

Kärnkraft i vår omvärld

ETT NYHETSREVISOR FRÅN ENERGIFORSK • KÄRNKRAFT • NUMMER 27 • APRIL 2015

ÅRETS ANDRA NYHETSREVISOR blir en fortsättning på Elforsks årliga kärnkraftsseminarium som hölls i slutet av januari i år. Detta temanummer fokuserar lite extra på förlängda drifttider av kärnkraftverken, i dagligt tal betecknat som LTO efter engelskans Long Term Operation. Nyhetsbrevet inleds med en kort introduktion till området och fortsätter med sammanfattningar av två föredrag från seminariet. Därefter följer en intervju med två av branschens främsta materialexperter, som resonerar kring åldring av kärnkraftverkens material. En artikel om IAEAs arbete med förlängda drifttider avslutar temadelen av detta nyhetsbrev.

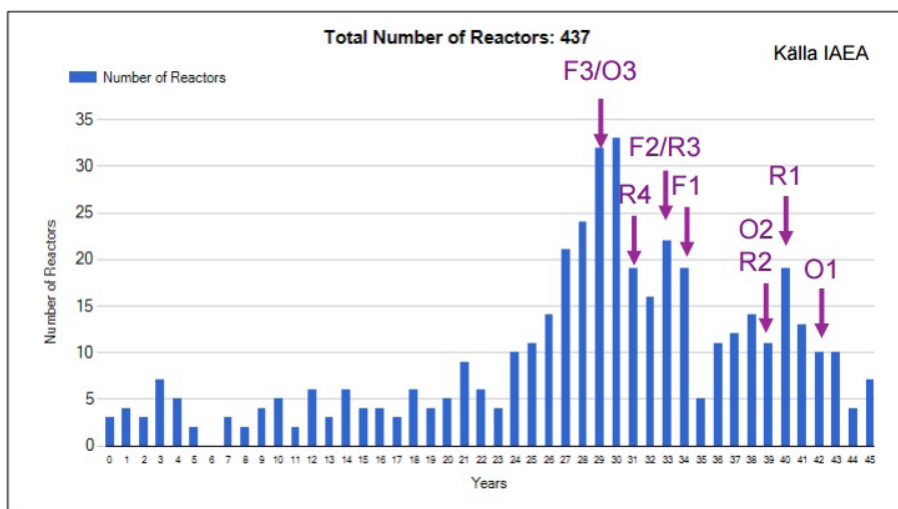
Övriga nyheter i nyhetsbrevet handlar om att drönare har siktats vid kärnkraftverk i Frankrike, att Kinas regering åter ger tillåtelse för ny byggnation av nya reaktorer samt en artikel om problem med tritium från Fukushima.

Nyhetsbrevet är det första från den nya redaktionen, Joachim Thorn och Björn Cedervall från Vattenfall. Vi hoppas kunna fortsätta att leverera intressanta artiklar kring aktuella ämnen samt ge inspel och vinklingar från diverse experter både från Sverige och utlandet.

Innevarande år kommer att bli spännande med tanke på den planerade energikommissionen, men 2015 blir förmodligen inte ett avgörande år för kärnkraften. Ibrahim Baylan kommer att leda arbetet med kommissionen och tillsammans med representanter från samtliga riksdagspartier samt ansvariga från Svenska kraftnät, Energimyndigheten och Energimarknadsinspektionen. Detta förväntas att ge en möjlighet till bland annat en "bred uppgörelse om den långsiktiga energiförsörjningen. Nyhetsbrevets redaktion avser att hålla ett extra öga på vad som händer inom riksdagshusets väggar.

Trevlig läsning!

Joachim Thorn och Björn Cedervall,
Vattenfall AB



Åldersfördelningen på världens reaktorer i drift. Figur: Lars Skänberg, SSM

Hur länge kan man driva ett kärnkraftverk?

I januari i år ordnade Energiforsk ett temaseminarium – "Life after 40 - Long Term Operation of Nuclear Power", som kretsade kring möjligheten att driva kärnkraftverk bortom 40-årsstrecket. Tillspetsat kan man säga att svaret på denna fråga ytterst avgörs av hur mycket man är beredd att betala.

Av världens drygt 400 kärnkraftverk för kommersiell elproduktion är nu en stor andel över 20 år gamla, se figur ovan. I USA har hittills 75 kärnkraftverk fått en förlängd licens för "drift efter 40", oftast kallat "Long Term Operation", LTO. På längre sikt räknar den amerikanska kärnkraftsindustrin med att förlänga drifttiden bortom 60 år.

En viktig skillnad mellan det amerikanska och det svenska systemet är emellertid att i USA förlängs drifttillståndet med 20 år i taget medan tillståndet i Sverige inte är tidsbegränsande så länge Strålsäkerhetsmyndighetens säkerhetsvillkor är uppfyllda. I Sverige görs istället en mer omfattande återkommande helhetsbedömning¹ av säkerheten vart tionde år. Internationellt finns också flera styrande och/eller rådgivande dokument som syftar till att hjälpa såväl nationella myndigheter som anläggningsinnehavare att hantera förlängda drifttider uti-

från i första hand ett säkerhetsperspektiv. Dessa dokument tas framför allt fram av Internationella Atomenergiorganet IAEA.

Det tekniska åldrandet beror på ett flertal materialtekniska fenomen. Dit hör termisk utmattning samt försprödning av metaller och andra material. Ett fenomen som är särskilt relaterat till strålning är så kallad neutronaktivering, vilket ofta innebär att ett grundämne omvandlas till ett annat genom efterföljande alfa- eller betasönderfall. Neutronaktivering kan bland annat resultera i försämrad hållfasthet, ökad korrosion och minskad elasticitet hos de flesta slags system eller komponenter i allt från armerad betong och spännkablar av stål, till elektriska kablar, gummipackningar med mera.

Många komponenter är relativt enkla att rutinemässigt och kontinuerligt byta ut i samband med de årliga revisionerna av kärnkraftverken medan andra är mer

¹ Periodic Safety Review, PSR

forts.→

forts.→

besvärliga att åtgärda på grund av begränsad åtkomlighet eller andra orsaker. Byte av ånggeneratorer, såsom genomförts vid exempelvis Ringhals, har betraktats som "det närmaste man kan komma att byta ut ett helt kärnkraftverk" (underförstått att det bara är reaktortanken som är svårare att byta ut). Ett sådant byte innebär håltagning i reaktorinneslutningen.

En särskild utmaning vid långtidsdrift berör datorer och motsvarande mjukvaror inklusive instrumentering. I början på 1970-talet var ett dataminne på några tiotals kilobyte en stor investering – idag är datorkapacitet (minne och snabbhet) relativt billigt och med det har följt byten av operativsystem och ökad komplexitet med avseende på programvaror etcetera. I praktiken har naturligtvis denna gren av teknikutvecklingen medfört att man emellanåt bytt ut daterade system helt och hållet. Det ska påpekas att bytena dock medför stora kostnader för annat än själva hårdvaran, så som exempelvis licensiering, verifiering och validering.

Till de mjukare aspekterna på förlängda drifttider hör det faktum att personalen på en anläggning så småningom pensioneras. Alltså är kompetensöverföring och anläggningsskänedom för de som är yngre en viktig fråga. Ordning och reda med avseende på dokumentation är här en närbesläktad fråga.

För att kunna hantera allt det ovan nämnda har de flesta kärnkraftverk infört särskilda åldringshanteringsprogram.² För att detta ska fungera krävs ett systematiskt arbete där system, strukturer, komponenter (SSC) och funktioner analyseras med avseende på åldrande. ■

Livet efter 40 – långtidsdrift

Den 21 januari hölls Elforsks årliga kärnkraftseminarium. Sammanlagt hölls nio olika presentationer om tillståndshavares och myndigheters arbeten inom området långtidsdrift. Dessutom hölls på kvällen innan en fantastisk föreläsning av Cnut Sundqvist som handlade om historien bakom hur Oskarshamn 1 konstruerades. För den som missade föreläsningen finns den inspelad hos Tekniska museet. Här följer en sammanfattning av två presentationer för er som missade seminariet och en repetition för er som deltog.

STRÅLSÄKERHETSMYNDIGHETENS HÅLLNING

Lars Skånberg enhetschef på enheten Strukturintegritet och händelseuppföljning på SSM höll en presentation om myndighetens hållning kring förlängda drifttider. Presentationen inleddes med IAEAs definition av långtidsdrift (LTO):

"Operation beyond an established time frame set forth by, for example, licence term, design, standards, licence and/or regulations, which has been justified by safety assessment, with consideration given to life limiting processes and features of systems, structures and components".

Med detta menas att både formella, administrativa och verkliga förhållanden för långtidsdrift varierar mellan kärnkraftverk och mellan länder. Den internationella praxisen som rekommenderas för dokumentationsprocessen är att den ska ske antingen genom en förnyad licensieringsprocess eller genom en periodisk säkerhetsvärdering med fokus på utökade drifttider.

I Sverige ligger drifttillståndet under kärntekniklagen och miljöbalken utan att det finns någon tidsgräns. Tillståndet kan inte heller avbrytas så länge föreskrifter, lagar, regeringsbeslut och Strålsäkerhetsmyndighetens regelverk följs samt att förhållanden och förpliktelser enligt licensieringstillståndet följs.

I Sverige kommer driftförlängningar att tillåtas efter det att kärnkraftföretagens egna återkommande helhetsbedömningar av säkerheten visat att anläggningarna med dess olika komponenter (exempelvis byggnadsstrukturer, mekaniska komponenter, elektrisk utrustning, instrumentering och kontrollutrustning) kan användas bortom den ursprungliga tiden och de antaganden de var konstruerade för. Om komponenterna inte klarar granskningen så måste dessa bytas ut för att drifttillståndet ska fortlöpa.

Strålsäkerhetsmyndigheten granskar för närvarande de periodiska helhetsbedömningarna av säkerheten för Ringhals 1 och 2 som planeras bli klart någon gång under 2015. Därefter kommer SSM att kunna ta ställning till hur den förlängda drifttiden påverkar dessa två anläggning-



Lars Skånberg,
enhetschef SSM.
Foto: SSM.

ar. Även för Oskarshamn 1 och Oskarshamn 2 sker en granskning av respektive anläggnings helhetsbedömning av säkerheten. För båda anläggningarna har SSM emellertid krävt in kompletteringar av analyser och rapporter och inget beslut om förlängda drifttider har ännu fattats.

Många olika åldrings- och degraderingsmekanismer kan påverka i långtidsförloppet när det gäller material, och måste därmed utvärderas och analyseras. I en rapport beställd av regeringen listas ett antal olika fenomen och åldringsprocesser som det bör vara extra fokus på enligt Strålsäkerhetsmyndigheten. Exempel på sådana mekanismer är:

- Försprödning av reaktortanken på grund av neutronbestrålning, med fokus på effekter som signifikant kan öka hastigheten på försprödningen.
- Utmattningsprocesser på områden i primärsystemet som är känsliga för utmattning, med hänsyn taget till reaktorvattenmiljön.
- Åldring av polymera konstruktionsmaterial.

Långtidsdrift handlar inte bara om fysiska åldringsfenomen, utan också om mer administrativa svårigheter. Lars Skånberg berättade bland annat om problem med:

- Teknologisk åldring av IT- samt styr- och reglerkomponenter (Instrumentation and Control -, I&C). Det kan finnas svårigheter med att ersätta trasiga delar samt underhåll och reparationer eftersom kompetensen om äldre komponenter har försvunnit.

² Aging Management Program, AMP

forts.→

forts.→

- Generationsskiftet och bristfällig erfarenhetsöverföring inom organisationen.
- Anläggningsdokumentation. Bristande arkivering av både ritningar, konstruktionsdokument och manualer för komponenter.

Men som Skånberg uttryckte sig är ovanstående problem inte direkt kopplade till långtidsdrift kan långsiktigt komma att ställa till problem.

Lars Skånberg fortsatte vidare med att berätta om de nya utmaningar som förlängda driftstider för med sig, både för tillståndshavarna och myndigheten. Organisationen, resurser och expertis måste anpassas så att nya säkerhetsproblem som kan uppstå vid en förlängd drifttid kan hanteras. Till exempel kan åldring och degraderingsfenomen påverka och ställa högre krav på säkerhetsanalyser av "design basis", det vill säga händelser som anläggningen är konstruerad för. Åldringshanteringsprogram är också något som måste finnas och vara igång hos tillståndshavarna, för att kunna möta utmaningarna med LTO. I ett sådant program bör inspektion, provning och övervakning av kritiska delar ingå. Underhåll, reparationer och byte av utbytbara komponenter är andra viktiga delar av åldringsprogram

Ulla Ehrnstén, från finska statens forskningscentral, VTT, berättade om Finlands sedan många år pågående och framgångsrika åldringshanteringsprogram, där det redan från driftstart funnits ett fokus på området långtidsdrift. Ett fortlöpande förbättringsarbete, moderniseringar samt proaktivitet är viktiga beståndsdelar i programmen. Tack vare detta fokus har de finska reaktorerna haft en mycket stabil tillgänglighet på över 90 procent sedan början av 90-talet. Lars Skånberg framhöll av den anledningen att ett åldringshanteringsprogram är viktigt även långt innan en licensieringsprocess för förlängning av driften sker, men att det givetvis är viktigare ju äldre reaktorerna blir. För myndigheten gäller det nu att se över regelverket så att det anpassas till en längre drifttid, vilket inkluderar krav för åldringshantering, säkerhetsbedömning och tidsberoende åldersanalyser¹ samt hur den återkommande helhetsbedömningen av säkerheten ska användas vid bedömningen av förlängda drifttider och långtidsdrift.

USA OCH FÖRLÄNGD DRIFTSTID

I USA, som har ett annat tillståndsförfarande med tidsbundna drifttillstånd, har en stor del av landets kärnkraftverk fått

klartecken till 60 års drift. Om detta berättade Michael P. Gallagher från Exelon Nuclear.

– Långtidsdrift över 40 år är en realitet, den första anläggningen fick tillstånd 2009. Idag är totalt 38 reaktorer äldre än 40 år i drift. Ytterligare 75 har fått tillstånd, och nu förbereder sig kärnkraftsindustrin på att ansöka om drifttider över 60 år, vilket vi menar är fullt möjligt utan att äventyra säkerheten, sade Michael P. Gallagher.

I den amerikanska licensieringsprocessen är det Code of Federal Regulation (10CFR54) som styr hur förnyandet av drifttillståndet ska fortlöpa. Bland annat styr 10CFR54 för hur för hur lång tid i förväg en anläggningsägare kan ansöka om förlängda drifttider (tidigast 20 år innan de gamla tillstånden löper ut). Tillståndshavarna kan förnya drifttillståndet med maximalt 20 år, men ansöka om ytterligare förlängning när den perioden löpt ut. Det finns alltså ingen juridisk gräns för hur länge man kan förnya drifttillståndet. Myndighetsprocessen är anpassad för att försäkra att nuvarande licensieringsprocess medför en acceptabel säkerhetsnivå på anläggningen, dock med undantag av skadliga effekter av åldring av vissa system, strukturer och komponenter som är viktiga för säkerheten. Varje tillståndshavare har till skyldighet att underhålla och uppdatera licensieringsansökan under ansökningstiden.

Det som gör att den amerikanska LTO-utvecklingen förefaller flyta på i ett lovande tempo är införandet av åldrings-

hanteringsprogram, "Aging Management Programs" – AMP. Syftet med åldringshanteringsprogram är att försäkra sig om att inga åldringseffekter resulterar i en förlorad tänkt funktion av en struktur, ett system eller en komponent som ska förnyas. I figuren nedan visas processen för hur både säkerhetsrelaterade och icke säkerhetsrelaterade system, strukturer och komponenter genomgår kontroller för att se om de byts kontinuerligt eller måste hanteras inom ett åldringsprogram för att bytas ut eller repareras vid behov. Ett åldringshanteringsprogram för ett specifikt system, en struktur eller en komponent innehåller en generell granskningsprocess i tio olika delar. Några exempel är:

- Förebyggande åtgärder – Som kan användas för att lindra eller hindra att åldringseffekter ska uppstå.
- Detektion av åldringseffekter – Åldringseffekter ska upptäckas innan dessa orsakar en förlust av ett system, en struktur eller en komponent. Spårningsprocessen inkluderar både mättekniker (exempelvis visuellt, ytinspektion etc.), datainsamling och kontinuerliga mätningar för att försäkra tidsberoende åldringseffekter.
- Förbättringsprocess – Inkluderar bestämning av orsaken till en åldringseffekt och åtgärder mot att åldringseffekten ska upprepas.
- Drifterfarenhet – Inkluderar bland annat erfarenheter från tidigare förbättringsåtgärder.

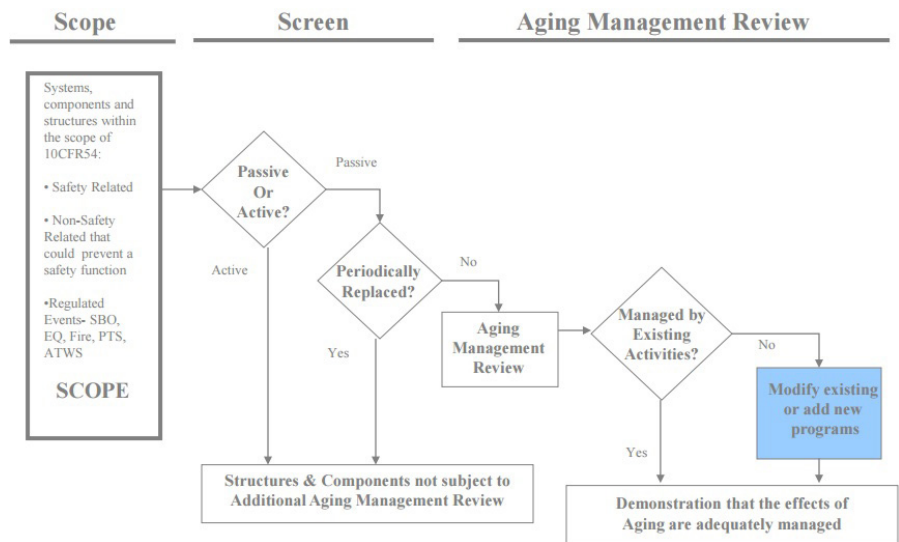


Michael P. Gallagher, Exelon. Foto: Lars Magnell.

¹ Time limit aging analyses, TLAA

forts.→

Vidare berättade Michael Gallagher om den forskning om långtidsdrift som pågår i USA inom industrin i samarbete med bland annat forskningsinstitutet EPRI. Målet med forskningen är att initiera åldringshanteringsprogram för komponenter som kan påverkas av en förlängd drifttid från 60 till 80 år. Inom detta samarbete har man identifierat åtta olika system, strukturer eller komponenter som bör utredas när man ökar drifttiden från 60 till 80 år. Bland dessa finns reaktorinterndelar på både tryckvattenreaktorer (PWR) och kokvattenreaktorer (BWR). Det handlar framför allt om huruvida strålningen påverkar materialets funktion i interndelarna. EPRI har emellertid hittills inte identifierat några "show stoppers" som kan påverka en licensieringsprocess för att få ett tillstånd för driva anläggningen ytterligare 20 år efter 60 års drifttid. ■



Processkarta över hur system, komponenter och strukturer genomgår kontroller om de byts kontinuerligt eller måste hanteras inom ett åldringsprogram. Figur: Michael Gallagher

Internationella Atomenergiorganets roll i LTO-arbetet

Sedan 1970-talet har Internationella Atomenergiorganet utgivit en mängd rapporter med syfte att skapa en robusthet mot kontinuerligt slitage respektive tänkbara haveriförelöpp och ge underlag för säker konstruktion och drift av i första hand kommersiella kärnkraftverk men även forskningsreaktorer.

IAEAs hittillsvarande rapporter återfinns under huvudrubriker som Safety Series, Safety Requirements samt Safety Guides där tidshorizonten väsentligen åsyftat drifttillstånd för en mer begränsad tidsram, ofta i storleksordningen 40 år, och med regelbunden översyn. Detta gäller de flesta av IAEA:s medlemsstater där de ursprungliga drifttillstånden snarare har baserats på ekonomiska betraktelser än begränsningar med avseende på kärntekniska aspekter eller de aktuella konstruktionsmaterialen. Mot denna bakgrund spelar IAEA framträdande roll när det gäller förlängda drifttider.

Vad som här följer här är först ett urval av aspekter kring långtidsdrift, så som de diskuteras i en särskild IAEA-rapport år 2008 (nedan refererad till som Rapport 57¹). Därefter refereras också nedan delar av ett IAEA-baserat föredrag från Eلفorsks LTO-seminarium i januari 2015.

Av Rapport 57 framgår inledningsvis att år 2007 hade cirka 25 procent av de kommersiella kärnkraftverken i världen varit i drift i över 30 år och cirka 70 pro-

cent i över 20 år (jämför med diagrammet i detta nyhetsbrevs inledande avsnitt). Följaktligen, och i linje med krav på ekonomi, energitillgång samt miljömässig kvalitet har sedan några decennier ett flertal av IAEA:s medlemsstater börjat överväga en förlängd drifttid för sina kärnkraftverk där tidsramen är avsevärt längre än den som ursprungligen antogs gälla.

De ovan nämnda rapportserierna har alltså främst gällt nuvarande drift. Emellertid behöver dessa rapporter förbättras och kompletteras för att kunna utgöra ett stöd in i en drifttid bortom den som de ursprungliga tillstånden avsåg. Dessutom behövs nu också mer detaljerad information för att ge stöd åt tillståndshavare för kärnkraftverk liksom för de myndigheter som har till uppgift att övervaka motsvarande verksamhet, främst för att hantera följande områden:

- Identifiering av vilka system, strukturer och komponenter (SSC) samt relevanta funktioner som särskilt behöver ses över vid långtidsdrift. Rapport 57 lyfter här särskilt fram metodik för screening av SSC.

- Kriterier och riktlinjer som syftar till att visa att effekterna av åldrande kan hanteras över en förlängd drifttid, inklusive en utvärdering av såväl fysisk status, som driftprogram hos anläggningen.
- Riktlinjer för identifiering av säkerhetsanalyser som utgår från tidsbegränsade antaganden och där en omvärdering (så kallad revalidering) behövs för långtidsdrift.
- Kriterier och riktlinjer för utvärdering av säkerhetsanalyser som utgår från antagna tidsbegränsningar, som är ett grunddrag för alla designslag.

Rapport 57 kompletterar alltså IAEA:s tidigare säkerhetsrapporter och ger information som relaterar till frågeställningarna i listan ovan och behandlar dem på ett sammanfattande och systematiskt sätt. Rapport 57 tar inte upp miljöaspekter av långtidsdrift och inte heller organisatoriska eller administrativa aspekter av LTO. Vidare lämnas temat human factors samt långsiktiga ekonomiska aspekter utanför ramen för Rapport 57.

Ett av föredragen från Energiforsks LTO-seminarium hölls av dr Alex Polyakov från IAEA. Polyakov utgick ifrån det ovan skisserade sammanhanget och fokuserade på hur IAEA stöder säker långtidsdrift för kärnkraftverk. Hit hör bland annat granskningar inom SALTO-projektet (Safety Aspects of Long Term Operation) där IAEA hjälper medlemsstaterna i tillämpningen av IAEA:s säkerhetsstandarder enligt bästa praxis på internationell nivå. En del i detta är att även hjälpa myndigheterna i arbete med tillstånd och

¹ Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants, Safety Report Series No. 57, 2008

forts.→

forts.→

säkerhetsgranskning. Arbetet har inte enbart tekniska utgångspunkter utan inkluderar också mänskliga resurser samt kompetensöverföring. Under åren 2005-2014 genomförde SALTO peer reviews på ett tjugotal kärnkraftanläggningar i elva olika länder inklusive Sverige (Ringhals 1 och 2). För år 2015 planeras ytterligare minst fem granskningar.

IAEA startade år 2010 ett program (IGALL) som bland annat beskriver degraderingsmekanismer och effekter av åldrande av material i kärnkraftverk. Pro-

grammets syfte är också att uppmuntra medlemsstaterna till utbyte av erfarenheter och till att upprätta gemensamma databaser över det som är väsentligt för långtidsdrift, samt att ta fram riktlinjer för åldringshanteringsprogram. Den första fasen av programmet avslutades år 2013 och en andra fas inleddes 2014, som fokuserar på utbyte av erfarenheter samt den praktiska användningen av de resultat som erhållits inom programmet. Programrapporten avses uppdateras minst vart femte år.

Programmets databas, som ligger på IAEAs webbplats, innehåller för närvarande bland annat 76 åldringshanteringsprogram, 27 tidsbegränsade åldringsanalyser samt tusentals specificerade objekt (så kallade line items) i tabeller, allt insamlat av IAEAs medlemsstater. Vidare anordnar IAEA workshops och koordinerar forskningsprojekt för att särskilt belysa LTO-frågor. Den intresserade läsaren hittar en stor mängd ytterligare information om SALTO, IGALL etc. på IAEAs webbplats. ■

Intervju med två materialexperter

Redaktionen har intervjuat två av de främsta materialexperterna inom branschen med avseende på långtidsdrift. Dessa två är Manouchehr Hassanzadeh, Vattenfall/LTH, och Pål Efsing, Ringhals/KTH. Intervjuernas utgångspunkt är Hassanzadehs och Efsings syn på långtidsdrift utifrån sina specialområden betong respektive strukturell integritet.

BETONG

Inom Energiforsk (tidigare Elforsk) pågår ett betongteknikprogram för kärnkraftsbranschens räkning. Ett kärnkraftverk innehåller omfattande betongkonstruktioner, som måste kontrolleras kontinuerligt för att säkerställa att konstruktionen håller för gällande acceptanskriterier. Det övergripande målet för Energiforsks betongprogram inom perioden 2013-2015 är att säkerställa avsedd livslängd och hög tillgänglighet med bibehållen säkerhet för kärnkraftverk i Sverige och Finland. Det som har undersökts är bland annat hur armeringen i betongen har påverkats av laster och miljön den har befunnits sig i.

Manouchehr Hassanzadeh fungerar som teknisk expert inom betongprogrammet. Vilken del av betongkonstruktionen anser du påverkas mest av åldring?

– Det är vattenvägarna till och från havet, det vill säga huvudkylkanalen. Det beror på flera olika orsaker, bland annat finns det hela tiden under drift ett högt kontinuerligt flöde som nöter på ytskiktet. Det finns även risker förknippade med god tillgång på salt som kan orsaka kloridkorrosion på armeringen. Eftersom detta egentligen inte är ett direkt säkerhetsproblem så förs det inte så mycket diskussion om degradering och korrosion i kylvattenkanalerna inom branschen. Kylvattenkanalerna är förmodligen de system och komponenter av betong som tidigast kommer att kräva reparation och ombyggnad, på grund av sin utsatthet för åldersrelaterade degraderingsmekanismer.



Manouchehr Hassanzadeh, betongexpert på Vattenfall. Foto: Vattenfall

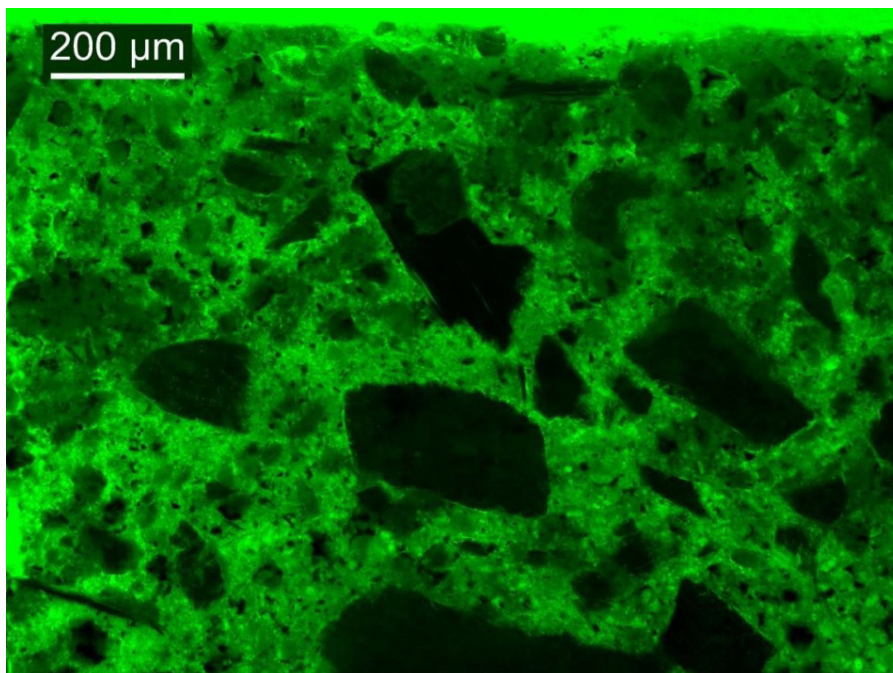
När det gäller betongstrukturer närmare reaktortanken, exempelvis reaktorinneslutningen, ställs det alltid större krav och det finns ett högre säkerhetsstänkande kring dessa delar av anläggningen. När det gäller reaktorinneslutningarna på de svenska kärnkraftverken har man egentligen inte upptäckt så stora problem när det gäller betongstrukturen. De svenska reaktorinneslutningarna står sig bra och det finns egentligen inte så mycket åldersrelaterat heller som hotar betongen i inneslutningarna. En undersökning av inneslutningen på Barsebäck 2008, som utfördes inom Elforsks betongprogram (Rapport 09:20), visade på endast små och ytliga korrosionsangrepp på tätplåten.

Nyligen upptäcktes hål i bottenplåten i inneslutningen på Ringhals 2, men dessa problem har egentligen inget med åldring att göra. Vid en täthetsprovning 2014 upptäcktes en ökning av vattenläckage från en uppsamlingskanal. Hålet i kanalen tillfogades under 2005 vid ett reparationsprojekt i inneslutningen. I samband med att läckaget åtgärdades upptäcktes korrosionsskador på bottenplåten, som visat sig bero på en kombination av både kloridinducerad och mikrobiell korrosion. Det troligaste är att skadorna på bottenplåten har uppkommit på grund av missförhållanden under konstruktionen av anläggningen. Under och efter gjutningsprocessen var det område som nu måste repareras inte tillräckligt täckt, vilket orsakade att surt regnvatten kunde tränga ner till bottenplåten. Detta medförde att vattnet närmast plåten inte var alkaliserat (basiskt), vilket i sin tur medförde att ingen passivering av tätplåten i området skedde. Problemet har därmed funnits där sedan anläggningen togs i drift. Se faktarutan nedan om vilka de dominerande mekanismerna är som orsakar korrosion på stål i betong.

Den höga gamma- och neutronstrålningen från reaktortanken skulle kunna påverka betongens hållfasthet och ge upphov till uttorkningskrämpning av betong. När det gäller neutroner kan dessa ge upphov till dislokationer i gitterstrukturen i betongen, vilket medför att betongen går från organiserad kristallstruktur till en oorganiserad amorf struktur. Det ger då en minskad densitet och ökad volym på betongen som följd. Förenklat verkar gammastrålningen påverka betongen med en volymminskning som följd. Skillnaderna kan därefter ge upphov till spänningar inne i betongen med mikrosprickor som konsekvens. Enligt Manouchehr Hassanzadeh har man

forts.→

forts.→



Ljutmikroskopbild över bestrålad betong. Foto: CBI

FAKTA:

Introduktion till hur en betongkonstruktion kan degraderas genom korrosion av slak- och spännarmering. Stålet passiviserar normalt genom högt pH i porvattnet i betongen, genom att ett tunt lager av hematit (Fe_2O_3) bildas på metallytan. Om passiviseringen bryts finns det risk för att korrosion i betong kan initieras om syre finns tillgängligt. Det finns framförallt två mekanismer som bryter passiviseringen vilka dominerar totalt:

- Karbonatisering, koldioxid tränger in i betongen och sänker pH i porvattnet och passiviseringen risker därmed att brytas.
- Kloridinducerad korrosion, där klorid bidrar till att passiviseringen bryts. Den exakta mekanismen är idag inte helt känd.

trots det fortfarande inte kunnat visa att strålningen i den aktuella miljön verkligen har påverkat betongen.

– Provtagningar på bland annat OKG har visat att betongen inte blivit skadad av strålningen efter mer än 30 års drift, säger Manouchehr. Ingen kan veta vad som händer efter 40-60 år, men med hänsyn till resultaten från OKG så borde inget speciellt hända med betongen efter perioden 40-60 år heller.

BWR VS. PWR

Vid Energiforsks LTO-seminarium i januari 2015 lyfte flera föredragshållare att det inte är någon större skillnad mellan tryck- och kokvattenreaktorer när det gäller det administrativa arbetet inför utökade drifttider. Vid lika struktur på åldringshanteringen för BWR och PWR så blir också LTO-verifieringen lika, vilket är fallet för exempelvis Ringhals.

Manouchehr Hassanzadeh förklarar skillnader avseende betongstrukturen för en BWR och en PWR ur ett LTO-perspektiv:

– Det är ingen nämnvärd skillnad när det gäller exempelvis huvudkylkanalerna, men däremot finns det skillnader när det gäller reaktorinneslutningarna mellan de två reaktortyperna, säger Manouchehr. En tryckkarinneslutning är mycket större än en kokkarinneslutning vilket gör att det sannolikhetsmässigt finns mer yta och volym betong som det kan uppenbara sig fel i. Men, i en

kokkarinneslutning finns kondensationsbassängerna som skulle kunna utgöra ett potentiellt hot mot den strukturella integriteten hos inneslutningen genom att det avjoniserade vattnet urlakar betongen, och på så sätt kan sänka pH-värdet runt armering och delar av tätplåten. Så länge som betongen är torr, men ej uttorkad runt armering, tätplåt och spännkablar, kan den i princip uppfylla sin funktion i minst 30-40 år till. Däremot om betongens pH-värde sänks på grund av urlakning eller karbonatisering (orsakad av luftens koldioxid) kan armering och plåt korrodera i betongen. Det är dock en långsam process, och så länge det finns kalciumhydroxid (säkerställer högt pH och finns naturligt i betongen) i porvattnet är korrosionen på tätplåt och armering mer eller mindre försumbar. Vidare om betong utsätts för vatten som innehåller klorider kan kloridinducerad korrosion initieras när kloridhalten kring armeringen överstiger ett tröskelvärde. Kloridinducerad korrosion kan bara förekomma i vattenväggar och de delar av reaktorinneslutning som är utsatt för salthaltigt grundvatten eller bergläckage.

EFFEKTHÖJNING

Kärnkraftverken i Sverige har genomgått ett antal olika effekthöjningar genom åren, men hur påverkar en effekthöjning betongstrukturen i anläggningen? Inte så mycket tror Manouchehr.

– Man skulle kunna tänka sig att det blir varmare i inneslutningen, men det bör inte påverka betongstrukturen nämnvärt. Det som man däremot skulle kunna tänka sig är att en effekthöjning skulle kunna leda till anläggningsändring, exempelvis byte av ånggenerator, som gör att man måste öppna inneslutningen. Det kan leda till risker i form av att tätplåt och armering friläggs (passivisering bryts) samt framförallt förändrade spänningsförhållanden. Detta senare inträffade 2009 på kärnkraftverket Crystal River, USA. När man sågade upp ett hål för inneslutningen för att kunna byta ånggeneratorer uppstod ett antal sprickor i betongen. Sprickorna lagades men nya upptäcktes. Efter att betongen återspändes och hålet gjutits igen hittades ytterligare sprickor, vilket har medfört att anläggningen har stängts permanent. Detta är ett tydligt exempel på när spänningsförhållanden kan orsaka sprickbildning i betongen, vilket kan riskera att ge upphov till korrosion på armering, spännkablar och tätplåt samt i slutändan medföra strukturella problem. Vid de ånggeneratorbyten som har utförts på Ringhals 2-4 har emellertid inga liknande problem inte kunnat påvisas.

STRUKTURELL INTEGRITET

Pål Efsing är Vattenfalls företagsspecialist inom strukturell integritet. Nyhetsbrevets redaktion intervjuade Pål om hur han ser på LTO-frågan. I artikeln om hur

forts.→

forts.→

LTO-frågan hanteras i USA nämndes att ambitionen för licensieringsprocessen nu är drifttider på 80 år för ett antal reaktorer som har passerat 40 år.

Reaktortanken är tillsammans med inneslutningen det system och den komponent som är svårast att byta ut på ett kärnkraftverk. Finns det någon egentlig teknisk livslängd för reaktortanken i en anläggning?

– Generellt inte, om vi håller oss till de svenska reaktorerna när det gäller den strukturella integriteten hos framförallt kokartankarna, säger Pål Efsing. De svenska reaktortankarna, som är tillverkade i låglegerat stål med interndelar av austenitiskt rostfritt stål och nickelbaslegeringar, har samtliga block förutom Ringhals 1 och 2 samt Oskarshamn 1 samma leverantör (Uddcomb Sweden). Reaktortankarna har relativt få svetsfel i svetsgodsen, vilket efter hand ger mindre problem med spänningskorrosion. Men framförallt är risken för alla typer av degradering mindre om man undviker tillverkningsfel, vilket även gäller utmattning och risken för sprött brott vid ett haveriscenario, fortsätter Efsing.

Däremot är nickel- och manganhalten i svetsgodset väsentligt högre i de av Uddcomb tillverkade tryckkärl jämfört med merparten av övriga BWR- och PWR-stationer i västvärlden. Spårämneshalterna valdes bland annat för att få en hög hårdbarhet (ju högre härbarhet desto grövre dimension av stålet kan genomhårdas), maximera slagsegheten vid driftsättandet samt för att försöka minimera risken för svetsdefekter.

Tryckvattenreaktorerna Ringhals 3 och 4 planeras för drifttider på 60 år. Att som amerikanerna planera för drifttider på 80 år för tryckvattenreaktorer är extremt, anser Pål Efsing.

– Det beror på den högre dosbelastningen som råder under drift för en tryckvattenreaktor. Det är den stora skillnaden mellan PWR och BWR vid förlängd drifttid, och något man måste ta hänsyn till.

– Men för de mer moderna kokarna Oskarshamn 3 och Forsmark 3 är en drifttid på 80-100 år nog ingen omöjlighet, det finns andra problem än reaktortankens ålder säger Pål Efsing.

ÅLDRINGSMEKANISMER

Beträffande tidsberoende åldringsmekanismer så är det framförallt bestrålningsinducerad åldring och termisk åldring som kan påverka de mekaniska egenskaperna hos de låglegerade stål som har använts till reaktortankarna. När ett material bestrålas kommer atomer i metallgittret, utöver självdiffusion, att vandra i ma-



Pål Efsing, materialexpert Ringhals. Foto: KTH

terialet efter kollision med framförallt de snabba neutronerna. De flesta av de utslagna atomerna faller tillbaka i motsvarande position i metallgittret, medan andra hittar nya positioner. Det gör att det både kan ske en utarmning eller en anrikning av ämnena i korngränserna är nickel och mangan, liksom svavel och fosfor. Nickel och mangan kan ge upphov till en härdningsmekanism, och detta medför att materialet blir hårdare men sprödare. Sprickkänsligheten ökar därmed. För att sedan strålningsinducerad spänningskorrosion ska ske måste komponenten vara utsatt för dragbelastningar, utsatt för oxiderande miljö samt att materialet är känsliggjort av exempelvis en värmebehandling. Detta gör att störst risk för spänningskorrosion finns för rostfria system hos kokvattenreaktorer (särskilt de interna delarna), men även för nickelstrukturer när det gäller tryckvattenreaktorer. Skillnaden mellan PWR och BWR beror på skillnader i driftkemi, lätt oxiderande miljö i primärsystemet för kokare respektive lätt reducerande för en tryckare.

– Men spänningskorrosion har studerats under lång tid och slutsatsen är att under normala driftbetingelser är risken för såväl initiering som tillväxt av defekter i låglegerade stål i det närmaste obefintlig. Däremot skulle tillverkningsdefekter kunna ge upphov till spänningskorrosion, säger Pål Efsing.

När det gäller den termiska åldringen

är det framförallt gjutet rostfritt stål som kan påverkas, till skillnad från smitt rostfritt stål vars mottaglighet för termisk åldring är praktiskt taget obefintlig. Det beror på att smitt stål har ett mycket lågt innehåll av ferritiskt stål, medan gjutet stål är uppbyggt av två faser (en ferritisk och en austenitisk fas). Närvaron av ferritisk fas ökar draghållfastheten och resistansen mot värmesprickor, men är också orsaken till försprödning vid termisk åldring.

– Men eftersom drifttemperaturen är relativt låg så är sannolikheten för att man ska få försprödningsskador på gjutet stål på grund av den termiska åldringen mycket låg, framhåller Pål Efsing. Temperaturintervallet som normalt anses ge en åldersrelaterad negativ påverkan på de mekaniska egenskaperna hos låglegerat stål är mellan 370 och 595°C.

PROVNING AV REAKTORTANKEN

Hur säkerställs att reaktortankarna håller för fortsatt drift även efter 40 års drift?

– Oförstörande provning på reaktortankarna utförs minst vart tionde år och främst är det ultraljudsteknik som används, enligt Efsing. Men provning av stumsvetsar i hårdregionen kompletteras även med virvelströmsteknik. Dessa metoder kan användas för att hitta sprickor och även för att kontrollera ett materials tjocklek.

Ett annat sätt att kontrollera reaktortankens beständighet mot t.ex. tankens bestrålning är att placera kapslar med materialprov närmare hårdan än vad reaktortanken befinner sig. Detta medför att proverna får en högre dosbelastning jämfört med den högst belastade punkten på reaktortanken, vilket gör att man kan förutse tankmaterialets försprödning med avseende på effekter från bestrålningen. På Ringhals har man dessutom ett samarbete med Haldenreaktorn, där arkivmaterial från bland annat svetsmaterial bestrålas till dosnivåer som motsvarar 20, 40 och 60 års drift. Det man vet är att neutronsbestrålningen påverkar tankmaterialet i hårdregionen så att omslagstemperaturen mellan sprött och segt brott ökar samt att slagsegheten i det övre plåtområdet minskar. Provingar ingår i det fortlöpande åldringshanteringsarbetet och är reglerat av SSM. Provningsprogrammen är så kallade stationsspecifika surveillanceprogram som utförs på samtliga reaktorblock i Sverige.

EFFEKTHÖJNING

Hur påverkas effekthöjningar den strukturella integriteten reaktortank och reaktornära system ur ett LTO-perspektiv?

forts.→

forts.→

– För det första är det viktigt att utföra fortsatta noggranna provningar av reaktorsystemen efter en effekthöjning och ha LTO-glasögonen på, säger Efsing. Effekthöjningar kan ge andra degraderingsproblem som utmattning och vibrationsproblem. Eftersom flödena ändras i systemen efter en effekthöjning ändras vibrationerna och man får en annan frekvens. I värsta fall kan den närma sig komponenternas egenfrekvens vilket kan medföra stora problem med utmattningsskador. Detta hände i USA på kärnkraftverket Quad City där man tvungen att byta ut ångseparatorn till höga kostnader.

VÄTEFLAKES I BELGIEN

Det har nu konstaterats att de defekter på de belgiska reaktorerna Doel 3 och Tihange 2 som Kärnkraft i vår omvärld #23 rapporterat om beror på tillverkningsfel som orsakat så kallade väteflakes. Dessa flakes är små sprickor som bildas på grund av höga halter av väte och kan orsaka ett lokalt mycket sprött tillstånd. Tillståndshavaren och en enig forskarkår fastslår att uppkomsten av väteflakesen inte kan kopplas till driften av reaktorerna. Även Pål Efsing är inne på samma linje:

– Det handlar med stor sannolikhet om tillverkningsfel, och det är leverantörerna av reaktortankarna som inte har haft tillräcklig koll på tillverkningen, säger Efsing. Man har inte tagit bort tillräckligt av centrum av göten och gjort för stora göt för att utnyttja materialet optimalt. Detta har medfört att det väte som har segtrat (red. anm. ojämn fördelning av material) i mitten av götet inte tagits bort vid tillverkningsprocessen. Vid en klenare dimension på smidet hade även eventuellt väte i metallen kunnat diffundera ut under gjutningsprocessen (uppvärmning).

Några väteflakes har vid riktade inspektioner emellertid inte hittats i PWR-tanken på Ringhals 2, som har samma leverantör som tankarna i Doel-3 och Tihange-2. ■

ANDRA NYHETER från runt om i världen

Drönare över kärnkraftverk i Frankrike

Under hösten 2014 inträffade flertalet flygningar med obemannade farkoster, så kallade drönare, över franska kärnkraftverk. Under januari i år rapporterades det om ytterligare flygningar av mystiska drönare, men då över Paris. Strålsäkerhetsmyndigheten undersöker möjligheten att få in krav i den pågående revisionen av föreskrifterna om att kärnkraftverken i Sverige måste skydda sig mot flygande föremål.

I höstas påträffades drönare vid sju kärnkraftverk i Frankrike, bland annat över kärnkraftverken Burgey, Cattenom och Nogent i sydöstra Frankrike. Under februari månad 2015 inträffade drönarflygningar över centrala delarna av Paris, bland annat över Eiffeltornet, vilket har aktualiserat problemet ytterligare. Det är fortfarande oklart vem eller vilka som ligger bakom drönarflygningarna över de franska kärnkraftverken, trots att de inträffade för nästan ett halvår sedan. Den franska regeringen har tillsatt en utredning för att kunna identifiera ägarna till drönarna samt att kunna förhindra ytterligare flygningar, men de är mycket tystlåtna om hur utredningen fortlöper.

Greenpeace har tidigare flugit med skärmflygare i närheten av kärnkraftverket i Burgey, i närheten av Lyon, år 2012. Miljöorganisationen dementerar bestämt sin inblandning i flygaktionerna över de franska kärnkraftverken i höstas. Vidare är Greenpeace kritiska till tystnaden från EDF och den franska regeringen. I ett pressmedelande skriver Greenpeace att "Eftersom det är oklart vilka som har utfört flygaktionerna och syftet med dem är okänt, hur kan de (franska regeringen och EDF, red. anm.) då kan hävda att flygaktionerna inte utgör någon fara". Vidare fortsätter Greenpeace, "eftersom det inte finns några misstänkta kan vi bara föreställa oss det värsta".

Drönaraktionerna har tillsammans med ett intrång av Greenpeace på Fessenheim i slutet av januari i år nu tvingat fram ett förslag från den parlamentariska försvarskommissionen om att höja straffen för intrång på franska kärnkraftverk. Dessutom ska kärnkraftverk och anläggningar som tillhandahåller kärnämnen ges en högre säkerhetsstatus och klassas som "högekänsliga försvarszoner". Bland annat föreslås att högspänningsstängsel ska installeras runt kraftverken. Vidare har regeringen fått i uppdrag att senast den 30 september 2015 ta fram en ut-

redning som ska utvärdera risken med drönaraktioner över kärnkraftverken. Utredningens mål är att ta fram förslag på lösningar för att kunna "upptäcka och neutralisera" drönarna samt att föreslå lagändringar som ger möjlighet att kunna straffa piloterna bakom de flygande föremålen.

SSM OM DRÖNARE

De franska drönaraktionerna har också medfört att den svenska Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) fått upp ögonen för problemet och gör nu översyn av det svenska regelverket avseende flygningar över kärnkraftverk. Idag saknar nämligen de svenska anläggningarna en flygförbudszon, vilket Sverige är ganska ensamma om, enligt SSM. Men Strålsäkerhetsmyndigheten kan inte ålägga om en flygförbudszon runt anläggningarna, utan det är upp till tillståndshavarna att själva begära ett tillstånd från den ansvariga myndigheten Transportstyrelsen. I exempelvis Frankrike har man redan infört flygförbudszoner runt kärnkraftverken. Det är där förbjudet för alla former av flygplan, inklusive drönare, att befinna sig i luftrummet inom en radie på 5 km från ett kärnkraftverk. Enligt Jonas Sjöström, inspektör på enheten Kontroll och skydd på SSM, diskuterades flygförbudszoner runt kärnkraftverken efter terroristattentaten i USA 11 september 2001.

– Svenska myndigheter diskuterade att införa flygförbud över de svenska kärnkraftverken, men man kom fram till att en flygförbudszon inte skulle utgöra ett skydd mot att kapade flygplan kraschades in i anläggningarna, säger Jonas Sjöström. Terroristen hade ändå utfört attentatet även om det funnits en flygförbudszon.

– Det som SSM tycker vore bra med att införa flygförbudszoner runt de svenska kärnkraftverken vore möjligheten att lagföra olagliga flygningar över anlägg-

forts.→

forts.→

ningarna, menar Sjöström. Det skulle innebära att ansvariga för exempelvis Greenpeaces skärmflygning över Ringhals 2013 och eventuell drönarflygning över en av anläggningarna skulle kunna leda till påföljder. Kärnkraftverken är idag skyddsobjekt vilket gör att det råder fotoförbud över anläggningarna. Men, med en förbudszon skulle möjligheten öka att kunna lagföra de ansvariga.

Ett eventuellt införande av militära zoner runt kärnkraftverken i Sverige, i likhet med vad som utreds i Frankrike, är inget som diskuteras i Sverige. Anläggningarna är redan klassade som skyddsobjekt, vilket egentligen är så långt man kan gå i Sverige. Strålsäkerhetsmyndigheten bedömer inte hotbilder mot kärnkraftverk, men anser inte att drönare utgör ett direkt hot mot anläggningarna.

– Risken med drönare är att de skulle kunna användas till att ta bilder och hämta information om känsliga punkter på en anläggning, men inte för att spränga ett kärnkraftverk, fortsätter Sjöström.

I samband med drönaraktionerna i Frankrike framkom en del vilda spekulationer i vissa tidskrifter (exempelvis Newsweek 24 februari) om hur drönare skulle kunna slå ut både yttre nät och reservkraft samtidigt och på så sätt orsaka en härdsmälta. Men det är inget som SSM ser som något särskilt troligt scenario. Jonas Sjöström igen:

– Det skulle nog bli för komplicerat att med hjälp av drönare först slå ut yttre nät och sedan slå ut reservkraft. Rent spekulativt finns det säkert andra relativt enklare sätt att exempelvis slå ut yttre nät.

Strålsäkerhetsmyndigheten håller för tillfället på att revidera föreskrifterna gällande yttre skydd och eventuellt kommer ett krav avseende skydd mot flygande föremål som drönare. Enligt Jonas Sjöström kommer kravet inte att specificera hur anläggningen ska skyddas.

– Det är inte upp till myndigheten att hitta lösningarna på problemen, utan det är tillståndshavarnas uppgift att kontrollera hur anläggningarna ska skyddas mot hot säger Sjöström.

Även tillståndshavarna har börjat undersöka frågan på lite större allvar.

– Vi har nu inom Vattenfall påbörjat en utredning för att skapa oss en översiktsbild över vilka möjligheter det finns för att hindra drönare att nå anläggningen. Det gäller både vilka möjligheter lagen ger samt möjligheter för att upptäcka och slutligen fysiskt hindra drönarna att nå anläggningen, säger Len-nart Strandberg, säkerhetsskyddschef på Forsmark. ■

Kina godkänner konstruktion av två reaktorer

Kinas regering godkände byggstart för två nya reaktorer i nordöstra regionen av landet. Detta är första gången på fyra år som regeringen i Kina godkänner en uppförandet av nya reaktorer. Analytiker tolkar beslutet som ett tecken på att upp till åtta nya reaktorer kan få tillstånd att börja byggas under året.

Den nationella kommissionen för utveckling och reform, en myndighet som verkar under den kinesiska regeringen, har godkänt byggstart för två nya reaktorer. Det är första gången sedan haveriet i Fukushima som den kinesiska regeringen godkänner start av en byggnadsprocess av nya reaktorer i landet. Inga nya tillstånd för kunna starta byggnadsprocessen av nya reaktorer har erhållits, men däremot har byggnadsprocessen för tidigare godkända reaktorblock tillåtits fortsätta.

De två nya reaktorerna som ska byggas ligger på siten Hongyanche och får nummer 5 och 6. Båda reaktorerna kommer få den kinesiska reaktordesignen ACPR1000, vilket är den kinesiska generation III-varianten av den franska 900 MWe-reaktorn. Den ursprungliga planen var att redan under 2011 gjuta den första nukleära betongen till de båda två blocken, men planen försenades av haveriet i Fukushima. Byggnationen av de två reaktorblocken beräknas starta senare under 2015, efter att kinesiska kärnkraftsäkerhetsmyndigheten slutligen givit sitt godkännande. Hongyanche innehåller redan

fyra stycken reaktorer, där reaktorer har varit i drift sedan juni 2013 respektive 2014. Block 3 och 4 planeras att tas i drift under 2015.

Analytiker på den kinesiska mäklarfirman Founder Securities säger att "godkännande av de två enheterna på Hongyanche antyder att Kina kommer att träda in i en period där flertalet reaktorer kommer att godkännas för att börja byggas". Mäklarfirman tror att ända upp till åtta nya reaktorer kan komma att godkännas för byggstart under 2015. Bland dessa inkluderas "demoversionen" av en CAP1400-reaktor i Shidaowan och den första reaktordesignen av typen Hualong One vid Fuqing. Hualong är en ny reaktordesign som har passerat den nationella myndighetsgranskningen, och den är utvecklad efter 30 års forskning. Designen består av en kombination av aktiva och passiva system, där både EPR och AP1000 har varit inspirationskällor, och bland annat har en vattentank inkluderats i sekundärsystemet som kan kyla primärsystemet när vattentillförsel till reaktortanken är förlorad. ■

Problem med tritium i Fukushima

Vid flertalet kärntekniska olyckor inklusive haverierna vid Fukushima har den efterföljande radioaktiviteten dominerats av radioaktiva isotoper av jod respektive cesium men även andra radioaktiva ämnen har i olika grad också släppts ut. Ett särskilt problem i Fukushima är det naturliga vattenflöde, cirka 300 kubikmeter per dygn, som dagligen strömmar ned från berget väster om de havererade anläggningarna och in i dessa (främst reaktor 2). Detta gör att radioaktiviteten i anläggningarna blandas upp med det rena vattnet. Detta förorenade vattnet tar TEPCO hand om med hjälp av ett franskt system kallat ALPS (Advanced Liquid Processing System) som genom jonbytesprocesser avlägsnar i stort sett alla radioaktiva ämnen utom tritium. Förekomsten av tritium i vattnet har

gjort att man valt att förvara det i stora cisterner och hittills har cirka 600 000 kubikmeter tritiumkontaminerat vatten lagrats strax väster om de havererade kärnkraftverken.

Räknat som aktivitetsmängd handlar det om storleksordningen flera tusen miljarder becquerel (10^{12} Bq) tritium. Med tanke att detta utgör en relativt liten andel av radioaktivitet från Fukushima och att tritium hör till den minst farliga så kallade radiotoxicitetsklassen så som den klassificeras av Internationella Strålskyddskommissionen med flera skulle det vara möjligt att successivt släppa ut det tritiumkontaminerade vattnet i Stilla Havet. Så har också föreslagits från ett flertal auktoriserade håll men det finns också många som motsatt sig sådana utsläpp på grund av oro, inte minst från fis-

forts.→

forts.→



Tankar fyllda med radioaktivt vatten med bland annat tritium. Foto: TEPCO.

kerinäringens håll eller utifrån politiska överväganden.

Om man till exempel jämför med cesium är det lätt att förstå att ett utsläpp av tritium i Stilla Havet rimligen endast skulle resultera i minimala stråldoser till människa. Utsläppen av radioaktivt cesium 137 som nu blandats om ordentligt (ett "jämviktsliknande tillstånd" tar flera decennier) i Stilla Havet är av storleksordningen några tiotals petabecquerel (peta = 10^{15} Bq) men medför, om man utgår från medeljapanens årliga konsumtion av fisk och skaldjur (ca 57 kg) trots det höga siffervärdet en dos på som mest några tiotals mikrosievert. Som jämförelse kan nämnas att en flygres Stockholm-Chicago tur och retur ger en dos på grund av strålning från kosmos på cirka 100 mikrosievert. Nu är, som redan nämnts, aktivitetmängden för tritium avsevärt lägre än den för cesium-137. Dessutom är tritiums halveringstid kortare (10,6 år) jämfört med halveringstiden för cesium-137 som är drygt 30 år. Till detta kommer att cesium 137 ligger i en högre radiotoxicitetsklass än tritium. Därför bör rimligen utsläpp i Stilla Havet av det nu lagrade tritiumkontamine-

rade vattnet snarare anses handla om ett problem med befolkningens oro än ett vetenskapligt problem.

Ett alternativ till utsläpp i Stilla Havet är givetvis att nyttja någon form av tritiumspecifik anrikningsprocess. En föreslagen metod går ut på att med elektrolys sönderdela de "tritiumkontaminerade" vattenmolekylerna till gasformigt syre samt en gasblandning av väte och tritium. Med hjälp av en destillationsliknande kolonn med platina som katalysator kan man därefter åstadkomma en separation av vanligt vatten (som då skulle komma ut i toppen av kolonnen; lättare fraktion) och vattnet som har väteatomer i form av tritium (tyngre fraktion) skulle komma ut nedtill i kolonnen. En amerikansk firma har sagt att man genom en katalytisk process i princip skulle kunna reducera allt det lagrade vattnet till cirka 5 kubikmeter med tritiumkontaminerat vatten. Det som nu måste göras är att visa att en sådan process också är kostnadseffektiv. Början på år 2016 ses nu av japanska myndigheter och TEPCO som en rimlig deadline (se tidskriften Science, 12 dec. 2014 för närmare detaljer). ■

Redaktion

Vattenfall AB, 169 92 Stockholm

Joachim Thorn, Vattenfall AB
joachim.thorn@vattenfall.com
08-739 50 00

Björn Cedervall, Vattenfall AB

KONTAKT:

Monika Adsten
Energiforsk AB
Forskningsområde Kärnkraft
101 53 Stockholm
08-677 27 35
monika.adsten@energiforsk.se
www.energiforsk.se

LAYOUT:

Mio Nylén, formiograf
mio@formiograf.se
www.formiograf.se
073-406 78 00

