



REKTOR

Strålsäkerhetsmyndigheten
171 16 Stockholm

registrator@ssm.se

V-2011-0415

Doss 22

2012-05-30

SKB:s ansökan om slutförvaring av använt kärnbränsle
SSM2011-3522

Del 1

Enligt förtydligande från SSM (ref. 12-399) ska remissvaret i detta skede bestå av synpunkter på ansökans kvalitet samt uppgifter om eventuella behov av kompletteringar som har identifierats.

Då dokumentationen i ansökan är mycket omfattande och spänner över många discipliner är det inte möjligt att ge ett heltäckande svar. Vi listar identifierade behov av kompletteringar som ligger inom våra kompetensområden.

Generellt är ansökan av god kvalitet. Vi kan dock identifiera ett behov av kompletterande information om processer som påverkar slutförvarets långsiktiga säkerhet. Det är också viktigt att i största möjliga mån visa att ny och befintlig information bygger på vetenskapliga studier av hög kvalitet, dvs resultat som har publicerats i internationella referegranskade tidskrifter.

Under punkt 2.5.3 (Water radiolysis) i bilaga SR-Site (Fuel and canister process report) beskrivs radiolys av vatten i en skadad kapsel. Det saknas information om i vilken mån och hur de olika ytor som finns i en kapsel påverkar strålningskemin. Är dessa effekter försumbara eller saknas information?

Under punkt 2.5.4 (Metal corrosion) i bilaga SR-Site (Fuel and canister process report) beskrivs korrosion av metalliska material i en skadad kapsel. Det är oklart om strålningsinducerade processer har beaktats här. Tydligare information om detta skulle vara värdefull.

Under punkt 2.5.5 (Fuel dissolution) i bilaga SR-Site (Fuel and canister process report) beskrivs bland annat effekten av lerpartiklar på upplösning av bränslet. Det saknas dock referenser till experimentella studier. Det är inte heller klart om strålningsinducerade processer påverkas av lerpartiklar i bränslets omgivning.

Under punkt 3.5.4 (Corrosion of copper canister) i bilaga SR-Site (Fuel and canister process report) behandlas korrosion av koppar. Den del som handlar om strålningsinducerad korrosion behöver uppdateras då det har publicerats nya vetenskapliga studier inom detta område. Den eventuella effekten av strålning på atmosfärisk korrosion under hanteringen av kapseln bör också kommenteras.

Under punkt 3.5 (Chemical processes) i bilaga SR-Site (Buffer, backfill and closure process report) beskrivs hur bentonitbufferten uppför sig. De avsnitt som behandlar effekter av strålning behöver uppdateras då det finns nyare experimentella studier som påvisar effekter av strålning. Dessa bör diskuteras och utvärderas.

Del 2

Behov av kompletteringar rörande kopparkorrosion i det tilltänkta slutförvaret i Forsmark

I SKB:s tillståndsansökan enligt KBS-3 modellen framgår det av säkerhetsanalysen (SR-site) att SKB inte, eller endast bristfälligt, har beaktat ett flertal korrosionsprocesser för koppar. Vi bedömer att de tre nedan diskuterade korrosionsprocesserna är av särskilt stor vikt för ett eventuellt slutförvar i Forsmark.

Kopparkorrosion i gasfasmiljö

Inläckaget av grundvatten i Forsmark sker mycket långsamt och det beräknas ta upp till 6000 år innan bentonitbufferten uppnått sitt idealtillstånd, dvs full vattenmättad och trycksatt. Kopparkapseln kan förväntas vara utsatt för olika typer av atmosfärskorrosion, bl.a. via gastransport från grundvattnet i upp till tusen år vilket SKB anser vara helt problemfritt, se SKB rapport TR-11-01, stycke 10.3.8:

“The safety functions for the buffer and backfill assumes a fully water saturated state. This should mean that the buffer and backfill need to be saturated to perform properly. However, *no performance is needed from the buffer as long as the deposition hole is unsaturated, since no mass-transfer between the canister and the groundwater in the rock can take place in the unsaturated stage.*”

Vad händer med en instängd gasvolym på 450 meters djup i Forsmark? Vid igenpluggning av en tunnel med ca 50 kopparkapslar samt icke vattenmättad lera kommer syret långsamt att förbrukas i olika processer, bl.a. via kopparkorrosion. Syret förväntas ta slut inom 300 år enligt SKB. Gaserna som finns naturligt lösta i grundvattnet t.ex. vätesulfid och metan kommer långsamt att fyllas på i den instängda gasvolymen ända tills jämvikt uppnåtts. Denna process representerar en snabb masstransport som SKB helt har bortsett ifrån. Koppar har hög affinitet till vätesulfid och kommer således att korrodera oavsett närvaron av syrgas eller ej. Upphettad koppar korroderar snabbt i närvaro av syre, fukt och/eller vätesulfid. Prof. Einar Mattsson har uppskattat atmosfärskorrosionen till 100-300 mikrometer per år för koppar vid 90°C [1]. Nya studier vid Bell Laboratories [2] bekräftar dessa höga kopparkorrosionshastigheter i närvaro av vätesulfidhalter på enstaka ppm vilket kan förväntas i Forsmarks slutförvarsmiljö. När vätesulfiden konsumeras så kan den mikrobiella produktionen av vätesulfid från sulfat via sulfatreducerande bakterier (SRB) förväntas öka i omkringliggande grundvatten.

Det är således av största vikt att dessa korrosionsprocesser i gasfas tas i beaktande och studeras, även experimentellt, i en slutförvarsansökan.

[1] E. Mattson, SKB-rapport, Inkapsling projekt PM 97-3420-22

[2] K. Demirkan et al. *J. of The Electrochemical Society*, 157, 1, pp. C30-C35 (2010)

Kopparkorrosion pga anrikning av salter i deponeringshålen

Det långsamma vatteninflödet i Forsmark är problematiskt ur fler korrosionsaspekter då det kan förväntas att salterna i grundvattnet anrikas i de varma deponeringshålen. Problemet kan åskådliggöras med ett enkelt räkneexempel:

Grundvatteninflödet kommer att vara mindre än 0.01 l/min i 99.99% av alla deponeringshål i Forsmark, se SKB TR-06-102. Antag att några deponeringshål får halva det inflödet, dvs 0.005 l/min, detta motsvarar ett inflöde av 2.6 m³ per år. Varje kopparkapsel utvecklar 1700W värme. Temperaturen kommer att nå ca 100°C på kopparkapselns ytteryta och bergväggen i deponeringshålet når ca 60°C. Temperaturen i ovanliggande tunnel är ca 12°C. Det är således enkelt att förstå att grundvattnet som läcker in i ett sådant deponeringshål kommer att dunsta samt kondensera i den kalla tunneln. De olika salter som finns lösta i grundvattnet, klorider, sulfater, sulfider etc anrikas i deponeringshålet. Grundvattnet innehåller 0.95 vikt-% salter vilket ger 16 kg per år eller 1.6 ton salter på 100 år om allt

vatten avdunstar och kondenserar i tunneln. Bentonitleran kan kanske motverka denna saltanrikning i viss mån men det måste i så fall visas med fullskaleförsök. Naturligtvis upphettas och uttorkas även bentonitbufferten vilket gör att fukt/ånga kan strömma fritt i spalterna mellan kapsel/buffert och buffert/berg. Ett långsamt inflöde kan alltså resultera i att vattnet kontinuerligt drivs ut som fukt/ånga ur bentoniten samt deponeringshålen i stället för att skapa en idealt svällande bentonitbuffert. Ett argument mot detta scenario har varit att ett mottryck byggs upp från tunneln vilket skulle stoppa saltanrikningen i deponeringshålen, detta gäller bara i ett slutförvar som vattensätts snabbt vilket för övrigt var den ursprungliga tanken. I Forsmark däremot, tar det upp till 6000 år att bygga upp ett mottryck. Kopparkorrosionen på grund av denna ”saunaeffekt” med saltanrikning i bentoniten samt utfällning på kopparkapslarna kan vara förödande på bara hundratalet år. Hygroskopiska saltanrikningar ger förutsättningar för flera olika korrosionstyper inklusive spänningskorrosion i koppar.

Problematiken beträffande saltanrikning samt tillhörande korrosionsproblem måste klargämmas genom fullskaleförsök (saltanrikning) samt laboratorieförsök (korrosion).

Kopparkorrosion förorsakad av läckströmmar

SKB har endast summariskt berört problemet med läckströmskorrosion i Forsmarksområdet. Det tänkta slutförvaret i Forsmark är i nära anslutning till kraftledningskablar mellan Sverige och Finland, Fenno-Scan 1 och 2. Det är välkänt att det uppkommer kraftiga jordströmmar/läckströmmar från dessa kraftledningskablar som dokumenterat förorsakat korrosion i det tilltänkta slutförvarsområdet i Forsmark. Det framgår av rapport SKB P-05-265 (Nissen et al) att de läckströmmar som finns i slutförvarsområdet genererar kraftiga korrosionsangrepp. Författarna av denna rapport fann att mätutrustningar av syrafast rostfritt stål erhöll korrosionsskador, både punktfrätning och spaltkorrosion, efter endast 10 dygns exponering. Utrustningen var avsedd för kemisk analys av grundvattnet i Forsmark och var placerat i ett borrhål med längden 360 meter. Motsvarande korrosionsproblem har konstaterats i Laxemar, Oskarshamn, på 970 meters djup och i detta fall orsakades läckströmmarna av Gotlandskabeln.

I rapporten SKB P-05-265, Appendix 3, rekommenderas direkta korrosionsförsök för att klargöra problematiken med korrosion av kopparkapslar pga läckströmmar. SKB har dock inte gjort några experimentella försök för att klargöra problematiken rörande kopparkorrosion och läckströmmar. I stället förs på sidorna 121-126 i TR-10-46 ett teoretiskt resonemang med slutsatsen att kopparkapslarna inte kan korrodera på grund av läckströmmar. SKB har inte verifierat hypotesen med experimentella resultat. I SKB-rapporten TR-10-46 hävdas att läckströmskorrosion inte kan uppstå i anoxisk miljö (sidan 126). Detta påstående skall jämföras med vad som anförs i SKB rapporten P-05-265 på sidan 43 angående konstaterad spaltkorrosion av rostfri utrustning i borrhålet KLX03A;

“This type of corrosion was unexpected in the oxygen-free environment at 970 m.”

Det är således av mycket stor vikt att SKB experimentellt utvärderar risken för kopparkorrosion förorsakat av läckströmmar i det tilltänkta slutförvaret i Forsmark.

Del 1 har utarbetats av Mats Jonsson, professor i kärnkemi vid skolan för kemivetenskap. Del 2 har utarbetats av Ph.D. Peter Szakálos, yt och Korrosionsvetenskap, Docent Olle Grinder, materialens processvetenskap, Professor Seeshadri Seetharaman, materialens processvetenskap.



Peter Gudmundson