsläppsbegränsande tryckavlastningsfilter. Filtren infördes mellan 1985 och 1988 på samtliga kärnkraftsreaktorer.

I augusti 1998 beslutade Statens Kärnkraftinspektions (SKI) styrelse om föreskrifter om säkerhet i vissa kärntekniska anläggningar (SKIFS 1998:1, sedermera SSMFS 2008:1). Föreskrifterna och därtill hörande allmänna råd trädde i kraft den 1 juli 1999. Föreskrifterna innehåller grundläggande säker-



hetsbestämmelser som syftar till att förebygga radiologiska olyckor och för att kunna utöva en effektiv tillsyn. I den konsekvensutredning som genomfördes i samband med att föreskrifterna utarbetades bedömdes att de uttalade kraven på barriärer och djupförsvar inte skulle få några omedelbara tekniska konsekvenser för de berörda anläggningarna eftersom dessa var och en på sitt sätt är konstruerade efter grundprinciperna med barriärer och djupförsvar såsom dessa principer tolkades vid tiden för anläggningarnas uppförande. Det uteslöts inte att mer preciserade krav skulle ställas i ett senare skede.

Ett annat exempel på identifierat problem som lett till speciella insatser för att förbättra säkerheten är den s.k. silhändelsen i Barsebäck 1992 då det uppdragades att nödkylningssystemen i reaktorerna inte fungerade på det sätt som förutsattes i säkerhetsredovisningarna. Silhändelsen och den åtföljande modifieringen av nödkylningssystemen i alla svenska reaktorer utgjorde startpunkten för flera industriprojekt, i samarbete med reaktorleverantörerna, för att gå igenom och uppdatera säkerhetsredovisningarna i syfte att kontrollera att inga ytterligare säkerhetsproblem kunde ligga dolda.

Tillståndshavarna startade även ett samarbetsprojekt för att definiera en konstruktionsstandard för svenska kärnkraftsreaktorer i drift på 2000-talet samtidigt som SKI startade ett projekt, det s.k. R-2000-projektet, för att följa och utvärdera industrins projekt för säkerhetsutveckling. Under utredningen fördes en omfattande dialog om detta med tillståndshavarna. När det efter ett par år visade sig att tillståndshavarnas slutrapport skulle dröja, beslöt SKI att ta initiativet och ge ut allmänna råd om konstruktion och utförande av kärnkraftsreaktorer. Beslutet föranleddes inte av några akuta säkerhetsproblem utan skulle ses som vägledning för modernisering och säkerhetsmässig uppgradering inför den återstående drifttiden av de svenska reaktorerna.

Senare planerades moderniseringsprogram för flera av kärnkraftsreaktorerna. Mot bakgrund av detta bedömde SKI att det fanns anledning att i stället för vägledning ge ut föreskrifter med generella säkerhetskrav på konstruktion och utförande av kärnkraftsreaktorer.

Utgångspunkten för dessa föreskrifter med tillhörande allmänna råd är svenska och utländska drifterfarenheter, senare års säkerhetsanalyser, resultat från forsknings- och utvecklingsprojekt samt utvecklingen av IAEA:s säkerhetsstandarder och de industristandarder som tillämpades vid uppförandet av anläggningarna. Kraven omfattar konstruktionsprinciper, tålighet mot vissa felfunktioner och händelser, miljötålighet, övervaknings- och manövermöjligheter från kontrollrum och reservövervakningsplats, säkerhetsklassning, händelseklassning och bestämmelser om reaktorhårdens konstruktion och drift. En konsekvensutredning för dessa nya föreskrifter genomfördes av SKI där uppsatta krav på konstruktion och utförande av kärnkraftsreaktorer värderades säkerhetsmässigt och ekonomiskt. Utredningen



baserades på tillståndshavarnas analyser av identifierade brister och kostnaden för att åtgärda dessa.

Föreskrifterna med tillhörande allmänna råd innebar på vissa områden en skärpning och utvidgning av befintliga regler. På andra områden befäster föreskrifterna befintliga principer som tillämpats vid konstruktionen av reaktorerna samt vid senare anläggningsändringar. Att föra in dessa krav i den föreslagna författningen innebar således ingen skärpning i förhållande till gällande krav, men med generella föreskrifter gavs kraven en enhetlig tillämpning, mer transparens och kunde på ett överskådligt sätt kommuniceras med olika intressenter.

I oktober 2004 fastställde Statens kärnkraftinspektion de nya föreskrifterna om konstruktion och utförande av kärnkraftreaktorer att gälla från januari 2005. Föreskrifterna omrubricerades vid bildandet av Strålsäkerhetsmyndigheten till SSMFS 2008:17.

4. Om SSMFS 2008:17 och dess innebörd

SSMFS 2008:17 innehåller krav avseende konstruktion och utförande av svenska kärnkraftsreaktorer och beskriver inledningsvis tillämpningsområde och definitioner av väsentliga begrepp som används i texten. Föreskrifterna ställer krav på åtgärder för att upprätthålla och utveckla säkerheten i konstruktionen och utförandet av kärnkraftsreaktorer i syfte att, så långt som det är rimligt med beaktande av bästa möjliga teknik, förebygga radiologiska olyckor. Både bestämmelser om tekniska och administrativa åtgärder anges.

Föreskrifterna är utformade som relativt allmänt hållna krav kompletterade med övergripande råd om tillämpningen.

Till stor del kan föreskrifterna hänföras till skärpta krav som gäller tålighet i olika avseenden mot inre och yttre händelser. Dessa sammanfattas förenklat i det följande:

- Automatiska eller passiva funktioner bör användas för säkerhetssystem. Om detta inte är möjligt eller rimligt kan förberedda manuella åtgärder accepteras om tillräckligt rådrum¹ finns.
- Driftsystem får inte påverka säkerhetssystem negativt
- Reaktorinneslutningen ska vara konstruerad med beaktande av de fenomen som kan uppstå vid svåra haverier (härdsmlta)
- Det ska vara möjligt vid alla händelser att uppnå en vattentäckt hård/härdsmlta som är kyld även i ett långtidsförlopp.

¹ Rådrum = tid för eftertanke innan visst beslut fattas, viss handling utförs



- Fel på en enstaka komponent ska anläggningen klara med hjälp av redundans².
- Multipla fel ska motverkas genom diversifiering³ och administrativa åtgärder.
- Fysisk och funktionell separation mellan redundanser ska gälla för att förhindra att samma fel eller händelse påverkar flera redundanser.
- Kärnkraftreaktorn ska klara belastningar som kan uppstå vid rörbrott.
- Kärnkraftreaktorn ska motstå naturfenomen och andra händelses ut- anför eller inne i anläggningen.
- Kärnkraftreaktorn ska normalt styras och övervakas från centrala kontrollrummet vid alla driftlägen. Är inte centrala kontrollrummet tillgängligt ska reaktorn kunna tas till varm avställning och överva- kas från reservövervakningsplats.
- En reaktorhård ska vara utformad med tillräckliga marginaler och ef- fektpendlingar ska inte vara möjliga eller bli upptäckta och dämpas.

Sedan föreskrifterna fastställdes har myndigheten tagit fram rapporter för vissa av paragraferna med ett förtydligande av SSM: s syn på den närmare innebörden av kraven och råden. Dessa utgör dock inte juridiskt bindande dokument.

I och med att omfattningen av de analyser och åtgärder som krävdes för att uppfylla SSMFS 2008:17 i vissa fall medförde relativt omfattande insatser, gavs tillståndshavarna möjligheten att själva bedöma hur mycket tid och resurser dessa skulle kräva. Utifrån tillståndshavarnas bedömningar fattade därefter myndigheten övergångsbeslut för när specifika analyser och åtgär- der skulle vara uppfyllda för varje enskild kärnkraftsreaktor. Övergångsbe- slutet spände ursprungligen över en period från 2005 till och med utgången av 2013. För vissa av åtgärderna har tillståndshavarna ansökt om, och bevil- jats, en förlängning av uppfyllandetiden till 2015. Skälen för dessa förläng- ningar har varit flera och beskrivs nedan.

Uttolkningen av kravnivån i SSMFS 2008:17 är komplex, beroende på in- bördes koppling mellan olika paragrafer och kopplingen till andra föreskrif- ter, vilket tydliggjorts under arbetets gång. Tillsammans med att omfattning-

² Redundans = flera oberoende system som kan utföra samma uppgift, övertalighet

³ Diversifiering = en redundans som utför samma uppgift men på ett principiellt olika sätt eller har olika egenskaper.



en för flera av åtgärderna underskattats har detta lett till att färdigtidpunkter i flera fall inte kunnat innehållas.

SSM har vid flera tillfällen beslutat att medge en senareläggning av tidpunkterna för de moderniseringar och säkerhetshöjande åtgärder som följer av kraven enligt SSMFS 2008:17. Vid dessa tillfällen har tillståndshavarna som skäl för att tidpunkterna behöver förskjutas, bland annat anfört att det vid arbetet med att genomföra olika åtgärder identifierats behov av vissa ytterligare åtgärder för att på ett ändamålsenligt sätt uppfylla kraven i föreskrifterna. Vidare har man även anfört att genomförandet av de olika åtgärderna inom ramen för moderniseringsarbetena varit så omfattande att det inte har varit möjligt att, med bibehållna höga krav på kvaliteten, genomföra samtliga åtgärder inom den angivna tiden.

Genomförandet av omfattande åtgärder ställer också stora krav på planering och koordinering av olika insatser. I flertalet fall handlar det om att genomföra kvalificerade konstruktionsförändringar. Tillgången till den expertis som krävs vid dessa åtgärder är begränsad.

Under arbetet med att genomföra åtgärder till följd av SSMFS 2008:17 har tillståndshavarna också i vissa fall identifierat behov av fler och delvis andra åtgärder än de som identifierades när de ursprungliga besluten om tidpunkter fattades. Eftersom dessa åtgärder inneburit ytterligare förbättringar av säkerheten, har SSM:s inställning varit att det är en fördel att genomföra dessa även om det också inneburit vissa ytterligare förseningar.

Av 28 § i SSMFS 2008:17 framgår att SSM får medge undantag från föreskrifterna om särskilda skäl föreligger och om det kan ske utan att syftet med föreskrifterna åsidosätts. SSM anser att hittillsvarande anståndsansökningar uppfyller dessa krav.

Vad avser kraven som framgår av SSMFS 2008:17 kan sägas att dessa i stor utsträckning utgör funktionella krav, som anger *vad* som ska utföras eller uppnås men inte preciserar exakt *hur* detta ska ske. Ett av syftena med denna typ av föreskrifter är just att tillståndshavaren ständigt ska arbeta för att hitta möjligheter att ytterligare stärka säkerheten.

Det bör observeras att SSM:s beslut om tidsutsträckning för de åtgärder som varit nödvändiga, de s.k. övergångsbesluten, inte tagit ställning till om de av tillståndshavarna aviserade åtgärderna är tillräckliga för att uppfylla föreskrifterna i SSMFS 2008:17.

5. Säkerhetsförbättringar enligt beslutade planer

Tillståndshavarna har, sedan övergångsbesluten togs, arbetat med att producera nödvändiga underlag och analyser och utifrån dessa genomföra åtgärder



för att möta kraven i föreskrifterna i SSMFS 2008:17. Arbetet tog i praktiken sin början redan innan föreskrifterna trädde i kraft i och med den konsekvensutredning som slutfördes i oktober 2004. I samband med att föreskrifterna gavs ut utförde respektive tillståndhavare ett omfattande arbete med att definiera planer för att uppfylla kraven.

Åtgärderna har varierande säkerhetsbetydelse och omfattning varför enbart en jämförelse av antalet återstående åtgärder inte är helt rättvisande.

Fram till den 30 juni 2012 har sammantaget c:a 60 % av de beslutade åtgärderna genomförts. Återstående åtgärder fördelade på respektive anläggning framgår av nedanstående tabell:

Kärnkraftsreaktor	Återståendeåtgärder av totalt antal planerade åtgärder
Forsmark 1	3/27
Forsmark 2	7/27
Forsmark 3	3/20
Oskarshamn 1	9/23
Oskarshamn 2	24/36
Oskarshamn 3	5/28
Ringhals 1	15/35
Ringhals 2	30/53
Ringhals 3	27/56
Ringhals 4	27/56

En mer utförlig sammanställning av genomförda och återstående planerade åtgärder redovisas i referens [1]

Att Ringhals (RAB) har relativt många återstående åtgärder beror på att en förnyad genomgång gjorts som resulterade i behov av kompletterande eller ytterligare åtgärder för att uppfylla kraven i SSMFS 2008:17. Dessa åtgärder bedömdes av RAB kräva ytterligare tid varför SSM i december 2011 beviljade nya tidpunkter för uppfyllandet av flera paragrafer.



För Oskarshamn 2 har en ansökan inkommit att få flytta samtliga åtgärder som skulle vara genomförda år 2012 till år 2014. SSM har ännu inte hanterat ansökan.

5.1. Forsmark.

Följande åtgärder är bland de mer betydande av de som har genomförts eller kommer att genomföras:

- F1/F2/F3 - Kylning i långtidsförloppet. Installation klar för F1 och F2 men instruktionspaket återstår att ta fram. Åtgärden införs 2013 på F3.
- F1/F2 - Ombyggnad av aktiveringen av styrstavarnas inskruvningsfunktion till säkerhetsfunktion (Klart)
- F1/F2/F3 - Initiering av reaktorns säkerhetskretsar (516) genom två olika parametrar (Klart för F1 och F2, eventuella åtgärdsbehov på F3 införs 2013)
- F1/F2/F3 - Införande av automatiserad avställning med borinppumpning (Klart)
- F3 - Extern vattenkälla för 327 (klart)
- F3 - Diversifiering av resteffektkylning (Klart).
- F1/F2 - Ombyggnad av kylkedjan 322/711/715 i fyra separata stråk (Klart)
- F1/F2 - Ombyggnad av 110 och 220V spänningsmatningar så att drift och säkerhet separeras (Klart)
- F1/F2 - Förbättrad separation av säkerhetsstråk i vissa relä- och apparatur (Åtgärd 2012 för F2 och 2013 för F1)
- F1/F2/F3 - Förbättrat skydd mot lokala och dynamiska effekter (Klart)
- F1/F2 - Förstärkt kylsystembyggnad (Klart)
- F1/F2 - Förstärkt brandsprinkling i kabelkulvertar (Klart)
- F1/F2 - Införande av ny reservmanöverplats (klart)
- F3 - Komplettering av befintlig reservmanöverplats (Klart)
- F1/F2/F3 - Detektering och automatisk dämpning av global och lokal härdinstabilitet (Klart)

5.2. Oskarshamn.

Följande betydande åtgärder har genomförts eller kommer att genomföras:

- O1/O2 – Möjlighet att uppnå stabilt sluttillstånd med vattenfylld reaktorinneslutning efter ett brott i den största rörledningen som ansluter till reaktortanken i händelseklass H4. (Klart)
- O1/O2/O3 - Införa automatisering av borsystemet. (O3 klart. O1 och O2 åtgärd 2012)



- O1/O2/O3 - Förstärka tåligheten mot följd effekter av en LOCA. (Klart för O3. Åtgärder 2012 för O1/O2)
- O1 - Förstärka innertaket i CKR mot jordbävning. (Åtgärd 2012)
- O2/O3 - Säkerställa att snabbstopp erhålls utan att tryckavsäkring tillgodoräknas. (O3 klart. O2 åtgärd 2012)
- O2 - Införa nya vattenblåsande ventiler i system 314 med ny logik. (Åtgärder 2012)
- O2/O3 - Införa ny diversifierad resteffektkylkedja. (O2 åtgärd 2012, O3 klart)
- O2 - Införa fysisk separation av el och I&C i fyra separata stråk. (Åtgärder 2012)
- O2 - Införa nytt reservkontrollrum. (Åtgärder 2012)
- O3 - Införande av diversifierad aktivering av säkerhetsfunktion. (Åtgärd 2014)
- O3 - Diversifiering av hjälpmatarvatten inklusive vattenkälla (klart)
- O3 - Åtgärder för att minska följderna av en brand. (Klart)

5.3. Ringhals

Följande åtgärder har genomförts eller kommer att genomföras:

- R1/R2/R3/R4 - Åtgärder för att stärka skyddet mot händelser och fenomen som har betydelse för inneslutningens integritet (förmåga att hålla tätt) vid svåra haverier. (Klart för R1 och R2. Åtgärder inför 2014 för R3/4.)
- R1/R2/R3/R4 - Handlingsplan för kylning i långtidsförloppet. (Analyser genomförda. Installationer 2014 för R2/3/4 och 2015 för R1).
- R2/R3/R4 - Installation av passiva vätgasrekombinatorer (Klart).
- R1/R2/R3/R4 - Förstärkt brandskydd (Klart).
- R1/R2 - Förstärkt reaktorskyddssystem (Klart).
- R1 - Förstärkt resteffektskylsystem (Klart).
- R1 - Förstärkt elkraft (Klart).
- R1/R2/R3/R4 - Miljökvalificering av komponenter innanför inneslutningen (Klart).
- R3/R4 - Förstärkning av skydd mot yttre händelser (Åtgärder 2015)
- R2/R3/R4 - Införande av skydd mot kall övertryckning (Åtgärder 2015)
- R1/R2/R3/R4 - Kvalificering eller installation av tryckavlastningsventiler för vattenblåsning (R1 åtgärd 2014 och R2 åtgärd 2015, R3 och R4 klart)
- R2/R3/R4 - Översyn av miljökvalificering av komponenter utanför reaktorinneslutningen (Åtgärd 2015)
- R1/R2 - Förstärkt tålighet mot jordbävning (Åtgärd 2013)



Dessutom har omfattande analyser i syfte att verifiera anläggningarnas tålig-
het mot händelser (bl.a. vissa säkerhetsanalyser) genomförts.

6. Sammanfattande bedömning av åtgärdsprogrammets och åtgärdernas tillräcklighet för kravuppfyllnad

SSM har inom de normala tillsynsrutinerna granskat säkerhetsförbättrings-
åtgärderna efterhand som de har införts i kärnkraftsreaktorerna. Detsamma
gäller de analyser och andra utredningar som legat till grund för säkerhets-
förbättringarna. Dessa granskningar visar sammanfattningsvis att samtliga
kärnkraftsreaktorer behöver komplettera vissa analyser och åtgärder för att
uppfylla flera av kraven. Även kraftbolagen, framförallt RAB, har genomfört
en omfattande genomgång av de ursprungliga planerna och identifierat be-
hov av ytterligare åtgärder för att uppfylla kraven, vilket har inkluderats i
SSM:s övergångsbeslut.

Mer än hälften av de åtgärder som krävs för att uppfylla kraven i SSMFS
2008:17 har genomförts. En utvärdering av huruvida dessa åtgärder sam-
mantaget är tillräckliga för att fullt ut uppfylla alla krav har ännu inte ge-
nomförts. Ett krav kan styra flera åtgärder och en åtgärd kan medverka till
uppfyllandet av flera krav, vilket försvårar bedömningen innan alla åtgärder
är kända och granskade av SSM.

SSM har därutöver även granskat kärnkraftsreaktorernas säkerhetsredovis-
ningar i de delar som berörs av kraven i SSMFS 2008:17, både för de fall där
tillståndshavarna anser att man uppfyller ställda krav och för de fall där tids-
frist ännu återstår för att uppfylla dessa. Även här saknas underlag för att en
helhetsbedömning ska kunna göras. I flera fall är tillståndshavarnas beskriv-
ning av hur krav tillämpas och verifieras alltför allmänt skrivna för att ge en
tydlig bild av hur kraven blir omhändertagna. Hittillsvarande granskningar
visar dock att tillståndshavarnas tolkning av flera av kraven inte överens-
stämmer med SSM:s. Exempelvis har tillståndshavarna i flera fall inte ut-
vecklat diversifieringen till att omfatta hjälpsystem, bl.a. elkraftsystem och
kontrollsystem, i tillräcklig omfattning för att SSM ska kunna anse att före-
skriften är uppfylld.

Tillståndshavarna genomför i vissa fall omfattande åtgärder för att uppfylla
kraven så som de tolkas av dem. I dessa fall har SSM accepterat att påbör-
jade förbättringsåtgärder genomförts enligt redovisad plan, även om dessa
inte bedöms vara tillräckliga, eftersom en höjning av säkerheten ändå upp-
nås. Krav på kompletteringar av åtgärderna kommer i dessa fall att ställas av
SSM i efterhand.

SSM:s samlade bedömning är att hittills genomförda åtgärder med anledning
av kraven i SSMFS 2008:17 förstärkt säkerheten i de 10 svenska kärnkrafts-



reaktorerna. Huvudsakligen har förmågan att kontrollera förhållanden som kan uppkomma vid konstruktionsstyrande haverier förstärkts. Även driften av kärnkraftsreaktorn och övervakningen av barriärerna har förstärkts väsentligt genom införandet av ny eller uppgraderad kontrollutrustning. En vinst med arbetet att uppfylla kraven är även den ökade kunskapsnivån och säkerhetsmedvetenhet som tillståndshavarna tillgodogjort sig i och med det mycket omfattande arbetet som genomförts med förberedande analyser och uppdatering av kärnkraftsreaktorernas säkerhetsredovisningar.

6.1. Forsmark

Forsmark (FKA) har sedan början av 90-talet ett program för framtida säkerhetsförbättringar som baseras på föreskriftsrelaterade åtgärder, tekniska och organisatoriska erfarenheter från egna och liknande kärnkraftsreaktorer, resultat från forsknings- och utvecklingsprojekt samt utvecklingen av sådana standarder som används vid uppförande och drift av kärnkraftsreaktorerna.

6.1.1. Forsmark 1 och Forsmark 2

Forsmark 1 och 2 tog i drift i början av 1980-talet och konstruerades ursprungligen med redundanta system inom många säkerhetsfunktioner, som har varit separerade i begränsad omfattning. För några säkerhetsfunktioner har moderniseringsåtgärder genomförts för att uppfylla nya krav på separation och införande av diversifiering etc. enligt föreskrifterna sedan 2007. Åtgärder har genomförts för att möjliggöra kylning i långtidsförloppet efter härdskador. För att förstärka skyddet vid fel med gemensam orsak så har aktivering av styrtavornas inskruvningsfunktion byggts om till en säkerhetsfunktion. Automatisering av borin pumpning har införts och kompletteringar är genomförda för att initiera reaktorns säkerhetskretsar (system 516) genom två olika parametrar även om några parametrar ännu återstår att införa. För att förbättra fysisk och funktionell separation så har resteffektkyldjorna separerats i fyra stråk. Ombyggnad är genomförd av 110 V och 220 V spänningsmatningar så att drift och säkerhet separeras. På Forsmark 2 har separation mellan olika redundanta stråk förbättrats i vissa relä- och apparatrum genom införande av nya brandceller men även brandbegränsande åtgärder i form av syrereducerad atmosfär som installerats men ännu inte tagits i drift. Denna åtgärd återstår att införa på Forsmark 1. För att förstärka skyddet mot inre och yttre händelser har kylsystembyggnader förstärkts och brandsprinkling har kompletterats i kabelkulvertar. Reservmanöverplatser är införda för att kunna kontrollera reaktorn i en situation när kontrollrummet måste utrymmas. Åtgärder är införda för att detektera och automatiskt dämpa härdinstabilitet.

Generellt bedömer SSM att de åtgärder som Forsmark 1 och 2 har infört eller kommer införa förbättrar säkerheten och kan därmed uppfylla en stor del av



kraven i SSMFS 2008:17. I vissa fall kan kompletteringar komma att behövas, både av säkerhetsredovisningen och rent fysiska åtgärder.

6.1.2. Forsmark 3

Forsmark 3 togs i drift 1985 och är (tillsammans med Oskarshamn 3) det modernaste svenska kärnkraftverket och som är konstruerat med separerade och redundanta säkerhetsfunktioner. De moderniseringar som har genomförts har till stora delar genomförts för att uppfylla kravet på skydd mot fel med gemensam orsak såsom automatiserad avställning genom borinppumpning, extern vattenkälla för härdsnödkylning och införande av funktioner för diversifierad resteffektkylning. Förutom dessa åtgärder har reservmanöverplatsen kompletterats och detektering och automatisk dämpning av härdestabilitet är införd. Det återstår att införa åtgärder för att initiera reaktorns säkerhetskretsar genom två olika parametrar samt att möjliggöra kylning i långtidsförloppet efter en härdsmlta.

Generellt bedömer SSM att de åtgärder som Forsmark 3 har infört eller kommer att införa förbättrar säkerheten och kan därmed uppfylla en stor del av kraven i SSMFS 2008:17. I vissa fall kan kompletteringar komma att behövas, både av säkerhetsredovisningen och rent fysiska åtgärder.

6.2. Oskarshamn

Oskarshamn (OKG) har under en lång tid bedrivit flertalet stora moderniseringsprojekt i syfte att höja säkerheten samt möjliggöra en lång livslängd på reaktorerna.

6.2.1. Oskarshamn 1

Oskarshamn 1 är Sveriges äldsta kärnkraftverk och där identifierades brister i kärnkraftsreaktorns konstruktion redan på 1990-talet. Därför genomfördes omfattande åtgärder under början av 2000-talet som OKG senare har bedömt vara tillräckliga för att uppfylla stora delar av SSMFS 2008:17. För att fullt ut uppfylla kraven kommer Oskarshamn 1 genomföra ytterligare åtgärder. Bland annat kan installationen av ett automatiserat borsystem samt analyser av dimensionerande värden för naturfenomen och andra yttre händelser nämnas. De åtgärder som har pekats ut i övergångsbesluten återstår i några fall att genomföra.

Generellt bedömer SSM att de åtgärder som Oskarshamn 1 har infört eller kommer att införa förbättrar säkerheten och kan därmed uppfylla en stor del av kraven i SSMFS 2008:17. I vissa fall kan kompletteringar komma att behövas, både av säkerhetsredovisningen och rent fysiska åtgärder.



6.2.2. Oskarshamn 2

OKG bedriver för Oskarshamn 2 ett omfattande projekt PLEX bedrivits under många år för att modernisera kärnkraftsreaktorn, bl.a. för att analysera och komplettera anläggningen så att den ska uppfylla kraven i SSMFS 2008:17. Projektet är dock försenat och OKG har begärt anstånd med införande till att senast 2014 införa de åtgärder som är identifierade. Oskarshamn 2 har störst moderniseringsbehov eftersom den är en av de äldre kärnkraftsreaktorerna och dessutom inte sedan tidigare har genomgått några omfattande moderniseringar. Merparten av de åtgärder som Oskarshamn 2 behöver genomföra enligt övergångsbesluten är planerade att utföras under det försenade projektet PLEX. Av de åtgärder som ska genomföras inom ramen för projekt PLEX kan skärskilt en diversifiering av reaktorskyddssystemet, automatiserad borsystem, förbättrad redundans och separation på hjälpkraftdieslar, vattenblåsande ventiler i avblåsningssystemet, diversifiering av resteffektkylning etc. nämnas. Samtliga dessa åtgärder bedöms ha stor betydelse för reaktorsäkerheten. SSM bedömer även att redovisningen avseende hur kraven på uppfyllnad verifieras måste bli tydligare. Dessförinnan kan SSM inte med full säkerhet bedöma hur kraven slutligen kommer att uppfyllas.

6.2.3. Oskarshamn 3

Oskarshamn 3 togs i drift 1985 och är (tillsammans med Forsmark 3) det modernaste svenska kärnkraftverket och som är konstruerat med separerade och redundanta säkerhetsfunktioner. De moderniseringar som har genomförts har till stora delar genomförts för att uppfylla kravet på skydd mot fel med gemensam orsak såsom automatiserad avställning genom borin pumpning, ny logik för vattenblåsande ventiler, extern vattenkälla för härdnödskylning och införande av diversifierad resteffektkylning. Förutom dessa åtgärder så har snabbstoppsystemet modifierats för att klara sin funktion utan tryckavsäkring. Det återstår att införa åtgärder för att initiera reaktorns säkerhetskretsar genom två olika parametrar och skydd av reaktorinneslutningen vid svåra haverier.

Generellt bedömer SSM att de åtgärder som Oskarshamn 3 har infört eller kommer att införa förbättrar säkerheten och kan därmed uppfylla en stor del av kraven i SSMFS 2008:17. I vissa fall kan kompletteringar komma att behövas, både av informationen i säkerhetsredovisningen och rent fysiska åtgärder.

6.3. Ringhals

RAB har ansökt om och beviljats de mest omfattande förändringarna av åtgärderna i övergångsbesluten. Detta till stor del som en följd av nya rön under arbetet med de stora moderniseringsprogrammen. I arbetet med förbe-



redelserna till moderniseringarna har även behov av såväl utökningar av vissa åtgärder som identifiering av nya åtgärder anmälts.

6.3.1. Ringhals 1

Ringhals 1 är en av de äldsta reaktorerna i Sverige och har av den anledningen genomgått flera stora moderniseringsprojekt initierade innan SSMFS 2008:17 trädde ikraft, däribland ett projekt som syftar till att modernisera reaktorskyddssystemet och resteffektkylfunktionen. Detta projekt har på många sätt varit en del av Ringhals 1:s ursprungliga åtgärdsplaner och har i det avseendet, i huvudsak genomfört åtgärder (däribland den moderniserade resteffektkylningen) som syftar till förmåga att kontrollera förhållanden som kan uppkomma vid konstruktionsstyrande haverier. Även driften av kärnkraftsreaktorn och övervakningen av barriärerna förstärks genom införandet av ny kontrollutrustning (däribland den moderniserade reaktorskyddsfunktionen). Andra genomförda eller planerade åtgärder förstärker barriärerna och de barriärskyddande funktionerna genom utökad flertalighet, separation samt motståndskraft mot påverkan från brand (genom ett förstärkt brandskydd), jordbävning, blixn och andra yttre händelser.

Generellt bedömer SSM att de åtgärder som Ringhals 1 har infört eller kommer att införa förbättrar säkerheten och kan därmed uppfylla en stor del av kraven i SSMFS 2008:17. I vissa fall kan kompletteringar komma att behövas, både av säkerhetsredovisningen och rent fysiska åtgärder.

6.3.2. Ringhals 2

Ringhals 2 är en av de äldre reaktorerna i Sverige och den äldsta reaktorn av PWR-typ vilket har medfört att Ringhals 2 under senare år har genomgått mycket omfattande ändringar avseende kontrollutrustningens utformning. Detta har genomförts inom projekt TWICE som numera är avslutat. Åtgärder inom detta projekt har till stor del varit åtgärder som har funnits med i de ursprungliga åtgärdsplanerna. De åtgärder i anläggningen som föranleds av kravbilderna i SSMFS 2008:17 bidrar till en förstärkning av djupförsvaret på ett flertal sätt. Driften av anläggningen och övervakningen av barriärerna förbättras genom införandet av ny kontrollutrustning, där särskild hänsyn tagits till samfunktionen människa-maskin (Projekt TWICE:s genomförande). Andra genomförda eller planerade åtgärder förstärker barriärerna och de barriärskyddande funktionerna genom utökad flertalighet, separation samt motståndskraft mot påverkan från jordbävning, brand, vätagasfrigörelse. Stora bidrag till säkerhetsnyttan ges av installationen av passiva vätagasrekombinatorer, utbyte av kontrollutrustningen, den planerade förstärkningen av hjälpmatarvattenssystemet och den planerade förbättrade redundansen och av komponentkylsystemet. Dessutom kan kvalificeringen av tryckhållarens tryckavlastningsventiler för vattenblåsning nämnas.



Generellt bedömer SSM att de åtgärder som Ringhals 2 har infört eller kommer att införa förbättrar säkerheten och kan därmed uppfylla en stor del av kraven i SSMFS 2008:17. I vissa fall kan kompletteringar komma att behövas, både av säkerhetsredovisningen och rent fysiska åtgärder.

6.3.3. Ringhals 3 och 4

Ringhals 3 och 4 är reaktorer med en ursprunglig konstruktion som är relativt modern. Trots detta har antalet åtgärder i de ursprungliga åtgärdsplanerna för dessa anläggningar varit många om än av något annan karaktär än för t.ex. Ringhals 2. Åtgärderna har i större utsträckning varit kompletterande analyser som syftar till att verifiera befintlig konstruktion, men även till viss del till att identifiera var åtgärder behöver sättas in. Åtgärder är bland annat passiva vätagasrekombinatorerna samt ett nytt brandsläckningssystem. Utöver detta kan diversifiering av reaktorskyddssystemet och kvalificeringen av tryckhållarens tryckavlastningsventiler för vattenblåsning nämnas som åtgärder som kommer förbättra säkerheten.

Generellt bedömer SSM att de åtgärder som Ringhals 3 och 4 har infört eller kommer att införa förbättrar säkerheten och kan därmed uppfylla en stor del av kraven i SSMFS 2008:17. I vissa fall kan kompletteringar komma att behövas, både av säkerhetsredovisningen och rent fysiska åtgärder.

7. Åtgärdernas säkerhetsmässiga effekter

De genomförda eller planerade åtgärder som föranletts av kravbilderna i SSMFS 2008:17 förstärker samtliga barriärer och barriärskyddande funktioner, främst genom utökad flertalighet och separation. Ombyggnaderna har även inneburit en förstärkning av djupförsvaret för samtliga anläggningar vilket också den kvalitativa utvärderingen har påvisat. Den del av djupförsvaret som förstärkts mest är förmågan att kontrollera förhållanden som kan uppkomma vid konstruktionsstyrande haverier. Andra positiva säkerhetseffekter än de rent fysiska förändringarna av stationerna är den förhöjda kunskapsnivån om anläggningarnas egenskaper som analyserna gentemot kravbilderna i SSMFS 2008:17 har medfört, samt att anläggningsdokumentationen förbättrats.

Säkerhetsnyttan har även värderats med probabilistiska metoder, PSA, se [2], [3] och [4]. Den övervägande delen av åtgärderna är dock sådana att de ger en liten påverkan på den totala härskadefrekvensen. Detta beror delvis på att det finns flera viktiga säkerhetsfaktorer där värderingen med PSA har sina begränsningar. Bland dessa kan nämnas anläggningens robusthet d.v.s. förmågan att hantera oförutsedda händelser. Vidare så gäller det värderingen av att barriärerna är jämnstarka så att anläggningen inte är beroende av en stark barriär medan de övriga är svaga. Samma svårighet finns vid värdering



av de olika leden i djupförvaret. En del säkerhetsåtgärder finns inte med i PSA-modellen och de organisatoriska faktorerna saknas. PSA som det används idag värderar inte heller "långtidsförlopp", vad som händer efter de första dygnet. Dessa faktorer bidrar till att en värdering med PSA inte ger hela svaret på den säkerhetsmässiga effekten av genomförda och planerade åtgärder.

Kvantifieringen av genomförda och planerade åtgärder visar, trots ovan angivna begränsningar, att härdskadefrekvenserna mer än halverats i Ringhals och minskat med omkring en tredjedel i Oskarshamn. Forsmark har inte genomfört någon probabilistisk kvantifieringen.

7.1. Forsmark

FKA bedömer att bidraget till reduktion av härdskadefrekvensen och utsläpp är försumbar och har av den anledningen inte genomfört någon kvantitativ säkerhetsvärdering av åtgärderna. SSM:s bedömning, baserat på det som övriga tillståndshavare har redovisat är att en signifikant reduktion av härdskadefrekvensen är trolig. Vidare anser SSM att det är en brist att FKA inte genomfört en kvantitativ PSA-studie över hur genomförda moderniseringar till följd av kraven i SSMFS 2008:17 har påverkat härdskadefrekvensen såsom övriga tillståndshavare har genomfört på SSM:s begäran, se [5].

7.2. Oskarshamn

Utvärderingen av härdskadefrekvensen visar på att genomförda och planerade åtgärder inte påverkar härdskadefrekvensen i den kvantitativa analys som genomförts för Oskarshamn 1. För Oskarshamn 2 minskar härdskadefrekvensen med två tredjedelar och för Oskarshamn 3 minskar den med en tredjedel. Att härdeskadefrekvensen inte påverkas för Oskarshamn 1 beror på att de säkerhetsförbättrande åtgärderna inte har modellerats i rörbrottsmodellen samt att alla yttre störningar inte har analyserats. Detta gäller även Oskarshamn 2 och 3, men där finns andra åtgärder som kunnat kvantifieras med befintlig PSA-modell vilka påverkar resultatet. Oskarshamn 1 genomförde en mycket omfattande säkerhetsmodernisering innan föreskriften gavs ut som OKG senare har bedömt vara tillräckliga för att uppfylla stora delar av SSMFS 2008:17. Detta påverkar således omfattningen av de tillkommande åtgärderna som följt av de nya kraven.

Risken för radioaktivt utsläppt till omgivningen har inte kvantifierats för någon av OKG:s reaktorer.

SSM bedömer att de resultat som OKG presenterar är rimliga och att de slutsatser man drar utifrån utvärderingsresultaten är korrekta.

För Oskarshamn 2 påverkar följande åtgärder PSA-resultatet:



- Ny diversifierad resteffektkylkedja ska införas för att åstadkomma en oberoende kylkedja som kan ersätta ordinarie samt diversifierad värmesänka till havet genom att vattnet tas från kylvattenutloppet. Åtgärden ska enligt ansökan vara genomförd senast 31 december 2014.
- Separation av el- och kontrollutrustning i olika brandceller samt andra separationsåtgärder avseende brand ska enligt ansökan vara genomfört senast 31 december 2014.
- Nya diversifierade vattenblåsande motorventiler i avblåsningssystemet med ny logik enligt ansökan vara genomförda senast 31 december 2014.

För Oskarshamn 3 påverkar följande åtgärder PSA-resultatet:

- Diversifierad resteffektkylning via system för kylning av avställd reaktor är införd genom sammankoppling med en ny kylkedja mot havet.
- Inkoppling av gasturbiner genom ny logik (åtgärden finns inte med i övergångsbesluten).

7.3. Ringhals

Införandet av ny kontrollutrustning (däribland den moderniserade reaktorskyddsfunktionen) innebär att driften av kärnkraftsreaktorn och övervakningen av barriärerna förstärks.

RAB bedömer baserat på de åtgärder som är möjliga att behandla med probabilistiska metoder att genomförda och planerade åtgärder mer än halverar härskadefrekvensen och reducerar utsläppsfrekvensen med mer än en tredjedel för Ringhals 1, 2, 3 och 4.

SSM bedömer att de resultat som RAB presenterar är rimliga och att de slutsatser man drar utifrån utvärderingsresultaten är korrekta.

För Ringhals 1 påverkar följande åtgärder PSA-resultatet:

- Modernisering av reaktorskyddssystemet har införts för att höja tålligheten mot enkelfel, motverka uppkomst av fel med gemensam orsak, förbättra fysisk och funktionell separation och som ska vara dimensionerat för att motstå händelser som uppkommer utanför eller inne i anläggningen.
- Ny resteffektkylkedja är införd som ska vara tålig mot enkelfel, motverka uppkomst av fel med gemensam orsak, ha tillräcklig fysisk och funktionell separation och är dimensionerad för att motstå händelser som uppkommer utanför eller inne i anläggningen.



För Ringhals 2 påverkar följande åtgärder PSA-resultatet:

- Passiva vätgasrekombinatorer för hantering av händelser vid svåra haverier har installerats i inneslutningen.
- Utbyte av kontrollutrustning har genomförts. Åtgärden har förbättrat brandseparationen i relä- och kabelrum för likspänning.
- Förstärkt hjälpmatarvattensystem har PSA-värderats och ger en stor riskreduktion. Den slutliga utformningen är inte fastställd. Åtgärden har identifierats genom analys för att visa att säkerhetsfunktionerna är diversifierade för alla händelser vid alla driftlägen. Analysen ska vara genomförd senast 31 december 2012 och de åtgärder som identifieras ska vara genomförda senast 31 december 2015.

För Ringhals 3 och 4 påverkar följande åtgärder PSA-resultatet:

- Passiva vätgasrekombinatorer för hantering av händelser vid svåra haverier har installerats i inneslutningen.
- Ett nytt brandsläckningssystem har installerats i relärum för att minska risken för att brand skall sprida sig. Åtgärden ska
- Kompenserande åtgärder för bristande separation i rummen.

8. Fortsatt arbete

En viktig del inom myndighetens tillsyn av moderniseringsarbetet är granskning av ändringar. När kravbilden ändrats genom omarbetning av, eller ikraftträdande av nya föreskrifter, ändras denna grund. Kraven behöver granskas med avseende på hur dess tillämpning beskrivs, hur de verifieras och hur de tekniskt och administrativt är realiserade.

Syftet med granskningarna av tillståndshavarnas säkerhetsredovisningar har varit att följa upp att införandet av SSMFS 2008:17 fick avsedd verkan samt att kontrollera och värdera hur anläggningarna med befintlig utformning, vid granskningstillfället, uppfyller konstruktions- och utformningskraven i föreskrifterna. Detta innebär att granskningarna hittills inte omfattat sådana åtgärder som följer av de övergångsbeslut myndigheten fattat och som ännu inte har genomförts.

En fortsatt uppföljning av kvarvarande beslutade åtgärder kommer därför att göras allteftersom tillståndshavarna enligt de beslutade planerna ska ha genomfört dessa. Dessutom fortsätter SSM:s granskning av säkerhetsredovisningarna med en bedömning av de tolkningar som tillståndshavarna gjort av paragraferna i föreskrifterna. I de fall SSM bedömer att tillståndshavarnas tolkningar inte överensstämmer med myndighetens krav kan beslut tas om ytterligare åtgärder.



Genom att granskningar genomförs parallellt för alla tio reaktorerna blir det också möjligt att jämföra tolkningar och tillämpningar av kraven, vilket bl.a. kan komma att ge underlag för såväl framtida tillsyn som för kommande preciseringar av föreskrifterna.

9. Referenser

- [1] Tomas Almberger/SSM, *Lägesrapport av granskningsresultat av kravuppfyllelse av SSMFS 2008:17*, Rapport nr SSM2010/807-178, 2012-09-18
- [2] Matts Jegebäck/RAB, *Ringhals 1-4: Redovisning av genomförda och planerade åtgärder enligt SSM2011-365-7*, Rapport nr SSM2011/365-11, 2012-09-13
- [3] Mauritz Gärdinge/OKG, *Oskarshamnsverket Redovisning av begärd säkerhetsvärdering av genomförda säkerhetsförbättringar (SSM20113656) samt stresstester (SSM20113657)*, Rapport nr SSM2011/365-12, 2012-09-13
- [4] Ulrika Tegelman/FKA, *Forsmark 1, 2 och 3 - Svar på begäran om säkerhetsvärdering av genomförda säkerhetsförbättringar*, Rapport nr SSM2011/365-9, 2012-08-30
- [5] Anders Hallman/SSM, *Begäran om säkerhetsvärdering av genomförda säkerhetsförbättringar*, Rapport nr SSM2011/365-6, 2012-04-24