



UPPSALA
UNIVERSITET

REMISSVAR

2012-05-29 Dnr UFV 2011/994

Strålsäkerhetsmyndigheten
171 16 StockholmBox 256
SE-751 05 UppsalaBesöksadress:
S:t Olofsgatan 10 BHandläggare:
Björn SundquistTelefon:
018-471 1869Telefax:
018-471 1999www.uu.sebjorn.sundquist@uadm.uu.seBeredning med:
Fredrik Björefors
Ane Håkansson
Gabriel Michanek
Roland Roberts**Nationell remiss av SKB:s slutförvarsansökan**

Uppsala universitet har beretts möjlighet lämna synpunkter på rubricerad remiss. I ert förtydligande 2012-02-15 framgår att remissinstanserna förväntas lämna "övergripande synpunkter på SKBs slutförvarsansökans kvalitet samt uppgifter om eventuella behov av kompletteringar som har identifierats."

Bifogat yttrande har sammanställts av forskningssekreteraren Björn Sundquist utifrån skriftliga kommentarer av docent Fredrik Björefors, institutionen för kemi – Ångström, professor Ane Håkansson, institutionen för fysik och astronomi, professor Gabriel Michanek, juridiska institutionen, och professor Roland Roberts, institutionen för geovetenskaper.

Universitetet överlämnar expertgruppens yttrande som sitt svar på rubricerad remiss.

Beslut i detta ärende har fattats av undertecknad rektor i närvaro av universitetsdirektören Ann Fust, efter föredragning av forskningssekreteraren Björn Sundquist. Närvarande därutöver var prorektor professor Anders Malmberg, biträdande universitetsdirektören Kerstin Jacobsson och Uppsala studentkårs ordförande Karin Nordlund.

Eva Åkesson

Björn Sundquist

Nationell remiss av SKB:s slutförvarsansökan. Uppsala universitets yttrande 2012.

Nationell remiss av SKB:s slutförvarsansökan. Uppsala universitets yttrande 2012.

Kort sammanfattning

Remissen omfattar ca 50 dokument om tillsammans drygt 6500 sidor. Uppsala universitet har i sin granskning främst tittat på ansökans toppdokument och de dokument som berör juridik och miljörett, geologi och geofysik, kärnfysik samt materialfysik och materialkemi.

Uppsala universitet anser att frågan om att på ett relativt enkelt sätt kunna återanvända bränslet måste utredas ingående. Ansökan är i detta avseende så bristfällig att alternativet inte kan bedömas utifrån miljöbalkens krav på resursanvändning, inte heller vad gäller säkerheten.

Uppsala universitet anser att dokumenten inom området kärnfysik (strålskydd, kärnämneskontroll) och inom geologi/geofysik överlag är väl gjorda och belyser adekvata frågeställningar. Universitetet anser emellertid att en möjlig återanvändning av det högaktiva avfallet i framtida Generation IV-reaktorer måste ses som ett alternativ till slutförvar.

Uppsala universitet anser att risken för korrosion av kopparkapslarna måste utredas vidare och under längre tid. Det vetenskapliga underlaget angående sulfidjonskorrosion förefaller vara mycket mindre omfattande jämfört med syrekorrosion. Likaså är utredning av 'kombinerad' korrosion och punktvisa angrepp otillfredsställande.

Övergripande synpunkter

Juridik, miljörett

Huvudsakliga dokument: Ansökan KTL toppdokument, 1.3 Ändamålet med den sökta verksamheten, 5. Strategier för slutförvaring av använt kärnbränsle, Miljökonsekvensbeskrivning, 11. Nollalternativet.

Ändamålet med den sökta verksamheten (Ansökan KTL toppdokument, s. 8) är enligt SKB att slutförvara använt kärnbränsle för att skydda människors hälsa och miljön mot skadlig verkan av joniserande strålning från det använda bränslet, nu och i framtiden. Ansökan är i allt väsentligt inriktad på en slutförvaring av det använda bränslet i berggrunden enligt KBS-metoden (geologiskt slutförvar). SKB följer det vägval som gjordes i Sverige under 1980-talet.

Nationell remiss av SKB:s slutförvarsansökan. Uppsala universitets yttrande 2012.

Frågan om vad som är ändamålet med SKB:s verksamhet styrs i detta fall av vad som ska prövas enligt miljöbalken, som är den övergripande prövningen. Det är i detta sammanhang relevant att vissa regler i miljöbalken ska tillämpas också i ärenden enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen). Hit hör de allmänna hänsynsreglerna i 2 kap. miljöbalken (jfr 5 b § kärntekniklagen). 2 kap. 5 § miljöbalken kräver att alla som bedriver en verksamhet (såsom SKB) ”skall hushålla med råvaror och energi samt utnyttja möjligheterna till återanvändning och återvinning”. Detta hushållningskrav ska ses i belysning av miljöbalkens mål, som inte bara är att skydda människors hälsa och miljön, utan även att använda olika slags resurser effektivt: ”Miljöbalken skall tillämpas så att ... återanvändning och återvinning liksom annan hushållning med material, råvaror och energi främjas så att ett kretslopp främjas” (1 kap. 1 §, 2 st. 5 miljöbalken).

Uppsala universitet anser därför att det inte är möjligt för SKB att som sökande begränsa ändamålet med verksamheten till geologisk slutförvaring med syfte att skydda hälsa och miljö mot joniserande strålning och därmed utesluta en prövning av resursåtervinning. Lagstiftningen kräver att båda dessa intressen beaktas, även vid bedömningar enligt kärntekniklagen (se ovan). En annan sak är att säkerhetsaspekter kan leda till att geologisk slutförvaring bedöms vara det bästa alternativet. Den slutsatsen kan dock inte dras förrän alternativet att relativt enkelt återanvända bränslet som resurs har utretts och prövats.

Ansökan tar endast i korthet upp frågan om att använda bränslet som resurs (toppdokumentet, avsnitt 5, s. 26-30). Det anges att ett alternativ till geologiskt slutförvar är att ”långtidslagra det använda bränslet i ett övervakat förvar – eventuellt i avvaktan på den fortsatta utvecklingen av andra strategiska och tekniska alternativ” (toppdokumentet, s. 27). Sökanden utgår från att en sådan lösning skulle betyda att lagret i Oskarshamn (Clab) måste användas även i fortsättningen. Sökanden avfärdar detta så kallade ”nollalternativ” av olika skäl, bl.a. ökade risker för läckage av radioaktiva ämnen (Bilaga MKB, s. 291-293).

Uppsala universitetet är medvetet om att en geologisk slutförvaring sannolikt inte innebär att det blir tekniskt omöjligt att ta fram kärnbränslet ur berggrunden för återanvändning. Det är dock osäkert vad detta skulle kosta och vilka risker det skulle medföra. Ansökan behandlar som sagt inte denna fråga närmare.

Uppsala universitetet anser att frågan om att på ett relativt enkelt sätt kunna återanvända bränslet måste utredas ingående. Ansökan är i detta avseende så bristfällig att alternativet inte kan bedömas utifrån miljöbalkens krav på resursanvändning (se

Nationell remiss av SKB:s slutförvarsansökan. Uppsala universitets yttrande 2012.

ovan), inte heller vad gäller säkerheten. Ändå har alternativet återanvändning så stora potentiella fördelar att det inte kan bortses från. En återanvändning av använt kärnbränsle kan betyda att tiden för radioaktivitetens avklingande i restprodukten reduceras kraftigt. Behovet av uranbrytning för att försörja reaktorer med bränsle minskar. Det är även en åtgärd som under en övergångsperiod kan vara nödvändig för att minska användningen av fossila bränslen och därmed utsläppen av växthusgaser. Dessa vinster från såväl miljöskyddssynpunkt som resursanvändningssynpunkt är mycket långsiktiga och alternativet återanvändning ska ses i förhållande till miljöbalkens övergripande mål att främja en hållbar utveckling, där ”kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god miljö” (1 kap. 1 § MB).

Uppsala universitet anser att det är otillräckligt att som sökanden enbart jämföra ett geologiskt slutförvar enligt KBS-3 metoden med den nuvarande anläggningen för mellanlagring i Oskarshamn (Bilaga MKB, s. 291-293). Det bör närmare undersökas andra och säkrare tekniska lösningar för lagring i avvaktan på att forskningen kan utveckla praktiskt användbara metoder för återanvändning av använt kärnbränsle. En sådan underökning kommer troligen att ta lång tid, sannolikt år. Ändå är utredningstiden försumbar i jämförelse med tiden för radioaktivitetens avklingande i det använda bränsle som sökanden nu föreslår ska förvaras slutligt i berggrunden. Det går inte att försvara inför otalet kommande generationer – och därmed inte i förhållande till miljöbalkens mål om hållbar utveckling – att underlaget för bedömning av alternativ inför provningen år 2012 hade brister när det gäller alternativet återanvändning.

Kärnfysik

Huvudsakliga dokument: Bilaga SR-Drift, Kapitel 4 – Kvalitetssäkring och anläggningens drift, Kontroll av kärnmämne inom KBS-3 systemet), Kapitel 6 – Radioaktiva ämnen i anläggningen, Kapitel 7 – Strålskydd och strålskärning, Miljökonsekvensbeskrivning.

I kapitel 4 s. 5 framgår att: ”Den minsta enhet som kommer att kunna hanteras är ett bränsleelement.” Av den skrivningen ges intrycket av att man inte har beredskap för en situation där ett bränsleelement vid inkapsling och genom missöde förstörs och bränslekutsar ramlar ut. Ur ett kärnämneskontrollperspektiv är en sådan händelse allvarlig och medför att särskilda åtgärder måste sättas in för att tillförsäkra att alla bränslekutsar kan återtå och redovisas.

Nationell remiss av SKB:s slutförvarsansökan. Uppsala universitets yttrande 2012.

Uppsala universitet menar att det framgår inte tydligt om man avser att experimentellt verifiera operatörsdata för alla bränsleelement eller endast vissa individer. Att alla bränsleelement verifieras är viktigt ur ett principiellt perspektiv eftersom inkapslingen erbjuder en sista möjlighet att kvalitetssäkra det svenska systemet för kärnämneskontroll. Vidare så adresseras inte frågan om experimentell verifiering av bränsleelementens integritet, dvs. om bränsleelementen har byggts om utan att detta har registrerats. Tidigare kunde frågan avfärdas då inga lämpliga, oförstörande metoder har funnits tillgängliga. Teknikutvecklingen har dock ändrat på det förhållandet. Verifiering av bränsleintegriteten öppnar dock upp för en helt annan diskussion, nämligen den om ansvarsbördan i händelse av att ett bränsleelement påträffas manipulerat utan att detta har registrerats. En sådan manipulation kan ju ha skett flera decennier tidigare och det finns idag ingen klar strategi för hur ett sådant scenario ska hanteras.

I övrigt följer upplägget på kärnämneskontrollen såväl nationella som internationella standarder.

De scenarier man har utrett är realistiska och de använda simuleringskoderna är väl kända. Scenarierna utgår naturligtvis från dagens bränslekonstruktion och det torde vara tillfyllest. Man kan naturligtvis spekulera i om en framtida MOX-bränsleanvändning eller användning av bränslen med toriuminblandning kan påverka slutsatserna i någon grad.

Dagens kärnkraftteknologi utnyttjar ca 1% av energinnehållet i natururanet. Ur ett såväl uthållighetsperspektiv som ur ett avfallsperspektiv är det således angeläget att närmare studera andra teknologier som bättre uppfyller Brundtlandkommissionens definition på "bärkraftig" teknik för framtiden. Det kärnkraftssystem som har potential att uppfylla mycket högt ställda krav beträffande resurshushållning är den s.k. Generation IV-tekniken.

Inom såväl svenska som internationella forskningsprojekt arbetar man på att studera olika reaktorkoncept som kan utnyttja bränslet uppemot 100 gånger bättre än dagens teknik. Vidare arbetas på helt nya tekniker för s.k. återvinning av högaktivt avfall till nytt bränsle, från såväl dagens kärnkraft som från reaktorer av Generation IV-typ. Ett implementerat Generation IV-system kan således använda natururan, återvunnet högaktivt avfall och utarmat uran från dagens anrikningprocess. Fördelarna med Generation IV är flera: uranbrytning är inte nödvändig under många tusen år, det högaktiva avfallet behöver förvaras i storleksordningen tusen år snarare än hundratusen år,

Nationell remiss av SKB:s slutförvarsansökan. Uppsala universitets yttrande 2012.

ingen anrikning krävs och det producerade avfallet kan inte användas till kärnvapen varken nu eller i framtiden.

Uppsala universitet kan konstatera att detta perspektiv på det högaktiva avfallet inte är belyst särskilt starkt i ansökan.

Geologi, geofysik

Huvudsakliga dokument: Bilaga PV+bilaga Comparative analysis of safety related site characteristics, Bilaga SR-Site sammanfattning eng vol 2, s 457-488, särskilt 466ff, vol 3, Bilaga SR-Site bilaga Geosphere.

Sverige är ett område med låg seismisk aktivitet idag men geologiska indikationer tyder på att vi hade mycket stora jordbävningar för bara cirka tiotusen år sedan, vid slutet av den senaste istiden. Vi vet inte om så stora skalv kan inträffa idag eller om de bara inträffar vid hastiga variationer i tjockleken på ett istäcke. Studier av de spänningsvariationer som en nedisning inducerar i jordskorpan är därför viktiga för att förstå mekanismerna bakom de stora skalven. Den låga seismiska aktiviteten i områden mitt i en tektonisk platta, som Sverige, gör att jordbävningar, och därmed jordbävningensrisken, är svåra att studera eftersom det finns så lite data. Farliga jordbävningar inträffar då och då i dessa områden och eftersom de är oväntade kan det betyda att ett skalv av en viss storlek blir farligare än det skulle varit i ett område med mycket jordbävningar eftersom samhället är mindre förberett. Riskerna med jordskalv i "lugna" områden har nyligen diskuterats i bl.a. tidskriften *Nature*.

I avsnittet *Reactivation - displacement along existing discontinuities* (Bilaga SR-Site bilaga Geosphere. s. 95ff) beskrivs bl.a. förutsättningarna för ev. återaktivering av rörelser i befintliga sprick- och förkastningszoner i jordskorpan, och i avsnittet *Analysis of a reference evolution for a repository at the Forsmark site* (Bilaga SR-Site, sammanfattning eng vol 2, s. 488) konstateras att "For the 1,000,000-year time frame, at maximum two seismic events are assumed...". Dessa frågeställningar får sägas vara väl undersökta men kräver kontinuerlig uppföljning.

Uppsala universitet anser att det är mycket viktigt att fortsätta den långsiktiga övervakningen av den seismiska aktiviteten i Sverige, för att skapa en databas för framtida studier och för att följa eventuella ändringar i seismicitetens karaktär. Riskerna för framtida stora jordbävningar och dimensioneringen av byggnader och infrastruktur beräknas båda utifrån databaser med observerade jordskalv. Dessa kan därmed komma att revideras när nya observationer tillförs databasen.

Nationell remiss av SKB:s slutförvarsansökan. Uppsala universitets yttrande 2012.

För att förstå och tolka jordskalvsdata krävs adekvat information om de storskaliga strukturerna i jordskorpan. På regional nivå behöver man förstå både geologiska och mekaniska jordskorpsstrukturer runt om ett framtida slutförvar för att design och säkerhetsanalys skall bli så bra som möjligt. Vid själva förvaret kommer det att krävas en mycket noggrann bestämning av sådana strukturer för att kunna övervaka den naturliga seismiska aktiviteten i området samt eventuella rörelser eller skalv inducerade av konstruktionen och driften av förvaret.

Materialfysik, materialkemi

Huvudsakliga dokument: Ansökan om tillstånd enligt lagen om kärnteknisk verksamhet (Toppdokument), sid. 1-47, Bilaga SR-Site Redovisning av säkerhet efter förslutning av slutförvaret för använt kärnbränsle – Huvudrapport från projekt SR-Site (Sammanfattning), sid. 1-40, Fuel and canister process report for the safety assessment SR-Site, 3.5 Chemical processes, sid. 95-128, Long-term safety for the final repository for spent nuclear fuel at Forsmark - Main report of the SR-Site project, Volume III, 12.6 Canister failure due to corrosion, sid. 597-610, Long-term safety for the final repository for spent nuclear fuel at Forsmark - Main report of the SR-Site project, Volume III, 13.5 Canister failure due to corrosion, sid. 651-693, Verksamhet, ledning och styrning - uppförande (Bilaga VU), 7 Fördjupning av kunskap och forskning, sid. 36-43.

Kopparkapseln utgör en korrosionsskyddande barriär till den segjärnsinsats som innehåller själva kärnbränslet. Dokumenten tar upp ett antal olika alternativ för kemiska och fysiska angrepp på kopparen, och, i förekommande fall, görs en uppskattning av risken för att kopparkapseln fallerar under relevant tidsrymd. Alternativen inkluderar även hanteringen av kapseln innan den placeras i slutförvaret. Bedömningarna görs baserat på den vetenskapliga litteraturen, experiment och teoretiska beräkningar. En nackdel med experiment är att de pågår under en i sammanhanget mycket begränsad tidsrymd, och under förhållanden som mer eller mindre liknar de som gäller under slutförvaret. En motsvarande nackdel med de slutsatser som via beräkningar dras på längre sikt är att beräkningarna normalt bygger på ett antal antaganden. Ett antal olika experiment pågår för närvarande för att vidare utreda vissa typer av kopparkorrosion och andra förhållanden i slutförvaret.

Enligt dokumenten är det i huvudsak risken för kopparkorrosion via sulfidjoner som föreligger när syrehalten i slutförvaret har avtagit. Det vetenskapliga underlaget angående sulfidjonerna (både grundläggande studier och experiment i den miljö som föreligger i slutförvaret) verkar vara mycket mindre omfattande jämfört med syrekorrosionen. Detta motiverar vidare undersökningar.

Nationell remiss av SKB:s slutförvarsansökan. Uppsala universitets yttrande 2012.

Detta inkluderar även risken för lokala sulfidjonangrepp, då dessa joner kan reagera med koppar med betydande hastighet.

Noterbart är också att de olika formerna av korrosion i stort hanteras var för sig. Det är sannolikt att dessa kommer att ske samtidigt på kopparkapseln, och därmed påverka varandra. Detta motiverar också vidare undersökningar för att utreda om 'kombinerad' korrosion kan leda till exempelvis punktvisa angrepp med betydande hastighet.

Det är också relevant att fråga sig hur andra parametrar påverkar ovanstående. Kanaler och/eller sprickor i bentonitleran kan exempelvis starkt öka masstransporten av ämnen till och från kapseln, och mikrobiell aktivitet kan likaså påverka de kemiska förhållandena (mikroorganismer kan som bekant verka i de mest extrema miljöer). Yttre saker som spänningskorrosion och läckströmskorrosion kan också vara relevanta här. De båggen senare kan uppstå p.g.a. mekaniska belastningar på kapseln (avsnitt 3.5.2 och 3.5.5), och via elektriska fält (text från högspänningsledningarna (avsnitt 3.5.6)).

Avsnitt 3.5.1 och 3.5.2 tar upp korrosion av segjärnsinsatsen i kapseln (pga närvaro av vatten och galvanisk koppling till kopparkapseln), även inkluderande ett brott på själva kopparinslutningen. En nackdel är här att endast ett fåtal referenser med samma författare har angivits. Omfattande korrosion på segjärnet kommer med all sannolikhet att påverka även kopparkapseln.

I avsnitt 3.5.4 refereras till ett större antal studier kring koppars korrosion i närvaro av syre. Den slutsats som dras är att mängden syre i slutförvaret som blir kvar efter hanteringen kommer i sammanhanget relativt snabbt att nå obetydliga nivåer och därför inte innebära ett allvarligt angrepp på kopparkapseln. Förutom att reagera med kapseln kommer syret att reagera med bentoniten och det omgivande berget, och tas upp av mikroorganismer. Även risk för lokaliserad korrosion (vilket i princip innebär punktvis korrosion med möjligtvis högre hastighet, t.ex. via gropfrätning) har utretts, och anses inte vara ett allvarligt problem.

Samma slutsats dras angående korrosion som en konsekvens av joniserande strålning. Oxiderande ämnen kan bildas då strålningen sönderdelar vatten (närvarande både inuti och utanför kopparkapseln) och kvävgas (som blivit kvar från den inledande hanteringen). Den senare kan ge upphov till att salpetersyra bildas. Det är dock oklart i vilken omfattning lokal korrosion har undersökts i detta sammanhang.

Nationell remiss av SKB:s slutförvarsansökan. Uppsala universitets yttrande 2012.

Betydligt mindre underlag verkar finnas angående koppars korrosion i närvaro av sulfidjoner. Dessa kan, beroende på förhållandena, snabbt reagera med koppar och bilda olika former av kopparsulfider, som är termodynamiskt stabila under de förhållande som råder i slutförvaret. Omfattningen av denna typ av korrosion kommer att avgöras av till- (och bort-)försel av sulfidjoner till kapseln. Källor till sulfidjoner är grundvattnet och bentoniten (samt även ev. smältvatten på längre sikt). Halten och masstransporten av sulfidjoner anses här vara tillräckligt låg för att inte ge upphov till en betydande korrosion. En annan källa att beakta är mikrobiell omvandling av sulfat (från grund- och smältvatten) till sulfidjoner. Omfattningen och betydelsen av detta verkar inte vara helt utrett. När det gäller sulfidjoner verkar det även vara oklart i vilken omfattning risken för lokal korrosion har undersökts.

För att få bättre underlag om de olika bidragen till kopparkorrosion redovisar SKB ett antal pågående och planerade experiment (Bilaga VU, kap. 7). Resultaten och tolkningarna från dessa blir ett viktigt komplement till nuvarande underlag, beräkningar och till de vetenskapliga referenser som använts). När det gäller en helhetsbedömning av artiklar och försök bör erkända experter ges möjlighet att bedöma både planering, genomförande och tolkningar av experiment och resultat.

Uppsala universitet anser att korrosionen av kopparkapseln i slutförvaret kan med relativt enkla tekniska medel både övervakas och styras. Även om detta bryter mot förutsättningen att förvaret inte skall vara beroende av aktivitet från marknivån, så är detta ett sätt att kontrollera korrosionen. Ett annat möjligt alternativ, som inte kräver kontakt med 'marknivån', är användandet av en s.k. offeranod. Kopparkapseln kopplas här ihop med ett mindre ädelt material, som oxideras istället för kopparen. De granskade dokumenten avslöjar inte i vilket omfattning dessa alternativ är relevanta eller har övervägts.