Bilaga 1

mkg
Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning

2019-10-24

Till: Strålsäkerhetsmyndigheten
171 16 Stockholm
registrator@ssm.se

Frågor om kvalitetssäkring och redovisning av resultat från LOT-försöket

MKG deltog onsdagen den 16 oktober på mötet som Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) anordnade för att informera om kärnavfallsbolaget SKB:s forskningsprogram Fud 2019. På mötet ställde föreningen en fråga till kärnavfallsbolaget om dess LOT-försök som genomförs i Äspölaboratoriet. Frågan gällde när nästa försökspaket i projektet (S2) ska tas upp. Något förvånande uppgav bolaget att försökspaketet S2 redan har tagits upp.

Det har inte funnits någon information om detta från bolaget tidigare, inte heller i forskningsprogrammet Fud 2019. Bolaget har dessutom sagt att resultaten från upptaget inte ska redovisas och hanteras förrän i SSM:s stegvisa prövning efter att regeringen har gett både tillåtlighet enligt miljöbalken och tillstånd enligt kärntekniklagen[1].

MKG och dess medlemsföreningar har sedan 2011 framfört att försökspaket måste tas upp och analyseras med avseende på hur mycket kopparkorrosion som skett. Föreningarna menar att om upptag och analys görs på rätt sätt kan det avgöras om koppar är ett lämpligt kapselmaterial eller inte för kärnbränsleförvaret. Föreningarna har dessutom krävt att upptaget sker med full öppenhet och med kvalitetssäkring av resultaten, med insyn från fristående forskargrupper och andra intresserade aktörer på plats. Vad vi förstår har detta än så länge inte skett för upptaget av S2-paketet och det är därför viktigt att Strålsäkerhetsmyndigheten agerar för att upptaget ska kunna ha den roll som behövs i den pågående miljöprövningen av kärnbränsleförvaret.

Det är för föreningarna en självklarhet att tillräcklig redovisning av resultat rörande kopparkorrosion måste föreligga innan regeringen tar beslut om tillåtlighet enligt miljöbalken. Nu har upptaget skett utan insyn och kvalitetssäkring vilket innebär en risk att kärnavfallsbolaget endast redovisar resultat som inte riskerar

[1] Se sid 27 i toppdokumentet till bolagets kompletteringsyttrande med till regeringen den 4 april 2019 http://www.mkg.se/uploads/M2018_00217_Me/M2018-00217-40_01_Komplettering_och_yttrande_190404.pdf .

Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG)
Första Långgatan 18, 413 28 Göteborg
Tel: 031-711 00 92 www.mkg.se
Org nr: 802420-8384 Bankgiro: 738-0793

kärnbränsleförvarsprojektets framtid. Dessvärre finns det tidigare erfarenheter som pekar på att det finns en sådan risk.

MKG menar att även med en översiktlig studie av vad som hänt med koppar i S2-paketet kommer det med stor sannolikhet att gå att förstå att koppar inte beter sig i slutförvarsmiljön som sökandens teoretiska antaganden säger. Föreningen vänder sig nu till SSM för att få myndigheten att agera för att kvalitetssäkra resultaten från upptaget av S2-paketet och för att få fram översiktliga men tillräckliga resultat rörande kopparkorrosion så fort som möjligt.

Bakgrund

Försökspaketen i LOT-försöket innehåller ett omkring fyra meter långt kopparrör med diametern tio centimeter. Runt röret finns cylindriska ringar av förkompakterad bentonit. Ringarnas ytterdiameter är 30 centimeter. I varje försökspaket finns även kopparkuponger.

Det finns två typer av försökspaket. Dels det s.k. A-paket som värmts upp till mellan 120-150 °C för att simulera en situation med högre temperatur än den förväntade i slutförvaret. Dels det s.k. S-paket som värmts upp till ca 90 °C, vilket är ungefär den förväntade temperaturen i slutförvaret. Uppvärmningen sker från en punkt ungefär två tredjedelar ner i röret vilket betyder att temperaturen är högst där och minskar mot ändarna, särskilt mot den övre delen av röret.

Ursprungligen fanns det tre A-paket och 3 S-paket. A1 och S1 var ettårsförsök, A2 och S2 var femårsförsök och A3 och S3 var 10-årsförsök. Vid upptaget av A1 förstördes det på ett sätt som gjorde att det gjordes om. Det försöket, alltså också ännu ett ettårspaket, kallades A0. Det innebär att tre ettårspaket har tagits upp. Dessutom har ett femårpaket (A2) tagits upp. För mer information om LOT-försöket se bilaga 1. En sammanfattande information om de olika försökspaken finns i bilaga 2. Upptagen av försökspaket A1, S1, A0 och A2 är avrapporterade[2].

Vikten av försökspaketet S2

Försökspaket S2 har varit syrgasfritt sedan bara några månader efter att det installerades i oktober-november 1999. Uppvärmning av försökspaketet påbörjades i februari 2000, men ingen mätdata från försökets sensorer har publicerats sedan avrapporteringen av upptaget av A2-paketet för över tio år sedan.

Den koppar som finns i försökspaket S2 har utsatts för en syrgasfri slutförvarsmiljö i tjugo år. Kärnavfallsbolagets teoretiska modell, som är grunden för säkerhetsanalysen för kärnbränsleförvaret, anger att kopparytorna ska vara i stort sett opåverkade efter denna tid. Om det finns omfattande korrosion av koppar i S2-försöket kan detta påverka regeringens tillåtlighetsprövning av slutförvarsprojektet.

---

[2] SKB TR-00-22 ”Long term test of buffer material: Final report on the pilot parcels (A1 S1)”, Karnland et al., December 2000. (https://www.skb.se/publikation/17931/)
SKB TR-09-31 ”Long term test of buffer material at the Äspö HRL, LOT project: Final report on the A0 test parcel” Karnland et al., February 2011. (https://www.skb.se/publikation/2224202/)
SKB TR-09-29 ”Long term test of buffer material at the Äspö Hard Rock Laboratory, LOT project Final report on the A2 test parcel”, Karnland et al., November 2009. (https://www.skb.se/publikation/1961944/)

Det var ursprungligen tänkt att S2-paketet, som ju är ett femårspaket, skulle tas upp och analyseras efter att analysen av det andra femårspaketet A2, som togs upp i januari 2006, var klar. Men så skedde aldrig, förmodligen för att det var oväntat mycket kopparkorrosion på kopparytorna i A2-paketet. Kärnavfallsbolaget har försökt förklara korrosionen med att all syrgas som inneslutits i försöket vid deponeringen nått fram till kopparytor och reagerat med koppar. Detta är helt orealistiskt och enligt MKG en felaktig förklaring eftersom allt syre förbrukades snabbt av bakterier och kemiska reaktioner efter deponering och därmed inte kunnat vandra genom leran fram till kopparytor annat än i mycket liten omfattning. Den oväntat stora korrosionen måste därför bero på en för bolaget okänd korrosionsprocess, förmodligen delvis beroende av att kopparytan reagerat med vatten.

Förningarna anser att det är oerhört viktigt att snabbt få en översiktlig bild av hur kopparytorna i det upptagna S2-paketet ser ut, både i bilder och i enkla metallurgiska studier. Det viktigaste området att undersöka är den yta på det centrala kopparröret som haft högst temperatur. Kärnavfallsbolaget menar att det centrala röret inte är av exakt samma kopparkvalitet som det som kommer att vara i kopparkapslarna och att korrosion på röret därför inte ska undersökas. Men röret innehåller i stort sett ren obehandlad koppar och är därför ett utmärkt studieobjekt av hur koppar beter sig i en slutförvarsmiljö.

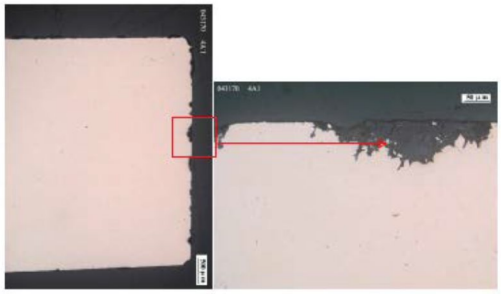
Den enda bild som offentliggjorts av ett upptaget centralrör publicerades 2009 på kärnavfallsbolagets hemsida. En nersparad version av sidan finns som bilaga 1 och bilden finns dessutom som figur 1 nedan. Det är oklart om det är röret från femårspaketet A2 som visas i bilden eller om det är ett ettårspaket. Hur som helst är bilden från den svala delen av röret nära toppen och inte från den mest upphettade delen där den största korrosionen skett.

Figur 1. Bild på den svalare delen av kopparröret från ett LOT-försökspaket

Kärnavfallsbolaget har med säkerhet bilder på hela centralröret från upptag av alla försökspaket som tagits upp. En studie av dessa bilder, inklusive en jämförelse mellan A2-röret och S2-rörets varmaste delar skulle ge en första indikation om kärnavfallsbolaget har rätt i att koppar är ett bra kapselmaterial. Detta borde kunna göras förhållandevis snabbt.

En studie av bilderna måste sedan följas upp av en metallografisk studie av den varmaste kopparytan inklusive studier av tvärsnitt av kopparytan. Ett exempel på

en likande studie finns i figur 2 som visar ett tvärsnitt från en kopparyta från det schweiziska FEBEX-försöket där koppar funnits i en syrgasfri slutförvarsmiljö i 18 år[3]. Bilden visar betydande kopparkorrosion inklusive gropfrätning.



Figur 2. Tvärsnittsbilder av korrosion från FEBEX-försöket

Krav på av att Strålsäkerhetsmyndigheten agerar

MKG och dess medlemsföreningar vill att Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) omedelbart agerar för att se till att tillräckliga resultat tas fram från LOT S2-paketet för att kunna visa om koppar är ett bra kapselmaterial eller inte för kärnbränsleförvaret. Detta måste göras så att regeringen har tillgång till resultaten innan beslut tas om tillåtlighet eller ej enligt miljöbalken.

Föreningarna vill snarast ha svar på följande frågor:

1. Hur tänker SSM agera för att snabbt få fram och kvalitetssäkra de nödvändiga resultaten från S2-paketet rörande kopparkorrosion på centralrörets varmaste del och kopparkupongerna?

2. Kan SSM få fram bilder på de upptagna centralrören i LOT-försöken, inklusive den varmaste delen?

3. Kan SSM se till att oberoende metallografiska studier görs av den varmaste delen av kopparytan på det upptagna S2-paketet?

Bästa hälsningar,

Johan Swahn

Kanslichef

070-467 37 31
johan.swahn@mkg.se

[3] Se http://www.mkg.se/omfattande-syrgasfri-korrosion-i-det-schweiziska-febex-forsoket .

Svensk Kärnbränslehantering AB
Blekholmstorget 30, Box 250, 101 24 Stockholm
Telefon: 08-459 84 00, Fax: 08-579 386 10
E-post: fraga@skb.se

Lotförsöket

Lotförsöket ska ge svar på frågan hur bentonitleran uppför sig i en miljö som liknar det framtida kärnbränsleförvaret under långa tider.

Förkortningen Lot står för Long Term Test of Buffer Material. I hål borrade i Äspötunnelns golv på 450 meters djup, finns paket med fyra meter långa kopparrör omgivna av förkompakterade block av bentonitlera.

I försöken ska rören motsvara kapseln i slutförvaret och bentoniten den buffert av bentonitlera som ska omge kapslarna. Kopparrören har en diameter av tio centimeter och är försedda med elektriska värmeelement. Värmeelementen används för att simulera resteffekten från använt kärnbränsle.

Buffertens roll i slutförvaret

Bentonit är ett slags lera som innehåller mineralkorn där flera platta skikt av lermineral är travade på varandra. Ursprungligen är leran bildad av vulkanisk aska. När bentonitleran kommer i kontakt med vatten sväller den.

I slutförvaret har bentonitbufferten bland annat till uppgift att:

- Hålla kapseln på plats så att den inte kommer i direkt kontakt med berget.
- Minska vattenflödet från bergets sprickor in till kapseln.
- Ta upp små rörelser från berget.

Därför gör vi Lotförsöket

Syftet med Lotförsöket är att ta reda på hur i första hand bentonitlera uppför sig vid förhållanden som liknar dem i ett slutförvar för använt kärnbränsle. Speciellt viktigt är att leran sväller som avsett, samtidigt som den ska minska vattenflödet från berget in mot kapseln.

Den viktigaste frågan i Lotförsöket är om bentonitens egenskaper förändras under den tid som förvaret ska fungera, dvet vill säga omkring 100 000 år.

Under vissa förhållanden kan bentonitens egenskaper påverkas. Exempelvis kan höga salthalter påverka bentonitens svällförmåga och höga temperaturer leda till att lermineralen i den omvandlas till andra mineral. När vi analyserar slutförvarets säkerhet på lång sikt är det viktigt att ha kunskap om alla sådana förändringsprocesser.

Vilka förändringar sker?

Under flera årtionden har vi undersökt dessa förändringsprocesser både i laboratorium och genom jämförelser med naturliga fyndigheter. Vi gör också försök under verkliga förhållanden. Lotförsöket är ett experiment som tillhör denna senare kategori. Eftersom Lotförsöket erbjuder en lämplig miljö för att undersöka även andra förändringsprocesser i slutförvaret gör vi också mindre försök i syfte att undersöka bakteriers aktivitet, överlevnad och rörelseförmåga i bentonit, omfattningen av kopparkorrosion samt hur transporten av vissa metalljoner sker i bentoniten.

Så är försöket utformat

Som tidigare nämnts består ett försökspaket av ett omkring fyra meter långt kopparrör med diametern tio centimeter. Runt röret finns cylindriska ringar av förkompakterad bentonit. Ringarnas ytterdiameter är 30 centimeter.

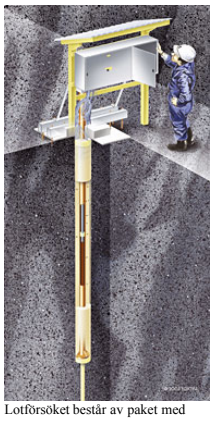
Kopparrören är försedda med elektriska värmeelement, som ska simulera resteffekten från använt kärnbränsle. Något riktigt använt kärnbränsle används alltså inte i försöket.

Lotförsöket omfattade från början sex försökspaket. Enligt den ursprungliga planen skulle två paket värmas under omkring ett år, två stycken under cirka fem år och två stycken under ungefär tio år. Även tio år är naturligtvis en mycket kort tid jämfört med den tidsperiod på ungefär 100 000 år som förvaret ska fungera.

Normala och accelererade förhållanden

Hälften av paketen utsätts därför för så kallade accelererade förhållanden. Bland annat är temperaturen (130^{o}C) och koncentrationen av vissa ämnen förhöjd. Detta medför att förändringsprocesserna går snabbare.

Den andra hälften av paketen utsätts för normala förhållanden (90^{o}C). De paket som utsätts


Lotförsöket består av paket med kopparrör omgivna av block av betonitlera. Illustration: Jan Rojmar

Nyss upptaget Lotpaket.

Kopparrören i Lotpaketen är till-verkade i en annan kopparkvalitet än kapseln det går därför inte att dra några slutsatser om korrosion utifrån dessa.

Rapporter

TR-09-29
TR-00-22

för 90°C benämns S-paket och de som utsätts för 130°C kallas A-paket.

En rad olika mätinstrument registrerar effekt, temperatur samt vattentryck och vatteninnehåll i bentoniten under försökets gång.

Två ettårsförsök, som omfattade paket A1 och S1, startade 1996 och avslutades 1998. Syftet med dessa var framför allt att fastställa buffertens egenskaper i samband med att bentonitleran mättades med vatten.

När paketen togs upp förstördes delar av paket A1. För att få en intakt försöksserie utökades därför serien med ett sjunde paket. Detta fick beteckningen A0 och installerades hösten 1999 tillsammans med de tidigare planerade paketen A2, A3, S2 och S3.

Vad händer när paketen tas upp?

När försökstiden är slut tas paketen upp. Detta sker genom att hela paketet överborras och lyfts upp ur hålet. Därefter analyseras bentoniten på flera olika laboratorier.

Analyser av bentonitens mineralogi har genomförts i av nio olika laboratorier i Sverige, Schweiz, Frankrike, Tyskland och Finland. Bakterieöverlevnad, kopparkorrosion och transport av radioaktiva ämnen har analyserats i Sverige.

I laboratoriet undersöker vi först och främst hur mineralen i bentonitleran förändras när de värms upp. Vi tittar på hur stabil bentonitlerans huvudbeståndsdel mineralet montmorillonit är, det vill säga i vilken utsträckning den har omvandlas till ett annat mineral – illit.

Detta kan ske om tillgången på kaliumjoner är hög. Natriumjonerna i bentoniten byts då ut mot kaliumjoner, varvid bentonitens struktur förändras så att svällegenskaperna blir sämre. Vi undersöker också om det finns andra mineral närvarande samt om det finns utfällningar av salt eller gips. Även detta kan påverka egenskaperna.

Fungerar som filter

I slutförvaret ska bentonitleran fungera som ett filter och bromsa upp transporten av radioaktiva ämnen från en otät kapsel till omgivningen. Lösta ämnen kan transporteras i bentonitens stillastående porvatten genom diffusion. Därigenom rör sig ämnen från områden med högre koncentration till områden med lägre. Diffusionen leder till att de lösta ämnena omfördelas i porvattnet.

I Lotförsöket har bentoniten dopats med radioaktiva spårämnen (cesium-134 och kobolt-60) på olika ställen nära kopparrörets nedre delar. Genom att undersöka hur långt de radioaktiva ämnena har förflyttats sig vid försökstidens slut, kan vi få en uppfattning om diffusionsprocesserna i bentoniten.

Kan bakterier överleva?

Vi är också intresserade av att undersöka om bakterier kan överleva i bentonit. Om sulfatreducerande bakterier kan överleva och föröka sig nära kapseln skulle detta kunna innebära en ökad risk för att kopparkorrosion. Sulfatreducerande bakterier producerar sulfid, som i sin tur kan bilda kopparsulfid om den kommer i kontakt med koppar. För att försäkra oss om att bufferten inte är en lämplig livsmiljö för bakterier finns det bakteriekolonier införda på olika ställen i bentoniten genom bakteriedopade bentonitpluggar.

Ett annat syfte med försöket är att studera kopparkorrosion. Ett antal välkarakteriserade kopparbitar, så kallade kopparkuponger, har därför placerats på olika ställen i bentoniten. Kopparkupongerna är framställda av samma kopparkvalitet som kapslarna ska tillverkas av. På en del av kopparkupongerna har vi droppat sulfidlösningar med sulfidproducerande bakterier.

Däremot kan vi inte dra några slutsatser om korrosion utifrån analyser av de kopparrör som finns innanför bentoniten. De är tillverkade av en helt annan kopparkvalitet. Utgångsläget för dessa är heller inte lika väl känt som för kopparkupongerna. Kopparrörets främsta uppgift i försöket är att avge koppar till bentonitleran, så att vi ska kunna se hur denna påverkas.

Hur har det gått?

Hittills har fyra paket tagits upp: A1, S1, A0 och A2. Näst på tur står S2. Tidpunkten för detta är ännu inte bestämd. Beslut i frågan kommer förmodligen att fattas våren 2010. Resultaten från analyserna av paket A1 och S1 finns avrapporterade i TR-00-22.

Det grundläggande analysarbetet för paket A0 och A2 är avslutat och rapportering pågår. Båda rapporterna beräknas bli publicerade i slutet av 2009. De tre resterande försökspaketen (S2, S3 och A3) fungerar enligt plan.

De preliminära resultaten från samtliga tester visar att:

- De mineralogiska förändringarna i bentoniten är små.
- De fysikaliska egenskaperna uppvisar inga stora förändringar. Undantaget är de reologiska egenskaperna, det vill säga hur bentoniten deformeras. Här visar laboratorieförsök att en kortvarig uppvärmning under ett dygn ger lika stora förändringar som en långtidsexponering i A2-försöket.
- Diffusionshastigheterna för cesium och kobolt är som förväntat jämfört med tidigare laboratorieförsök.
- Korrosionshastigheten för koppar är som förväntat jämfört med tidigare laboratorieförsök. Vi kan förklara all den koppar som frigjorts från kopparkupongerna med kända

korrosionsprocesser som orsakas av syre och sulfid. Försöket säger ingenting om någon eventuell korrosion under syrefria förhållanden.

- De sulfidhaltiga bakterielösningar som droppades på kopparkupongerna ger som förväntat ett intialt korrosionsangrepp. Angreppet har emellertid inte spridit sig, vilket tyder på att bakterierna inte överlevt.

Summary of experimental packages in the SKB LOT experiment - Johan Swahn, MKG - May 2009

LOT A0

Type: Main test
Purpose: Main test (replacement for parts of A1)
Temperature: 120<150 °C
Controlled parameter: Temperature (K+ potassium concentration, accessory minerals added, high pH from cement)
Intended test time: 1 year
Emplacement: Oct-Nov 1999
Removal: Nov 2001
Temperature on: Feb 2000
Temperature off: Oct 2001
Actual test time: ≈ 20 months

Copper content in clay: Max 0,1%: Annual report 2002, p 101

LOT A1

Type: Chemistry, Pilot test
Purpose: Mineralogical alteration, Cementation, Salt enrichment (1996), Pilot (1997)
Temperature: 120<150 °C (actual 130 °C)
Controlled parameter: Temperature (K+ potassium concentration, accessory minerals added, high pH from cement)
Intended test time: 1 year
Emplacement: Nov 1996
Removal: Mar 1998
Temperature on: Nov 1996
Temperature off: Dec 1997
Moisture: Swelling pressure 4 MPa and full water saturation in Dec 1996
Actual test time: ≈ 13 months

Copper content in clay: Max 100 ppm ≈ 0,01%, TR-00-22, p 77

LOT S1

Type: Reference, Pilot test
Purpose: Pilot test
Temperature: 90 °C (actual 90 °C)
Controlled parameter: Temperature
Intended test time: 1 year
Emplacement: Oct 1996
Removal: Feb 1998
Temperature on: Oct 1996
Temperature off: Dec 1997
Moisture: Swelling pressure 4 MPa and full water saturation in Dec 1996
Actual test time: ≈ 14 months

Copper content in clay: Max 100 ppm ≈ 0,01%, TR-00-22, p 77

LOT A2

Type: Chemistry
Purpose: Mineralogical alteration, Cementation, Salt enrichment (1996)
Temperature: 120<150 °C
Controlled parameter: Temperature (K+, accessory minerals, pH)
Intended test time: 5 years
Emplacement: Oct-Nov 1999
Removal: Jan 2006
Temperature on: Feb 2000
Temperature off: Dec 2005
Actual test time: 5 years 9 months

Copper content in clay: Max 5000+ ppm ≈ 0,5%, A2 Draft report p 73 + App 6 p 8

LOT S2

Type: Reference
Purpose: Long-term performance test
Temperature: 90 °C
Controlled parameter: Temperature
Intended test time: ~ 5 years
Emplacement: Oct-Nov 1999
Removal:
Temperature on: Feb 2000
Temperature off:
Present test time (May 2009): 9 years 3 months

LOT A3

Type: High temperature
Purpose: Long-term performance test - Temperature
Temperature: 120<150 °C
Controlled parameter: Temperature
Intended test time: >>ßΩ 5 years
Emplacement: Oct-Nov 1999
Removal:
Temperature on: Feb 2000
Temperature off:
Present test time (May 2009): 9 years 3 months

LOT S3

Type: Reference
Purpose: Long-term performance test

Temperature: 90 °C
Controlled parameter: Temperature
Intended test time: ~ 20 years (-1997), >> 5 years (1998-)
Emplacement: Oct-Nov 1999
Removal:
Temperature on: Feb 2000
Temperature off:
Present test time (May 2009): 9 years 3 months