



Promemoria

Datum: 2014-10-09
Diarienum: SSM2014-122
Dokumentnr: SSM2014-122-6

Utfärdare: Tomas Jelinek
Fastställt: Michael Knochenhauer

Grundläggande konstruktionsförutsättningar för oberoende härdkyllning i svenska kärnkraftsreaktorer

Sammanfattning

I denna promemoria redovisas Strålsäkerhetsmyndighetens (SSM:s) syn på grundläggande konstruktionsförutsättningar för system som medger *Oberoende härdkyllning* i svenska kärnkraftsreaktorer. Målet med systemet är att minska risken för härdsmälta i situationer där reaktorerna utsätts för extrem yttre påverkan och där ordinarie härdkylsystem har slagits ut. SSM:s analys utgår från resultaten av genomförda stresstester och tidigare utredningar avseende *Oberoende härdkyllning*.

SSM gör bedömningen att samtliga reaktorer behöver införa en funktion för oberoende härdkyllning senast 2017. För de reaktorer som tillståndshavaren avser att driva under längre tid, dvs. väsentligt längre än 2020, behöver senast 2020 ett system för oberoende härdkyllning införas. Systemet bör utformas så att det fullt ut uppfyller konstruktionsförutsättningarna i denna promemoria.

Syfte och omfattning

Promemorian belyser kortfattat de konstruktionsförutsättningar som SSM anser behövs för att definiera egenskaperna för *Oberoende härdkyllning*. Dessa omfattar dimensionerande händelser, säkerhetsklassning, resteffektkyllning, diversifiering m.m. Syftet med promemorian är att dels ge underlag till myndighetens kommande beslut om att införa system i svenska reaktorer för *Oberoende härdkyllning*, dels vara underlag för de utredningar av ekonomiska och andra konsekvenser som berörda tillståndshavare behöver genomföra.

Bakgrund

Behovet av att öka tillförlitligheten för kylning av kärnen i en kärnkraftsreaktor genom införande av en oberoende funktion togs upp redan i samband med framtagning av SKI:s föreskrifter SKIFS 2004:2 i början av 2000-talet. Dessa motsvaras idag av Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:17) om konstruktion och utförande av kärnkraftsreaktorer. Systemets uppgift skulle vara att vid H5-händelsen "totalt bortfall



av alla icke batterisäkrade nät (SBO)” under 24 timmar, tillföra vatten till reaktortryckkärlet genom att koppla in en vattenkälla lokaliserad utanför reaktorinneslutningen. Inpumpningen skulle kunna aktiveras oberoende av reaktorskyddssystemet och ha separat kraftmatning. I en tidig arbetsutgåva av författningsförslaget till SKIFS 2004:2 fanns därför följande förslag:

”För att minska risken för härdsmälta och tankgenomsmältning, bör möjligheter finnas att tillföra vatten till reaktortryckkärlet genom att koppla in en vattenkälla lokaliserad utanför reaktorinneslutningen. Inpumpningen bör kunna aktiveras oberoende av reaktorskyddssystemet och ha separat kraftmatning”.

Kunskapsläget, speciellt beträffande negativa effekter av att införa en sådan funktion, bedömdes inte vara tillräckligt för att besluta om en föreskrift i det skedet. SKI bedömde därför att ytterligare utredning var nödvändig. En sådan utredning slutfördes i mars 2009¹. Behovet av oberoende härdkylning aktualiserades ytterligare efter händelsen i Forsmark 1 den 25 juli 2006, samt de allvarliga händelserna som inträffade i Fukushima Dai-ichi kärnkraftverk.

Efter Fukushima-händelserna begärde Europeiska rådet i slutet av mars 2011 att stresstester skulle utföras på alla i drift varande europeiska kärnkraftverk. Den svenska nationella handlingsplanen till EU² är en del av dessa stresstester och har utvecklats med avsikt att hantera brister som identifierats i stresstesterna. I handlingsplanen återges två frågor, T3.LA.2³ och T2.LA.2⁴ som berör oberoende härdkylning. Enligt handlingsplanen skulle analyser/utredningar av frågorna vara klara i slutet av 2013 för T3.LA.2 och de ska vara klara i slutet av 2015 för T2.LA.2.

I denna promemoria redovisas de grundläggande konstruktionsförutsättningar som kan bli aktuella att beakta vid konstruktion och utförning av oberoende härdkylning.

Analys av grundläggande konstruktionsförutsättningar

I det följande diskuteras och analyseras de grundläggande konstruktionsförutsättningar som SSM anser att system för *Oberoende härdkylning* behöver utgå från. I tillståndshavarnas vidare arbete med att ta fram mer detaljerade konstruktionslösningar kan ytterligare förutsättningar komma att identifieras.

Dimensionerande händelser

Den *Oberoende härdkylningens* primära syfte är att förhindra att reaktorhärden smälter, dvs. bibehålla en kylbar härdgeometri, vilket tillhör djupförvarsnivå 3 enligt WENRA-ländernas gemensamma syn på djupförvarsstruktur⁵. Anledningen till att djupförvarsnivå 3 har valts är att stora osäkerheter i analyser av ett härdsmälteförlopp gör det svårt att verifiera när och hur tankgenomsmältning sker, vilket skulle vara fallet om den *Oberoende härdkylningen* inordnas i djupförvarsnivå 4. Att inordna den *Oberoende härdkylningen* i djupförvarsnivå 3 innebär även att en mer naturlig koppling fås till

¹ Utredning av oberoende spädmatning för att minska risken för härdsmälta och tankgenomsmältning i svenska reaktorer, W. Frid, 2009-03-16, SSM 2008/354.

² Strålsäkerhetsmyndigheten, “Swedish action plan for nuclear power plants, Response to ENSREGs request”, 29”, december 2012.

³ T3.LA.2 – Define the design basis for an independent core cooling system

⁴ T2.LA.2 – Define design basis for alternate cooling and alternate residual heat removal

⁵ WENRA:s referensnivå 2 för Issue E, Design Basis Envelope for Existing Reactors



nedanstående nya dimensionerade händelser mot vilka tåligheten ska stärkas enligt den nationella handlingsplanen efter stresstesterna:

- Långvarig förlust av växelspanning i minst 72 timmar (*ELAP – Extended Loss of AC Power*).
- Långvarig förlust av normal tillgång till slutlig värmesänka i minst 72 timmar (*LUHS – Loss of normal access to Ultimate Heat Sink*).

Vid utvärdering av anläggningarnas befintliga tålighet mot de postulerade händelserna behöver särskild vikt läggas vid risk för samtidig utslagning av hela ordinarie hårdkylningsfunktionen. Riskanalysen behöver beakta fysisk separation, oberoende, samt enskilda delars tålighet mot extrem yttre påverkan, och identifierade tröskeleffekter som kan leda till de förhållanden som de postulerade händelserna innebär.

De dimensionerande händelserna behöver inte kombineras med andra oberoende inledande händelser. I de fall andra händelser är en följd av denna inledande händelse, som t.ex. pumptätningläckage i dagens primärsystem i tryckvattenreaktorers primärsystem, är dock detta något som måste beaktas i analyserna.

Den extrema yttre påverkan som behöver beaktas för *Oberoende hårdkylning* omfattar all yttre påverkan som kan påverka anläggningens hårdkylning. Dessa scenarier behöver identifieras, inklusive eventuella beroenden. Sådan yttre påverkan som inte kan utgöra ett fysiskt hot för anläggningen eller som bedöms vara extremt osannolik kan exkluderas. Yttre händelser som i kombination med andra risker har potential att utgöra ett hot mot anläggningen kan däremot inte uteslutas. För alla händelser som inte kan uteslutas, ser SSM behov av riskvärderingar med hjälp av deterministiska och probabilistiska analyser. Vid värderingen av riskerna bör platsspecifika data och påverkan användas. Alla händelser och deras påverkan på anläggningarna, behöver beaktas om frekvensen är skattad till 10^{-6} per år eller högre. Yttre påverkan som kan vara behäftade med så kallade tröskeleffekter (cliff-edge, t.ex. yttre översvämning) behöver särskilt beaktas.

Nivån 10^{-6} per år eller högre har valts med hänsyn till att de nuvarande säkerhetsfunktionerna är dimensionerande för yttre påverkan frekventare än 10^{-5} per år. Hamnar anläggningen i en sådan situation att den *Oberoende hårdkylningen* behövs, är ett troligt scenario yttre påverkan med en sådan allvarlighetsgrad att de befintliga säkerhetsfunktionerna inte kunnat hantera händelsen. Som en följd av ovanstående resonemang bör den *Oberoende hårdkylningen* verifieras för yttre påverkan med en signifikant lägre frekvens än 10^{-5} per år, dvs. 10^{-6} per år eller lägre. Detta innebär således verifiering för högre snölast, starkare vindar, högre vattenstånd osv. än för befintliga säkerhetssystem.

ELAP eller *LUHS* i kombination med extrem yttre påverkan behöver värderas för alla driftlägen. Vidare bör acceptanskriterier i händelseklass H4 tillämpas avseende bränslets integritet och radiologiska omgivningskonsekvenser eftersom syftet med den oberoende hårdkylningen är att upprätthålla en kylbar hårdgeometri.

ELAP och *LUHS*-händelsernas varaktighet måste ha minst sådan utsträckning i tiden som krävs för att utföra nödvändiga åtgärder för att upphäva verkan av dessa händelser under extrem yttre påverkan. Den kortaste tid som kan ansättas i konstruktionsförutsättningarna för *ELAP* och *LUHS* vid konstruktion av *Oberoende hårdkylning* är därför 72 timmar.

Den *Oberoende hårdkylningen* bör också uppfylla WENRA:s uppdaterade 2014-års referensnivå 4.7 för Issue F, Design Extension of Existing Reactors:



F4.7 There shall be sufficient independent and diverse means including necessary power supplies available to remove the residual heat from the core and the spent fuel. At least one of these means shall be effective after events involving external hazards more severe than design basis events.

Speciellt för resteffektkylning

Systemet för filtrerad tryckavlastning i de konsekvenslindrande systemen för svåra haverier kan tillgodoräknas för resteffektkylning i konstruktionen av den *Oberoende härdkylningen*, om det kan visas att systemets förmåga att uppfylla sin uppgift (filtrera utsläppet) vid H5-händelse (härdsmlta) inte påverkas.

Dock behöver nedanstående grundprinciper och fördelar med att införa en ny resteffektkylkedja värderas och i varje enskilt fall jämföras med de negativa aspekterna som ett ingrepp i anläggningen innebär:

- De olika nivåerna i djupförsvaret bör vara oberoende. Därför bör i första hand konstruktionslösningar för resteffektkylningen utföras så att filtren, det sista skyddet mot stora utsläpp vid ett allvarligt haveri, är dedikerade till djupförvarsnivå 4.
- Det är riskreducerande att införa en ny oberoende resteffektkylning.

I händelse av en olycka får givetvis alla system som står till buds användas, oberoende av vald konstruktionslösning – även system som inte tillgodoräknas i säkerhetsanalyser.

Tillståndshavaren behöver visa hur anläggningen med föreslagen konstruktionslösning kan föras till tillståndet kallt avställd reaktor med intakt inneslutning inom rimlig tid.

Säkerhetsklassning

SSM anser, utifrån ett funktionellt klassificeringsperspektiv att den *Oberoende härdkylningen* bör hänföras till en bestämd säkerhetsklass.

Tillkommande utrustning för den oberoende härdkylningen, behöver utifrån detta tillskrivas de krav på kvalitetssäkring och driftklarhet som på en godtagbar nivå säkerställer att utrustningen kan utföra den funktion som krävs, under den extrema yttre påverkan som förväntas råda då utrustningen tillgodoräknas.

Separation och diversifiering

Den *Oberoende härdkylningen* behöver vara funktionellt och fysiskt separerad avseende påverkan på system och komponenter som används i de andra nivåerna av djupförsvaret, samt gentemot existerande system och komponenter i den djupförvarsnivå som behöver stärkas vad avser vattenkälla, kraftmatning, instrumentering och kontrollsystem samt skalventiler. Där inte lämpliga befintliga lediga genomföringar kan utnyttjas för och utrustas med egna fysiskt separerade skalventiler, behöver skalventilerna som minst ha funktionell separation avseende styrning och kraftmatning gentemot existerande system och komponenter i den djupförvarsnivå som förstärkningen avser.

Undantag kan göras för separation mot säkerhetsfunktionens diversifierade delar. Detta undantag innebär att den *Oberoende härdkylningen* i framtiden kan vara en delmängd i uppfyllandet av diversifieringskraven enligt 10 § SSMFS 2008:17, för säkerhetsfunktionerna härdkylning och resteffektkylning.



Redundans

Enkelfel behöver inte ansättas i analyserna av de dimensionerande händelserna. Den *Oberoende härdkylningen* ses som ett komplement och förstärkning gentemot existerande system och komponenter i djupförsvarsnivå 3.

Enkelhet i funktionsuppbyggnad

SSM anser att enkelhet i funktionernas uppbyggnad bör eftersträvas. Detta innebär att sannolikheten minskar för att fel byggs in eller introduceras vid underhåll och ombyggnad. Ett enkelt system är även lättare att hantera och bör därmed vara enklare att vidmakthålla eller återstarta vid extrem yttre påverkan.

Manuell och automatisk aktivering/styrning/kontroll

Den *Oberoende härdkylningen* behöver kunna startas och övervakas objektnära/lokalt och från centrala kontrollrummet. Möjlighet till manuell aktivering behöver också finnas direkt på komponenter, dvs. lokal manövermöjlighet på pumpar, skalventiler m.m. är en del av de föreslagna konstruktionsförutsättningarna.

Den manuella aktiveringen och driften av den *Oberoende härdkylningen* behöver vara förberedd för att kunna utföras med hjälp av enkel utrustning under extrem yttre påverkan. Manuell aktivering av samtliga komponenter i den *Oberoende härdkylningen* ingår i de föreslagna konstruktionsförutsättningarna för att så långt som möjligt säkerställa oberoendet.

Automatisk aktivering är inte nödvändig förutsatt att acceptanskriterierna kan innehållas med rimligt rådrum vid extrem yttre påverkan.

SSM anser att enkelhet bör eftersträvas, t.ex. bör styrning med komplex elektronik eller sekvensstyrning undvikas.

Nödvändig information till operatörerna om processparametrar för att förstå och genomföra initiering och drift av funktionen bör vara så enkelt som möjligt samt oberoende av ordinarie information.

Utrustning tillgodoser under extrem yttre påverkan

En konstruktionsförutsättning som bör antas är att tung extern utrustning inte ska få tillgodoser förrän efter tidigast 72 timmar. Tillgodoser tung extern utrustning efter 72 timmar kommer tillståndshavaren att behöva visa att den är tillgänglig, kan transporteras och kopplas in vid extrem yttre påverkan.

Förberedd mobil utrustning på anläggningsplatsen kan tidigast tillgodoser efter 8 timmar om det kan visas att den är tillgänglig och funktionell vid extrem yttre påverkan.

Om ordinarie utrustning tillgodoser efter 72 timmar, behöver tillståndshavaren göra det troligt att utrustningen kommer att fungera vid extrem yttre påverkan. Detta gäller hela kedjan för tillgodoser utrustning och tillhörande rutiner. För att t.ex. tillgodoser sig det ordinarie stationsnätet efter 72 timmar måste det visas att det är tillgängligt vid extrem yttre påverkan.



Marginaler

Systemet behöver dimensioneras med goda marginaler i konstruktionen, eftersom storleken och karaktären av den extrema yttre påverkan som systemet ska kunna hantera är behäftade med stora osäkerheter.

Krav på fysiskt skydd

Vissa centrala förutsättningar för en skyddsstyrka, bl. a. avseende beväpning och huvudmannaskap, utreds för närvarande inom Miljödepartementet.

Under hösten 2013 fastställdes en uppdaterad dimensionerande hotbeskrivning, dvs. vad anläggningarna ska vara skyddade mot. Baserat på hotbeskrivningen samt eventuellt andra skyddsåtgärder har tillståndshavarna möjlighet att konstruera den *Oberoende härdkylningen* tillsammans med skyddet av den övriga anläggningen på ett sådant sätt att kraven enligt Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:12) om fysiskt skydd i kärntekniska anläggningar blir uppfyllda. Den del av den *Oberoende härdkylningen* som har till uppgift att utföra resteffektkylning kan ha andra konstruktionsförutsättningar vad gäller fysiskt skydd, om tidsaspekten möjliggör att externt fysiskt skydd kan tillgodoräknas.

Övergångsåtgärder

Mot bakgrund av att ändringens komplexitet, planerar SSM att ställa krav på att det senast 2020 ska finnas ett system för oberoende härdkylning så utformat att det fullt ut uppfyller de föreslagna konstruktionsförutsättningarna i denna promemoria. SSM planerar också att ställa krav på att det senast 2017 ska ha införts kompensatoriska åtgärder som innebär att en oberoende vattenkälla och oberoende kraftmatning tillsammans bidrar till att säkerställa att ett system för *Oberoende härdkylning* etableras. Tillståndshavaren kan välja att använda hela eller delar av denna lösning som en del av den slutliga konstruktionen. För de reaktorer som tillståndshavaren inte avser att driva under längre tid efter 2020 kan en kompensatorisk lösning användas under återstående drifttid. För en anläggning som ska fortsätta att drivas efter 2020 utan att ett system för *Oberoende härdkylning* som följer de föreslagna konstruktionsförutsättningarna i denna promemoria införs, kommer myndigheten att ställa som villkor att tillståndshavaren har beslutat att ta anläggningen ur operativ drift inom rimlig tid efter 2020.

SSM:s kommande beslut

Baserat på denna promemoria och en konsekvensutredning, planerar SSM att fatta beslut om införande av *Oberoende härdkylning*. I samband med beslutet kommer SSM även att ge vägledande anvisningar för tillståndshavarens analys av en eventuell skyddsstyrkas förmåga att stå emot antagonistiska hot, inklusive antaganden om antagonisters möjliga införsel och användning av sprängämne i anläggningen och då särskilt på den *Oberoende härdkylningen*.