

Fud 2007



Program för forskning, utveckling och demonstration



Fud 2007

Program för forskning,
utveckling och demonstration

ISBN 978-91-976891-0-6
CM Gruppen, januari 2008

Foto: Curt-Robert Lindqvist, Lasse Modin, SKB:s arkiv.

Innehåll

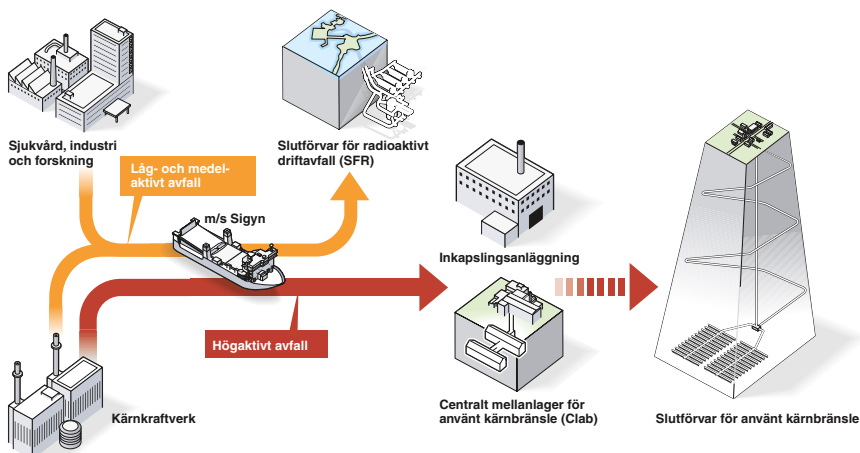
Fud-program 2007	5
Del I SKB:s handlingsplan	7
Del II Slutförvaret för använt kärnbränsle	13
Del III Teknikutveckling inom kärnbränsleprogrammet	23
Del IV Säkerhetsanalys och naturvetenskaplig forskning	39
Del V Samhällsvetenskaplig forskning	57
Del VI Loma-programmet och rivningen	65

Fud-program 2007

Kraftindustrin i Sverige har producerat el med kärnkraft sedan 1972. Liksom andra energiformer har kärnkraften sina för- och nackdelar. Den ger inga utsläpp som påverkar klimatet, men däremot uppkommer olika typer av radioaktivt avfall, så kallat kärnavfall.

Hantering av kärnavfallet regleras genom lagstiftning. Kärnkraftsindustrin fick redan på 1970-talet ansvaret för att ta hand om allt radioaktivt avfall från sina anläggningar på ett säkert sätt. Här ingår uppgiften att riva anläggningarna när de tjänat ut, bedriva forskning och utveckling om slutförvaring samt att studera alternativa möjligheter.

För att lösa dessa uppgifter bildade kärnkraftsföretagen tillsammans Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB). Vart tredje år upprättar SKB ett program för forsknings- och utvecklingsverksamheten. Här redovisas de aktiviteter som måste till för att vi ska kunna ta hand om det radioaktiva avfallet så att vare sig människan eller miljön påverkas negativt.



SKB:s system för att ta hand om olika typer av radioaktivt avfall.

Programmet kallas Fud-program, där förkortningen Fud står för forskning, utveckling och demonstration. Det lämnas in till Statens kärnkraftinspektion för granskning. Regeringen godkänner sedan programmet.

Denna skrift är en sammanfattning av det senaste Fud-programmet – Fud 2007 – och redovisar SKB:s planer för åren 2008 till och med 2013. Detaljeringsgraden för de första tre åren är av naturliga skäl högre än för de följande tre.

Den viktigaste milstolpen under den kommande Fud-perioden är att lämna in ansökningar för slutförvaret för använt kärnbränsle enligt kärntekniklagen och enligt miljöbalken för slutförvarssystemet. Fud-program 2007 fokuserar därför på den teknikutveckling som behövs för att realisera slutförvaret. Fud-program 2007 består av sex delar:

- Del I SKB:s handlingsplan
- Del II Slutförvaret för använt kärnbränsle
- Del III Teknikutveckling inom kärnbränsleprogrammet
- Del IV Säkerhetsanalys och naturvetenskaplig forskning
- Del V Samhällsvetenskaplig forskning
- Del VI Loma-programmet och rivningen

SKB:s handlingsplan

SKB:s verksamhet fokuserar för närvarande på det använda kärnbränslet. Nästa stora mål är att under 2009 välja plats för slutförvaret. Därefter ansöker vi så snart som möjligt om att få bygga slutförvaret i antingen Forsmark eller Laxemar.



De kommande åren innebär intensiva insatser på många områden.

Milstolpar för kärnbränsleprogrammet

- Ansökningar för slutförvaret och slutförvarssystemet.
- Sammankoppling av Clab och inkapslingsanläggningen.
- Ansökningar om provdrift.
- Ansökningar om transporter.
- Ansökan om rutinmässig drift.

Milstolpar för Loma-programmet

- Säkerhetsredovisning SFR 1.
- Torrt mellanlager för långlivat avfall (BFA) i drift.
- Ansökningar om licensiering av transportbehållare.
- Ansökningar om utbyggt SFR.
- Ansökan om drift av utbyggt SFR.

Vi har en plan!

SKB:s verksamhet har lett till att Sverige i dag har ett mycket väl genomtänkt system för att ta hand om olika typer av radioaktivt avfall. Här finns redan ett mellanlager för använt kärnbränsle (Clab), ett slutförvar för radioaktivt driftavfall (SFR) och ett specialbyggt fartyg med olika typer av behållare för att frakta det radioaktiva avfallet från kärnkraftverken till avfallsanläggningarna.

Vår uppgift är emellertid inte slutförd med detta. För att systemet ska bli komplett krävs också en inkapslingsanläggning för att kapsla in det använda bränslet i kopparkapslar och ett slutförvar där de fyllda kapslarna ska deponeras. Det behövs också ytterligare förvaringsutrymmen för radioaktivt driftavfall och rivningsavfall. Ett slutförvar för långlivat avfall (som inte är använt bränsle) krävs också.

Två huvudområden

Vår verksamhet är indelad i två huvudområden – kärnbränsleprogrammet och programmet för låg- och medelaktivt avfall (Loma). Tidsplanen för att uppföra och ta i drift de anläggningar som behövs för att slutförvara det använda kärnbränslet och drift- och rivningsavfallet styrs dels av behovet av tekniska utvecklingsinsatser, dels av lagstiftningens krav på tillstånd. Med utgångspunkt från detta har vi identifierat ett antal viktiga milstolpar för respektive program. Alla våra planer utgår från att kärnkraftverken drivs i mellan 50 och 60 år. Detta skulle ge upphov till drygt 12 000 ton uran, motsvarande ungefär 6 000 kapslar. Till detta kommer cirka 212 000 m³ kortlivat avfall och cirka 8 700 m³ långlivat avfall.

För närvarande ligger tyngdpunkten i SKB:s arbete på kärnbränsleprogrammet. År 2006 lämnade vi in en ansökan enligt kärntekniklagen om att få bygga inkapslingsanläggningen i anslutning till Clab.

Arbetet med att finna en lämplig plats för slutförvaret pågår. Platsundersökningar startades 2002 i Östhammars och Oskarshamns kommuner. De platser som är aktuella är Forsmark och Laxemar. Under 2009 räknar vi med att ha utvärderat underlaget tillräckligt för att välja plats. Därefter lämnar vi in ansökningarna enligt kärntekniklagen och miljöbalken så snart som möjligt. Parallellt med platsundersökningarna pågår också ett intensivt arbete med att projektera förvarets olika delar och



För närvarande ligger tyngdpunkten i SKB:s arbete på kärnbränsleprogrammet. Platsundersökningar pågår i Forsmark och Laxemar för att finna en lämplig plats för ett slutförvar.

den utrustning som behövs för att bygga och driva det. Många av de projekt som beskrivs i Fud-programmet görs för att få fram underlag till ansökningarna.

Tre laboratorier

Forskningen och utvecklingen för inkapsling och slutförvaring av använt bränsle behöver i många delar utföras i full skala och realistisk miljö. SKB har därför byggt tre laboratorier – Kapsellaboratoriet, Äspölaboratoriet och Bentonitlaboratoriet – för att genomföra olika forsknings-, utvecklings- och demonstrationsprojekt. Resultaten från dessa projekt ger sedan underlag för att utforma slutförvaret och inkapslingsanläggningen samt till de säkerhetsanalyser som ska göras.

Kapsellaboratoriet ligger i Oskarshamn. Där testas vi i första hand olika sätt att svetsa ihop kapseln och sedan kontrollera den. Målet är att utveckla metoder som uppfyller högt ställda kvalitetskrav och som har så hög tillförlitlighet att de kan användas vid kapseltillverkningen och i inkapslingsanläggningen.

Äspölaboratoriet är beläget i närheten av Oskarshamns kärnkraftverk och består av en spiralformad tunnel som går



Att bygga Äspölaboratoriet var en generalrepetition inför att bygga slutförvaret för använt kärnbränsle.

ner till 460 meters djup. I tunneln pågår en rad experiment för att kartlägga hur slutförvarets barriärer (kapseln, bufferten och berget) fungerar samt hur de olika momenten vid bygget och driften av förvaret kan utföras på bästa sätt.

Bentonitlaboratoriet invigdes våren 2007 och verksamheten har således precis kommit igång. Där ska vi bland annat testa hur bufferten och återfyllningen fungerar vid olika vattenflöden.

Samarbete med andra länder

Sedan många år har vi ett nära samarbete med våra systerorganisationer i andra länder. Syftet är att öka våra kunskaper både genom forskningssamarbete och genom informationsutbyte.

Speciellt djupgående är samarbetet med vår finska motsvarighet Posiva Oy. Finland har beslutat att använda samma metod för att slutförvara det använda kärnbränslet som Sverige och har redan valt plats och börjat bygga ett bergslaboratorium. När det gäller att tillverka och försluta kapslar är den viktigaste gemensamma uppgiften att göra tillverkningsprov hos olika leverantörer. På senare år har SKB också deltagit i en rad olika EU-projekt.

Tre barriärer – tre skyddsnet

Slutförvaret för använt kärnbränsle bygger på KBS-3-metoden. Förkortningen KBS-3 står för kärnbränslesäkerhet. Metoden innebär i korthet att det använda kärnbränslet deponeras i urberget på cirka 500 meters djup och skyddas av olika barriärer.

Kapseln isolerar

Den första barriären är kopparkapseln som omger det använda bränslet. Dess uppgift är att isolera bränslet från omgivningen. Inga radioaktiva ämnen kan komma ut ur en tät kapsel. Kapseln har en insats av gjutjärn för att kunna stå emot mekaniska påfrestningar nere i berget.

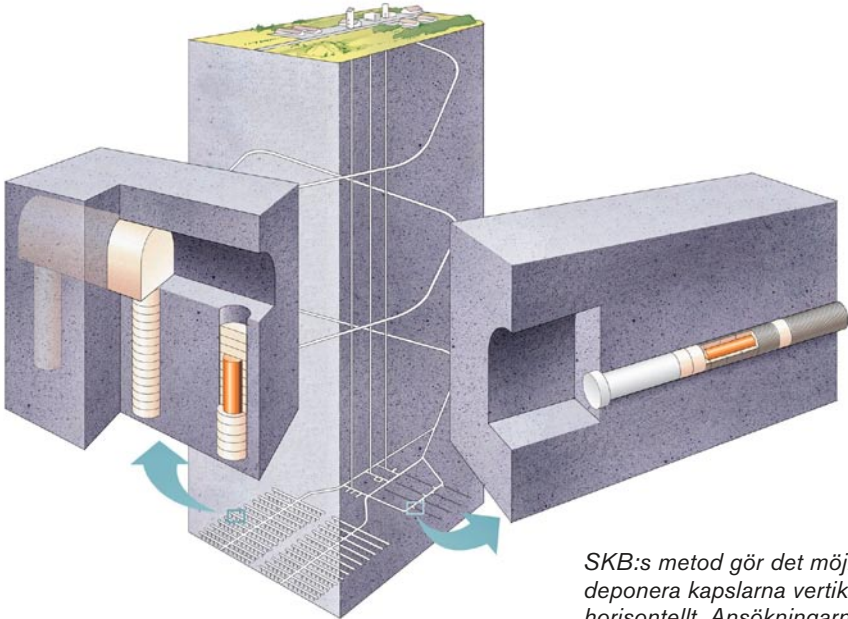
Runt kapseln finns bentonitlera. Leran kallas buffert, eftersom den skyddar kapseln från små rörelser i berget. Bufferten har ytterligare två uppgifter. Bentoniten sväller när den suger åt sig vatten. Samtidigt fungerar den som ett filter och stoppar

upp radioaktiva ämnen. Även det omgivande berget fördröjer transporten av radioaktiva ämnen. Dess främsta uppgift är emellertid att skydda kapseln och bufferten. Berget ska också erbjuda en stabil kemisk miljö.

KBS-3-metoden gör det möjligt att deponera kapslarna antingen vertikalt eller horisontellt. I båda varianterna är kapseln och bufferten densamma. Den del av slutförvaret som ligger på markytan påverkas inte heller.

Liggande kapslar möjligt

Vi arbetar även med en variant av grundutformningen, där kapslarna deponeras horisontellt. De upp till 300 meter långa deponeringstunnlarna utgår då direkt från förvarets transporttunnlar. Mängden berg som ska sprängas ut blir mycket mindre och behovet av återfyllningsmaterial minskar. Fältförsök med horisontell deponering pågår i Äspölaboratoriet. SKB tänker basera sin ansökan för slutförvaret på vertikal deponering med möjlighet att senare byta till horisontell deponering.



SKB:s metod gör det möjligt att deponera kapslarna vertikalt eller horisontellt. Ansökningarna om slutförvaret kommer att basera sig på vertikal deponering.

Slutförvaret för använt kärnbränsle

Platsundersökningarna i Forsmark och Laxemar är avslutade. Närmast på dagordningen står att välja plats för slutförvaret för använt kärnbränsle och att ansöka om att få uppföra anläggningen. Att bygga, driva och försluta förvaret kommer sedan att pågå under en stor del av detta sekel.



En platsundersökning innebär omfattande undersökningar på både ytan och djupet.

På plats i Forsmark och Laxemar

Under perioden 2002–2007 har SKB bedrivit platsundersökningar på två platser för ett slutförvar för använt kärnbränsle. En platsundersökning går främst ut på att undersöka berget, men innehåller också omfattande studier av miljön på ytan. Seismiska undersökningar är till exempel en viktig del för att få kunskap om berggrundens mönster av bergarter och sprickzoner. Dessa måste emellertid kompletteras med borrhningar till olika djup för att vi ska kunna hämta in mer information om berget.



Vi lär oss mycket om berget genom att studera borkärnor.

Mekaniska egenskaper viktiga

Borrningarna följs upp med omfattande mätningar i berggrunden för att fastställa berggrundens förmåga att leda vatten och för att bestämma med vilken hastighet grundvattnet kan transporteras upp till markytan. Mätningarna ger också kunskap om grundvattenkemin.

Bergets mekaniska egenskaper är också viktiga. De avgör bland annat vilka byggmetoder som kan användas. Höga bergspänningar kan göra det svårare att bygga slutförvarets tunnlar. Hållfastheten bestäms i laboratorium med hjälp av prover från borrhälen. Bergspänningarnas storlek och riktning mäts i borrhålen.

Metodik och teknik fungerar

Med facit från platsundersökningarna till hands, kan vi nu konstatera att metodik och teknik för såväl de geovetenskapliga undersökningarna som undersökningarna av de ytnära ekosystemen i stort sett fungerat som planerat. Övriga undersökningarna har varit få och av begränsad betydelse. Det utvecklingsarbete som bedrivits har med några undantag handlat om uppdateringar och finslipningar av befintlig teknik. Platsundersökningarna har också – än en gång – understrukit vikten av att metodik och teknik för undersökningar anpassas till plats-specifika förhållanden.

Ny modell och layout

Platsundersökningarna har genererat en uppsjö av data om geologin, hydrologin och förhållandena på markytan. Datamängden från respektive plats utgör underlag till den nya uppdaterade modell av platsen som tas fram. Vi gör också en ny version av hur slutförvaret ska utformas (anläggningsbeskrivning) på varje plats. Beskrivningarna blir sedan utgångspunkt för nästa säkerhetsanalys, SR-Site, som ska utgöra en del av underlaget till ansökningarna. De förra versionerna av platsmodell och anläggningsbeskrivning togs fram efter de inledande platsundersökningarna. Då gjordes också säkerhetsanalysen SR-Can, som fokuserade på kapselns funktion i slutförvaret.



Maskar – en del av miljön på ytan.



Sönderborrat berg från grunda borrhål.

Vad vet vi om Forsmark?

Platsundersökningen i Forsmark har hela tiden varit inriktad på ett område i närheten av kärnkraftverket. Efter den inledande delen av undersökningen koncentrerades arbetet till en mindre del i områdets nordvästra del.

Berggrunden är en del av en så kallad tektonisk lins. Det är en relativt opåverkad bergvolym, som är omgiven av stora sprickzoner. På ytan är området format som en lins. Tektoniska linser är inte något ovanligt fenomen i norra Uppland. Forsmarkslinsen är bara en av många.

Sprickor nära ytan

Att den tektoniska linsen är opåverkad innebär inte att den är helt fri från sprickor. Det finns distinkta sprickzoner som är



Så här skulle driftområdet på markytan kunna se ut i Forsmark.

mycket gamla och fyllda med olika typer av mineral. Dessa zoner är för det mesta inte vattenförande.

I översta delen av berggrunden, ner till cirka 200 meter, finns det gott om flacka eller horisontella sprickor som ibland är kraftigt vattenförande.

Torrare på djupet

På djupet är det betydligt torrare. Speciellt gäller det den nordvästra delen av linsen, där det knappt går att mäta vattenflödet på djup under 250 meter. Det mesta av det nederbördsvatten som rinner ned i berggrunden dräneras mot havet i ytliga horisontella sprickor. Nederbörden kan bara i ytterst liten omfattning tränga ned i berget.

Spänningen ökar långsamt

Att det finns så få sprickor i den bergvolym, som SKB undersöker i Forsmark är troligen en av orsakerna till att bergspänningarna i området är relativt höga. Vi vill bygga förvaret på 450–500 meters djup. På detta djup är bergspänningarna hanterbara. De ökar i långsammare takt med djupet än vad vi först trodde. Genom att orientera deponeringstunnlarna i samma riktning som den största horisontella spänningen och genom att ge tunnarna en viss geometrisk form, kan man minska påfrestningarna på tunnelväggarna avsevärt.

Vad vet vi om Laxemar?

I Laxemar domineras berggrunden av Ävrögranit och kvartsmonzodiorit. Båda bergarterna är varianter av det man i dagligt tal kallar smålandsgranit. Undersökningarna startade i det totalt tio kvadratkilometer stora områdets centrala delar, men koncentrerades under den avslutande fasen till den sydvästra delen. Där är berggrunden mer likformig, samtidigt som vattenflödena på djupet är mindre än i de centrala delarna.

Lite kvarts i berget

Berggrunden i Laxemar innehåller förhållandevis liten andel av mineralet kvarts. Berg med låg kvartshalt leder bort värme sämre än berg med hög kvartshalt. Det innebär att kapslarna



Berget – en kärnfråga för våra geologer.

Vill du veta mer?

Resultaten från platsundersökningarna i Forsmark och Laxemar presenteras utförligt i årsböcker. De har titeln *Platsundersökning Forsmark – Årsrapport 2003* respektive *Platsundersökning Oskarshamn – Årsrapport 2003* osv. Beställ dem från vår webbplats www.skb.se. Gå in under *Publikationer* och vidare till *Informationsmaterial*.

Du är också välkommen att kontakta våra platsundersökningskontor:

Forsmark

e-post: info.forsmark@skb.se
eller telefon 0761-883 10

Oskarshamn

e-post: info.oskarshamn@skb.se
eller telefon 0491-76 78 00



Borring i Laxemar.

måste deponeras med större avstånd mellan varandra än standardavståndet sex meter. Efter den inledande platsundersökningen utarbetade vi ett förslag till en layout för ett förvar på 500 meters djup. I och med att undersökningarna förskjutits mot sydväst har förutsättningarna för projekteringen ändrats. Stora förändringar av förvarets layout kan därför förutses.

Ett hål till

De planerade undersökningarna blev klara under 2007. Eftersom vi ville få bättre kunskap om läget hos en sprickzon i områdets södra del, borrades ytterligare ett kärnborrhål där hösten samma år. Dataunderlaget från de sydvästra delarna av Laxemar är nu betydligt mer omfattande än efter platsundersökningens inledande del, särskilt beträffande den dominerande kvartsmonzodioritens utbredning och egenskaper. Vi räknar med att platsbeskrivningen blir klar under 2008.



Här skulle ett slutförvar i Laxemar kunna ligga.

Så väljer vi plats

Det återstår visserligen ett betydande analysarbete innan vi nått fram till förvarslayouter och säkerhetsanalyser, men vi kan redan nu konstatera att platsundersökningarna gett tillräckligt underlag i både Forsmark och Laxemar.



Platsval 2009

Vi räknar med att kunna välja plats under 2009. Den plats som slutligen blir vald ska vara tillräckligt bra för att uppfylla alla krav på säkerhet och strålskydd med marginal. Det ska dessutom finnas tekniska förutsättningar för att bygga ett förvar på platsen. Etableringen och verksamheten ska kunna genomföras med hänsyn till miljön i övrigt. Platsen måste också vara tillgänglig rent fysiskt. Praktiskt innebär detta att SKB ska förfoga över marken. Platsen måste också vara tillgänglig ur ett samhällsperspektiv. Det sistnämnda innebär att platsvalet måste ha politiskt stöd i kommunen.

Först kommer de båda platserna att utvärderas var för sig mot ovanstående kriterier. Om det visar sig att båda platserna fortfarande är lämpliga efter den individuella utvärderingen kommer de att jämföras med varandra. Den inbördes utvärderingen görs efter i stort sett samma kriterier som den grundläggande bedömningen. Avsikten är att jämförelsen ska utmynna i ett tydligt ställningstagande från SKB:s sida och ett väl motiverat val.

Så går vi vidare

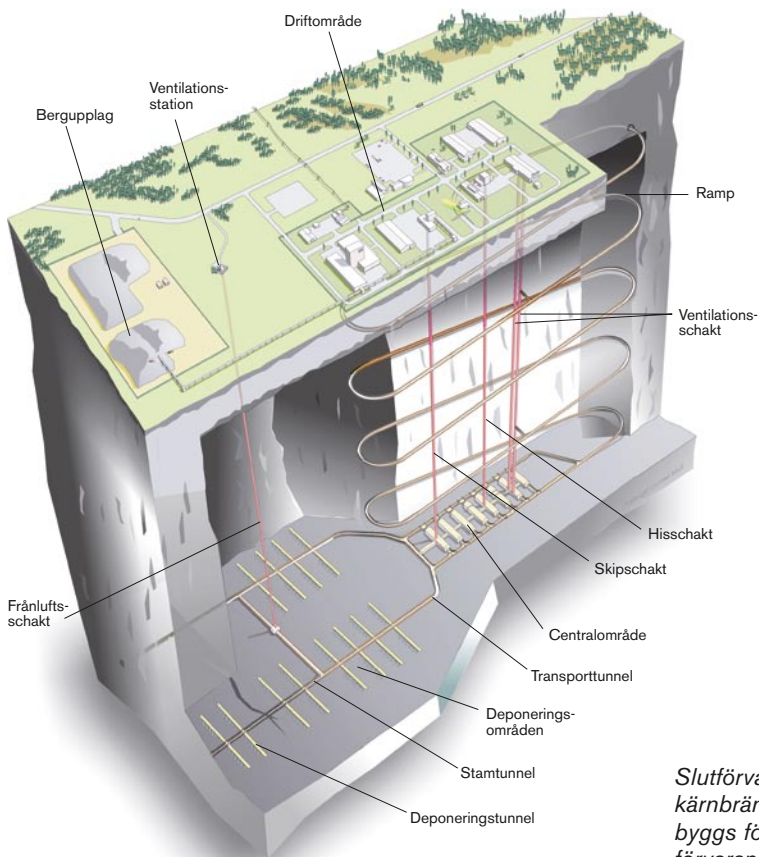
I samband med att vi väljer plats för slutförvaret kommer vi också att starta ett projekt med uppgiften att uppföra och driftsätta förvaret. Till grund för planeringen ligger ett antal huvudskeden:

- Tillståndsprövning
- Uppförande
- Driftsättning
- Drift

Varje huvudskede kännetecknas i sin tur av ett antal milstolpar. Det kan röra sig om ansökningar som ska lämnas in, viktiga beslut som SKB måste fatta eller myndighetsbeslut. En förutsättning för att slutförvaret ska kunna uppföras och drivas är att den teknik som behövs i olika skeden finns utvecklad och färdig att tas i industriellt bruk. I ansökan enligt kärntekniklagen tänker vi redovisa en referensutformning som ger en samlad bild av vilka teknikval som hittills gjorts samt hur långt utvecklingen av olika delar nått vid det tillfället.

Tillståndsprövning

Huvudskedet tillståndsprövning startar när ansökningarna enligt kärntekniklagen och miljöbalken har lämnats in. Då ska ansökningarna beredas och prövas av myndigheter, miljödomstol, kommun och regering. Under denna period ligger initiativet i projektet till stor del hos dessa instanser och tidsåtgången beror på deras handläggnings- och beslutstider. SKB:s huvuduppgifter är att på olika sätt medverka i tillståndsprocessen, samt att förbereda arbetet med att uppföra slutförvaret. Ansvaret för detta ligger på den projektorganisation för uppförande och driftsättning som etableras i samband med platsvalet. I förberedelserna ingår fortsatt teknikutveckling och projektering samt att förbereda upphandling av leverantörer.



Slutförvaret för använt kärnbränsle. Under mark byggs först tillfarter till förvarsnivån.



Uppförande

När alla tillstånd och villkor är klara ska slutförvaret uppföras – både anläggningar under mark och anläggningar på markytan. Under mark byggs först tillfarter till förvarsnivån. När bygget kan starta på förvarsnivån byggs transporttunnlar, centralområdet och de första deponeringstunnlarna. Parallellt och integrerat med anläggningsarbetena görs undersökningar för att detaljprojektera anläggningen mot de krav och restriktioner som finns uppställda. Dessa undersökningar ska också visa att de antaganden som legat till grund för säkerhetsanalysen SR-Site kan uppfyllas. På markytan uppförs de byggnader och den infrastruktur som behövs för att driva anläggningen.

Driftsättning

Driftsättningen av slutförvarets olika delar startar successivt i takt med att installationerna kommer på plats. Systemen testas – först var för sig – sedan gemensamt inom anläggningen och slutligen testas hela slutförvarssystemet, alltså även inkapsling och transporter. Målet är att alla anläggningar och transporter ska fungera i industriell skala, tekniskt och organisatoriskt. Intrimningen av teknik och organisation vid slutförvaret avslutas med samfunktionsprovning av hela anläggningen. Så tidigt som möjligt under driftsättningen förnyar vi säkerhetsredovisningen av såväl långsiktig säkerhet som driftsäkerhet. I samband med detta lämnar vi in en ansökan om provdrift. Driftsättningen avslutas då myndigheterna ger tillstånd till provdrift. Därmed övergår ansvaret för anläggningen till driftorganisationen.

Drift

Driftskedet inleds med en period av provdrift. Då startar deponeringen av kapslar med använt kärnbränsle och deponeringskapaciteten byggs upp stegvis. Provdriften övergår senare i rutinemässig drift. Förutom deponeringssekvensen omfattar driften även löpande undersökningar och analyser, projektering, bergarbeten samt återkommande säkerhetsanalyser. Driften av slutförvaret innebär alltså ett kontinuerligt projekterande, byggande och deponerande. Driften pågår fram till dess att den sista deponeringstunneln förslutits.

Teknikutveckling inom kärnbränsleprogrammet

De tekniska lösningarna för att ta hand om använt kärnbränsle kan utformas på en rad olika sätt. SKB:s mål är att använda sådana som är säkra, kostnadseffektiva och ger en så liten påverkan som möjligt på människa och miljö.



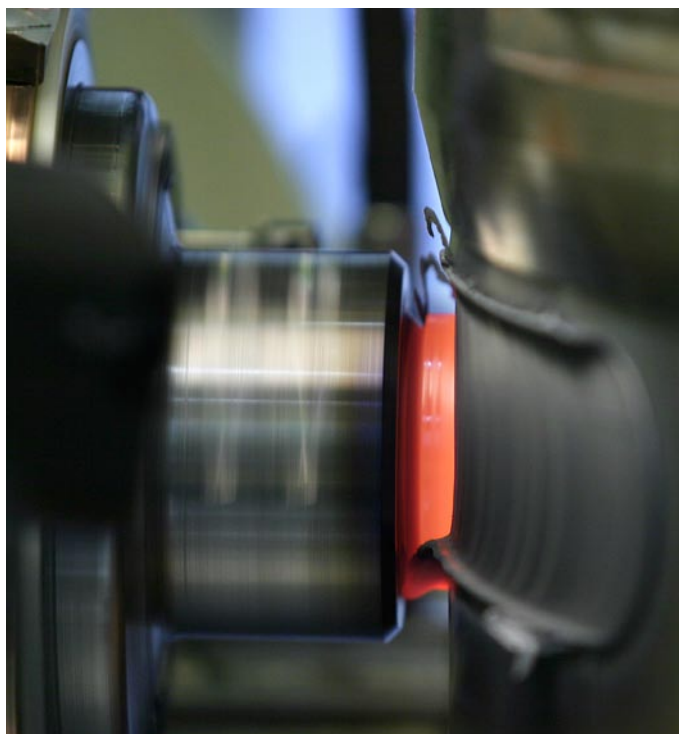
Gjutning av insatsen till kapseln.

Tekniken i praktiken

Parallellt med att projektera slutförvaret pågår ett intensivt arbete med att välja metoder för att bygga och driva inkapslingsanläggningen och slutförvaret samt att utforma olika delar av dem. En stor del av verksamheten sker i våra laboratorier: Kapsellaboratoriet, Bentonitlaboratoriet och Äspölaboratoriet. Vi har också möjlighet att ta tillvara erfarenheter från den finska anläggningen Onkalo och de laboratorier i berg och för metallurgisk forskning som finns runt om i världen.

Viktiga vägval klara

Många års arbete har lett till att vi kunnat göra flera viktiga vägval när det gäller teknik för att utforma förvarets barriärer. Kapseln ska till exempel ha ett hölje av koppar och en insats av gjutjärn och bufferten ska bestå av bentonitlera. Vi har



Vi har valt friction stir welding som referensmetod för att svetsa fast locket på kopparkapseln.

nu nått det stadium i utvecklingen då det är dags att gå in på detaljnivå för de olika tekniska lösningarna. Vi ska också visa att de prognoser och antaganden vi gjort stämmer.

Det arbete som återstår berör maskiner och annan utrustning som behövs för att uppföra och försluta slutförvaret, men som inte finns tillgängliga på den kommersiella marknaden. Teknikutvecklingen bedrivs i stor utsträckning i samarbete med vår finska motsvarighet Posiva.

Sex produktionslinjer

Alla slutförvarets delar ska uppfylla de speciella krav som finns i SKB:s kravdatabas. Delarnas utformning och egenskaper bestäms av de konstruktionsförutsättningar och specifikationer som vi tar fram. Även de produktions- och kontrollmetoder som används och den påverkan som delarna utsätts för under transporter och deponering kan påverka kraven.

Produktionsflödet för de olika systemdelarna (kapsel, buffert etc) kan illustreras med hjälp av så kallade produktionslinjer. Vi har valt att definiera sex produktionslinjer:

- Berglinjen
- Buffertlinjen
- Bränslelinjen
- Kapsellinjen
- Återfyllningslinjen
- Förslutningslinjen

Få steg för bränsle

Eftersom bränslelinjen innehåller så få arbetssteg har vi i Fud-program 2007 valt att inkludera den i kapsellinjen. Förutom produktionslinjerna behandlar Fud-program 2007 även återtag av kapslarna och förvarsvarianten med horisontell deponering (KBS-3H). När det gäller återtag har vi inte planerat fler insatser efter det nyligen avslutade försöket i full skala. Den utveckling som skett för KBS-3H ska utvärderas i slutet av 2007. Först därefter fattar vi beslut om – och i så fall i vilken omfattning – projektet ska fortsätta.

Berglinjen

Berglinjen omfattar byggandet av deponeringsområdet och övriga utrymmen under jord. I Sverige finns en lång erfarenhet av att bygga i berg. Den kunskapen kommer vi att kunna använda när vi karakteriserar berget, borrar, spränger, skrotar (tar bort lösa bitar av berget) och förstärker det.

Ett välkänt fenomen när man spränger och borrar i berg är att det spricker upp lite grann och det bildas en så kallad störd zon med nya sprickor runt tunnlar och bergrum. Hur stor den störda zonen blir beror bland annat på vilken metod som används och hur förhållandena i berget är. Om störningen är alltför stor kan bergets förmåga att leda vatten ändras och påverka slutförvarets säkerhet på lång sikt.

I dag vet vi hur vi ska begränsa utsträckningen hos den störda zonen. Däremot vet vi inte tillräckligt om hur en störning av en viss storlek påverkar vattenflödet i berget. Enligt vår bedömning kan den störda zonen byggas bort, om borrning och sprängning sker skonsamt och under kontrollerade förhållanden.

Plant golv underlättar

Sulan, det vill säga botten i deponeringstunneln, behöver planas ut för att deponeringsmaskinen ska kunna ta sig fram. En plan sula underlättar också för återfyllningsmaskinen att bygga raka staplar av blocken med återfyllningsmaterial. Ett alternativ till skonsam sprängning är att linsåga ut den understa skivan. Linsågning i berg används vid flera stora tunnelprojekt, men vi behöver visa att metoden även fungerar i en deponeringstunnel innan den kan användas i slutförvaret.

I Äspölaboratoriet har vi borrat ett antal deponeringshål. Det som återstår är att visa att hålen kan borraras i sådan takt att metoden också kan användas under produktionsmässiga förhållanden i slutförvaret.

Inflödet av grundvatten i slutförvarets tunnlar får inte vara för stort under bygge och drift. Tunnlarna måste tätas. Injektering är det sätt på vilket tunnlar i urberg traditionellt tätas. Våra krav på täthet är dock högre. Vattentrycket är högt på det stora djup som slutförvaret ska ligga på. Även fina sprickor är vattenförande. Detta faktum innebär att vi även måste fylla de fina sprickorna med injekteringsmedel.

Tätningemedel med lågt pH

Injekteringsmaterialet får inte ge högre pH än 11 i grundvattnet om det lakas ut. Vanligt cementbruk fungerar därför inte. Är pH högre än 11 sväller bentoniten inte lika bra och den långsiktiga säkerheten kan påverkas. Vi måste därför använda ett injekteringsmaterial som kan användas i små sprickor och som har lågt pH. SKB tänker använda silica sol för de finaste sprickorna. Det är ett kiselbaserat tätningemedel som med framgång har använts för att täta sprickor i vanliga vägtunnlar. Nu måste vi visa att det även fungerar på 500 meters djup. Storskaliga försök ska därför göras i Äspölaboratoriet.

Vid den första viktiga milstolpen i SKB:s övergripande plan – ansökningarna enligt kärntekniklagen och miljöbalken – ska vi ha en referensmetod för att bygga deponeringstunnlar.



Borring av deponeringshål.

Injektering med silica sol har gjorts i liten skala på 200 meters djup i Äspölaboratoriet.



Vi ska också ha fastställt acceptanskriterier för deponeringstunnlarnas konturer i samarbete med återfyllningslinjen och visat att vi kan uppfylla kriterierna. Det ska också finnas utprovade metoder för att täta sprickor av de storlekar som kan finnas i slutförvaret. De material som ska användas för att förstärka berget och även för andra typer av konstruktioner ska vara väl utprovade och uppfylla kraven på lågt pH. Vi ska även ha valt metod för att borra deponeringshål och konstruerat en första version av den maskin vi tänker använda för detta.

Nödvändig kunskap vid byggstart

Inför byggstarten av slutförvaret ska SKB ha visat att maskiner och personal kan tillämpa den metodik för skonsam sprängning som ska användas för att bygga ramp och schakt. Injekteringen ska fungera vid upprepade sprängsalvor.

Inför starten av bergarbetena i deponeringsområdet ska en generalrepetition med maskiner och personal för att bygga deponeringstunnlar ha påbörjats. Vi ska även ha tillverkat och tagit i drift en maskin för att borra deponeringshål.

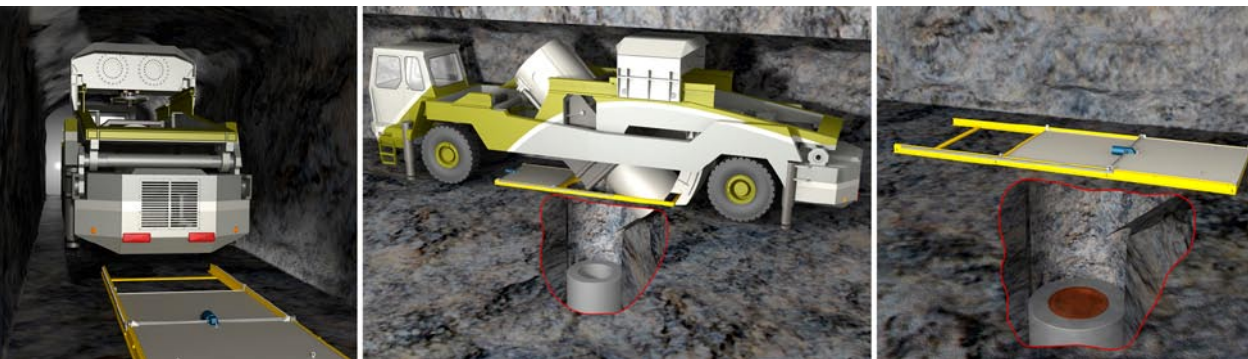
Buffertlinjen

I buffertlinjen ingår tillverkning, hantering och installation av den buffert som omger kapseln i deponeringshålet. Bufferten består av ringar, block och pelletar eller granuler av högkompakterad bentonitlera. Pelletar är bentonitpulver som pressats till små cylindrar eller sfärer som alla är lika stora. Granuler är bentonitpartiklar som siktas av vid krossning av bentonitklumpar.

Många leverantörer

Världens bentonittillgångar är mycket stora. Det finns många leverantörer som kan leverera en produkt som uppfyller SKB:s krav på materialet. När slutförvaret väl tas i drift kommer behovet av bentonitlera att vara litet jämfört med de mängder som används för andra ändamål i samhället. För SKB:s del gäller det emellertid att redan på ett tidigt stadium försäkra sig om att leveranserna fungerar och att kostnaderna kan hållas på en rimlig nivå. Ett sätt att göra detta är att vidga urvalet till andra typer av bentonitleror än den kommersiella produkt från Wyoming i USA, MX-80, som länge varit vårt referensmaterial.

I projektet *Alternativa buffertmaterial* i Äspölaboratoriet undersöker vi hur en rad olika bentonitleror från olika delar av världen och med olika sammansättning fungerar under realistiska förhållanden. Förutom MX-80 undersöker vi också bentonitleror från Danmark, Tyskland, Tjeckien, Grekland och Indien.



Deponering av kapslar.

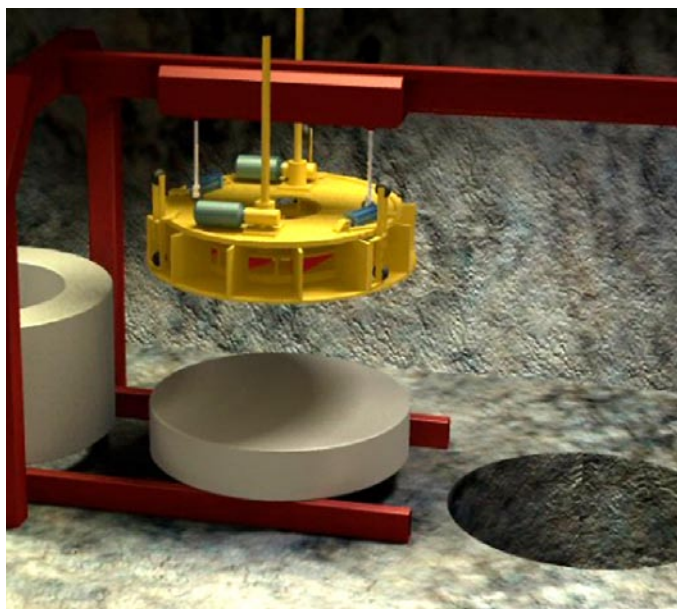
Tre paket i golvet

Tre paket med kopparrör, som är omgivna med bentonit, har sänkts ned i hål i Äspölaboratoriets golv. Ett paket är ungefär 30 centimeter i diameter och tre meter långt. I varje paket finns 13 olika bentonitvarianter representerade. Det rör sig både om block och pelletar.

Paketen ska värmas upp till 130°C i mellan ett och fem år. När försökstiden är slut kommer paketen att tas upp och analyseras. Vi vill bland annat undersöka vilken betydelse värmen har för bentonitens mineralsammansättning och hur detta påverkar egenskaper som exempelvis svällförmågan.

Innan bentonitleran kan pressas till block måste den krossas, siktas, malas och torkas. Den teknik som behövs för detta är känd och används inom andra industrigrenar.

Vi har provat två metoder för att pressa blocken och ringarna till bufferten: isostatisk pressning och enaxlig pressning. Båda teknikerna kommer att vidareutvecklas innan någon av dem används i slutförvarsanläggningen. Vi skulle exempelvis vilja pressa högre block och ringar än i dag. Teknik för att pressa pelletar finns, men måste anpassas för att kunna möta slutförvarets behov.



Vi måste ta fram ett verktyg för att lägga bufferten på plats i deponeringshålen.

Ska förvaras torrt

Inför ansökningarna ska frågan om hur buffertmaterialet ska skyddas från vatten i berget vara löst. Det gäller att hålla bufferten så torr som möjligt för att den inte ska svälla för tidigt. Vi håller på att utveckla ett tillfälligt skydd för bufferten. Detta ska ha testats under realistiska förhållanden innan vi ansöker. Då ska vi också ha valt en referensmetod för att tillverka block och ringar. Vi måste också veta under vilka förhållanden de tillverkade blocken och ringarna kan lagras, så att de inte torkar ut eller börjar svälla.

Hur ska vi installera buffert, återfyllning och pluggar i slutförvaret? Den frågan ska få sitt svar genom en rad praktiska försök i SKB:s nya Bentonitlaboratorium. Anläggningen är belägen i anslutning till Äspölaboratoriet.

Mycket har tidigare utvecklats och testats under jord. En del av de experiment som i dag görs nere i Äspölaboratoriet flyttas upp till Bentonitlaboratoriet. Andra verksamheter blir helt nya.

Fördelen med Bentonitlaboratoriet är att det finns möjligheter att utveckla och testa installationen för olika platsspecifika förhållanden, till exempel olika vatteninflöden.

Anpassade metoder nödvändiga

I det framtida slutförvaret ska en kapsel deponeras per dag. Samtidigt ska sex meter deponeringstunnel återfyllas. Aktiviteterna i Bentonitlaboratoriet syftar främst till att se till att installationsmetoderna fungerar under alla väntade förhållanden. Detta är viktigt för att vi ska klara produktionskraven.

Vid byggstarten för slutförvaret ska den anläggning där blocken och ringarna tillverkas vara projekterad och färdig att börja bygga. Vi kommer då även att ha börjat konstruera en maskin för att placera bufferten i deponeringshålen.

Kapsellinjen

Kapsellinjen beskriver hur kapseln tillverkas, försluts, transporteras och deponeras samt hur resultatet kvalitetssäkras i de olika skedena. Minst 6 000 kapslar kommer att produceras under den tid förvaret är i drift. Hur kan vi garantera att uppfylla alla krav och att det bland dem inte finns någon kapsel som är behäftad med fel?



Nyttillverkad bentonitring.



Placering av bentonitring i ett deponeringshål.



Insatsen till kapseln.



Kontroll av kapselns kopparhölje.

Tillförlitlighet viktig

SKB bedriver ett omfattande arbete med att undersöka hur tillförlitliga de produktions- och kontrollmetoder som vi använder oss av är. Vi undersöker även vilka effekterna blir av fel som påverkar kapselns funktion i förvaret. På så sätt kan vi försäkra oss om att kapseln är säker under såväl driftfasen som under den långa tidsperiod som förvaret ska fungera.

Vi tänker inte tillverka de olika delarna till kapseln i egen regi. Vår kompetens ligger främst i att hantera bränslet på ett säkert och miljövänligt sätt. All tillverkning kommer i stället att läggas ut på underleverantörer. Det är ett uppdrag som ställer stora krav på leverantörerna i fråga om leveranssäkerhet och kvalitetsstyrning. I och med att vi under flera år provtillverkat kapselkomponenter har vi också fått en ingående kännedom om branschen och byggt upp ett omfattande kontaktnät. Vi vet vilka aktörer som finns på marknaden och hur de klarar av att uppfylla våra krav. Inför driftstarten kommer vi att ha genomfört ett omfattande kontrollprogram, där både leverantörernas och våra egna metoder ingår.

Tre metoder för rör

Insatsen till kapslarna gjuts, medan kopparhöljet tillverkas i olika delar som sedan sätts samman. Locket och botten tillverkas genom smide. Kopparrören kan tillverkas med tre olika metoder – extrudering, dornpressning och smide. Av dessa är extrudering vår referensmetod. Sammanfogningen sker genom en speciellt utvecklad svetsmetod, friction stir welding. Provtillverkningen av kapselns olika delar och arbetet med att styra tillverkningsprocesserna kommer att fortsätta under den kommande Fud-perioden. Vi kommer även att fortsätta att utveckla metoden för att svetsa fast lock och botten med friction stir welding.

Olika standardiserade undersökningsmetoder används för att visa att kapseln verkligen har de egenskaper den ska ha. Vi använder oss till exempel av kemiska analyser för att kontrollera materialsammansättningen, strukturundersökningar för att kontrollera att materialet har rätt egenskaper och oförstörande provning för att kontrollera att det inte har några inre defekter (sprickor, håligheter etc) som överskrider gränserna för det tillåtna. Hållfasthet och dimensioner är andra

viktiga egenskaper som också undersöks. Resultaten återförs till leverantörerna, så att de successivt kan förbättra sina tillverkningsmetoder.

Fokus på insats, rör och svets

Kontroller med ultraljudsprovning är heltäckande och därför den kanske viktigaste metoden för att kontrollera om kapslarna håller måttet. Insatsen, koppar, lock och botten ska alla undersökas med ultraljud. Vissa delar av kapseln är utsatta för större påfrestningar än andra. Vi måste därför fastställa rätt kvalitetskrav för de olika delarna och anpassa kraven och omfattningen av kontrollen till detta. Ett viktigt redskap är så kallade skadetålighetsanalyser. Vid sådana fastställer vi, genom experiment och beräkningar, till exempel hur stor en defekt i materialet högst får vara för att inte påverka hållfastheten. Det är också nödvändigt att kunna svetsa fast lock och botten på kapseln med svetsar som motsvarar kvalitetskraven.

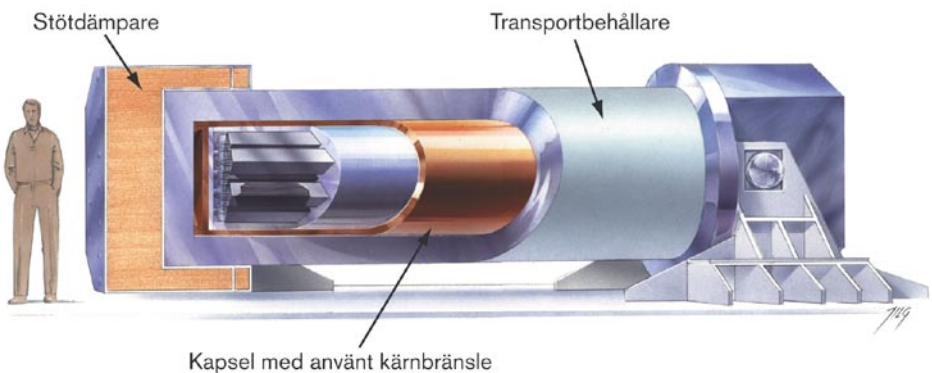


Tillverkning av kopparkapslar genom smide.

Vi har inlett ett program för att ta reda på hur tillförlitlig ultraljudsprovningen är. Frågor som vi vill ha svar på är hur stor sannolikheten är för att vi ska upptäcka defekter och andra oregelbundenheter i materialet, vilka typer och storlekar det rör sig om samt hur stor sannolikheten är för att en defekt kapsel kommer att levereras från inkapslingsanläggningen.

Utvecklingen har kommit långt när det gäller ultraljudsprovning av svetsar, medan metodutveckling fortfarande pågår för att kontrollera kapselns övriga delar. Inom kapsellinjen finns också en rad andra frågor som återstår:

- I inkapslingsanläggningen ska bränslet torkas med hjälp av vakuüm. Vi kommer också att studera andra torkmetoder för att effektivisera torkprocessen.
- En transportbehållare för att transportera det inkapslade bränslet mellan inkapslingsanläggningen och slutförvaret ska tas fram och licensieras.
- Preliminära konstruktioner ska finnas framtagna till ansökningarna för de fordon och maskiner som ska användas för att transportera, hantera och deponera bränslet i slutförvaret.
- Inför provdriften av slutförvaret ska vi ha testat hela hanteringskedjan av kapseln från inkapslingsanläggningen till deponeringen i slutförvaret.



Transportbehållare för kapslar med använt kärnbränsle.

Återfyllningslinjen

Återfyllningslinjen omfattar tillverkning, hantering och installation av återfyllningsmaterial i deponeringstunnlarna. I linjen ingår också att installera tillfälliga pluggar i tunnlarnas mynning.

Återfyllningens främsta uppgift i slutförvaret är att minska vattenflödena genom tunnlarna. Den ska även hindra bentonitbufferten från att svälla upp ur deponeringshålen. Pluggens uppgift är både att skära av det horisontella vattenflödet i deponeringstunneln och att stå emot det tryck som fyllnadsmaterial utövar. Den behöver bara fungera så länge förvarets övriga utrymmen fortfarande står öppna.



Tätning med bentonitpelletar.



Block av lera för att återfylla deponeringstunnlar.

Block av lera

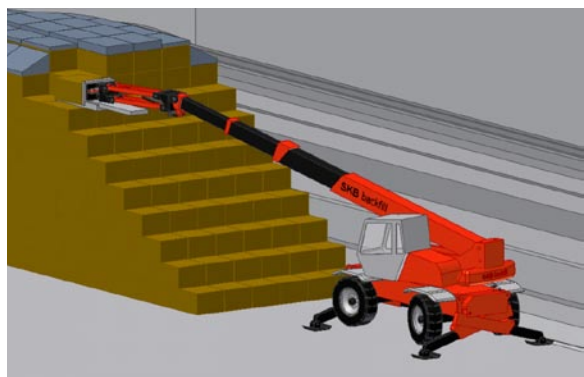
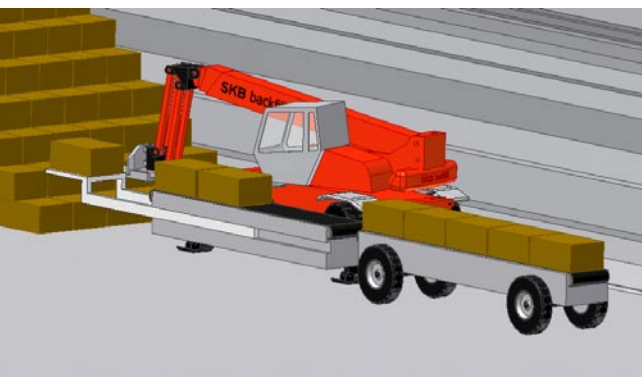
Vi har utrett flera metoder för att återfylla deponeringstunnlarna, bland annat en blandning av krossat berg och bentonit som kompakteras i tunneln. Efter den senaste säkerhetsanalysen SR-Can kunde vi konstatera att en återfyllning av block av svällande lera fungerar bättre i slutförvaret än det tidigare konceptet med en blandning av bentonitlera och krossat berg. Att pressa block av lera kräver inga speciella utvecklingsinsatser. Detta kan ske på samma sätt som när man tillverkar eldfast tegel.

För att lägga blocken på plats i tunneln undersöker vi två metoder: maskinmetoden och modulmetoden. Vid maskinmetoden lyfts blocken in och läggs på plats ett i taget. Modulmetoden utgår från att blocken är packade i större enheter – moduler – som sedan placeras i tunneln.

Utrymmet mellan tunnelns väggar och tak och lerblocken är svårt att fylla och kompaktera. Det skulle därför kunna bli en möjlig flödesväg för vatten. I deponeringstunneln ska utrymmet därför fyllas med bentonitpelletar eller -granuler.

Ska stoppa tryck och flöde

Pluggar har tidigare byggts för andra ändamål, som exempelvis vattenkraftstationer och gaslager. SKB kan emellertid bara ta tillvara en del av de erfarenheter som finns, eftersom kraven på pluggar i ett geologiskt förvar är mycket speciella. De ska kunna stå emot det vattentryck som motsvarar 500 meters djup och det svälltryck som återfyllningen utvecklar.



Blocken eller modulerna lyfts in och läggs på plats en i taget i deponeringstunneln.

Vi undersöker två olika utformningar; en armerad plugg som förankras i en slits i berget och en friktionsplugg som hålls på plats med hjälp av friktionen mot berget.

De tillfälliga pluggarna kommer kanske inte att rivs när förvarets övriga utrymmen fylls igen. Detta innebär att pluggen måste tillverkas av material som inte har någon inverkan på den långsiktiga säkerheten. Betong med lågt pH måste användas, annars kan lerans svällförmåga påverkas. Vi kommer att studera detta under kommande Fud-period.

Referenskoncept till ansökningarna

Vid ansökningarna för slutförvaret ska vi ha valt referenskoncept både för återfyllningen och för pluggarna. För återfyllningens del innebär detta att vi måste ha bestämt oss för ett referensmaterial och på vilket sätt blocken ska placeras in i tunnarna. Vi måste också ha avgjort om det är pelletar eller granuler som ska användas och hur dessa i så fall ska installeras. En plugg i full skala enligt det valda referenskonceptet ska också byggas i Äspölaboratoriet.

Förslutningslinjen

I förslutningslinjen ingår återfyllning och pluggning av alla andra utrymmen än deponeringstunnlarna – såsom stamtunnlar, centralområde samt ramp och schakt för transport och ventilation. Dessutom ingår förslutning av undersökningsborrhål från ytan och från slutförvarets tunnlar.

Lär av deponeringstunnlarna

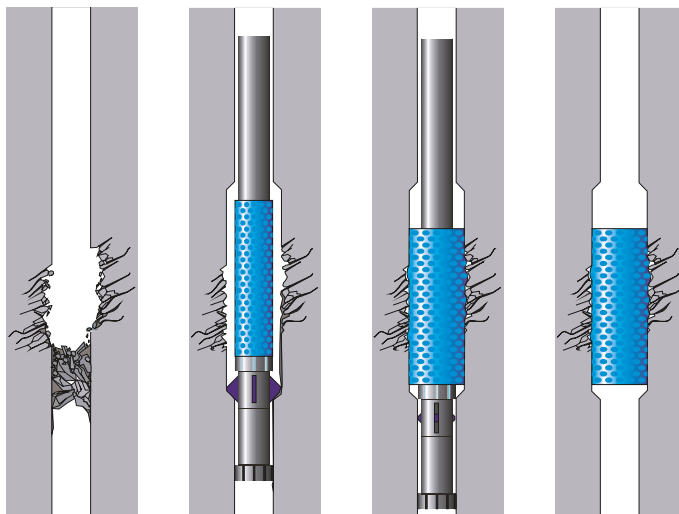
Förvarets övriga utrymmen kommer inte att förslutas förrän allt använt kärnbränsle har deponerats. De praktiska arbetsinsatserna ligger således ganska långt in i framtiden. Hittills har SKB prioriterat arbetet med att återfylla deponeringstunnlarna. Erfarenheterna från dessa studier kommer att användas vid förslutningen av de övriga utrymmena.

De material som kan bli aktuella är svällande lera, icke svällande lera, bergkross eller kombinationer av dessa. För närvarande lutar det mest åt rent bergkross i rampen och schakten. På så sätt kan vi undvika de eventuella bekymmer



Plugg i Äspölaboratoriet.

Stabilisering
av borrhål.



som kan uppkomma om materialet i dem fryser under kommande istider. Hanteringen, tillverkningen och återfyllningen kan i stort sett ske med samma metoder som utvecklats för återfyllningslinjen.

Undersökningsborrhålen från markytan och från slutförvarets tunnlar måste tätas senast i samband med förslutningen av förvaret. Vi har utvecklat och studerat flera koncept för detta.

Testat i Finland

Det mest lovande konceptet för att försluta undersökningsborrhål – bentonit i kombination med kvartsbaserad betong – har testats i ett 500 meter djupt borrhål i Olkiluoto i Finland. Konceptet måste nu testas i 1 000 meter djupa borrhål. Inför ansökningarna för slutförvaret ska vi ha valt referensutformningar för att försluta olika delar av slutförvaret. Det innebär att vi ska ha valt material och metod för att återfylla tunnarna.

Vi måste också ha bestämt gränsen för hur högt inflödet av vatten i en tunnel får vara, samt hur förslutningen av ramp och schakt ska utformas för att funktionen ska bibehållas under en istid.

Inför byggstarten för slutförvaret bör även de material som ska användas i schaktens och rampens övre del vara testade för de förhållanden som råder under permafrost.

Säkerhetsanalys och naturvetenskaplig forskning

Säkerhetsanalys och naturvetenskaplig forskning är egentligen två sidor av samma mynt. Vid de återkommande säkerhetsanalyser som SKB gör identifierar vi vilka forskningsområden vi vet tillräckligt om och vilka vi behöver veta mer om. Den saknade kunskapen tas sedan fram och används i nästa säkerhetsanalys.



En stor del av vår forskning sker i Äspölaboratoriet.



Säkerhetsanalys och omvärld styr forskning

Målet med den forskning som SKB bedriver är att vi ska förstå de processer (förändringar på lång sikt) som förekommer i ett slutförvar och hur de påverkar förvarets förmåga att isolera det använda kärnbränslet.

Många små pusselbitar om hur olika processer kan förändra barriärerna med tiden ska fogas samman till modeller av olika förlopp. Modellerna används sedan i säkerhetsanalysen för att pröva barriärernas funktion och för att i slutänden beräkna hur stor dos som de mest exponerade individerna i slutförvarets närhet skulle kunna få.

Identifierar luckor

Säkerhetsanalysen hjälper oss att se inom vilka områden kunskapsluckorna finns och vilka områden vi vet tillräckligt om. Ett annat användningsområde för säkerhetsanalysen är att konstruera funktionella barriärer på ett så resurssnålt sätt som möjligt. Här ingår bland annat hur detaljerna på koppar-kapseln och tekniken för deponering ska utformas.

SKB:s senaste säkerhetsanalys, SR-Can, lämnades in till myndigheterna hösten 2006. Resultatet från denna har varit vägledande när det gäller att utforma forskningsprogrammet för Fud-perioden 2008–2010. För de flesta processer i slutförvaret har vi i dag tillräcklig kunskap för att tillfredsställa säkerhetsanalysens behov. Inom några områden finns det dock luckor som måste fyllas inför nästa säkerhetsanalys, SR-Site, som ska lämnas in som en del av underlaget till ansökningarna för slutförvaret.

Hur mycket vatten?

Vi måste framför allt ta reda på i vilken omfattning vattenflöden i berget under en istid kan erodera bort bentoniten i bufferten. Stora förluster av buffert kan leda till att kapslarna korroderar snabbare. Det är därför viktigt att deponeringshålen inte korsas av stora vattenförande sprickor. Till följd av detta måste vi också fastställa kriterier för hur förhållandena i ett deponeringshål bör vara. Ett annat område som kräver

ytterligare studier är hur värmen från kapslarna påverkar deponeringshålens väggar. Resultatet från myndigheternas granskning av SR-Can publiceras hösten 2007 och kan också komma att leda till ytterligare insatser.

Omvärlden påverkar

Även förändringar i omvärlden påverkar forskningsinsatsernas storlek och omfattning. Ett nytt önskemål, som dykt upp under 2007, är att ägarna till kärnkraftverken vill ta ut mer energi ur kärnbränslet (öka utbränningsgraden). Detta får konsekvenser för forskningsprogrammet för framför allt bränsle, eftersom vi i dag inte har tillräcklig kunskap om sådant bränsle.

Säkerhetsanalys

Utgångspunkten i en säkerhetsanalys är en noggrann beskrivning av hur förvaret ser ut när det har byggts och förslutits. Allt eftersom tiden går kommer förhållandena i förvaret att förändras. Upphovet till dessa långsiktiga förändringar kallar vi för processer.

Många förlopp är oundvikliga. En del av dessa är kemiska processer, som till exempel de som kan leda till att kapslarna korroderar. Andra är termiska och beror på att radioaktiviteten i bränslet alstrar värme. Ytterligare några är hydrauliska och har samband med hur grundvatten och gas strömmar. Förändringarna kan också vara mekaniska och orsakas av att berget rör sig vid till exempel en jordbävning.

Analys i tio steg

Säkerhetsanalysen SR-Can gjordes i tio steg enligt en noga utprovad metodik. I SR-Can grundar sig förutsättningarna på data från platsundersökningarna i Forsmark och Laxemar, men analysen tar inte ställning till vilken plats som är lämpligast. Analysen visar att kapseln fungerar som den ska i förvaret. Förvaret har förutsättningar att klara myndigheternas krav på säkerhet, oavsett om det byggs i Forsmark eller Laxemar.

I och med SR-Can kan vi slå fast bland annat följande:

- Det går att svetsa fast locken till kapslarna så bra att de förblir täta i flera tusen år.
- Kapslarna håller för tyngden av en inlandsis.
- Något syrerikt vatten (som gör att kapslarna korroderar) bedöms inte tränga ner till försvarsnivån.
- Risken för att kapslar går sönder vid ett jordskalv är mycket liten.
- Sprängskador i berget runt deponeringstunneln har liten betydelse för transporten av radioaktiva ämnen.

Del av ansökan

Nästa säkerhetsanalys kallas SR-Site och ska utgöra en del av underlaget till ansökningarna för slutförvaret. Denna analys baserar sig på det samlade underlag som finns tillgängligt när platsundersökningarna och projekteringen av slutförvaret är avslutade. SR-Site ska visa om slutförvaret på den utvalda platsen uppfyller myndigheternas krav. I stort sett samma analysmetodik kommer att användas i SR-Site som i SR-Can.

Klimatutveckling

Under de senaste 800 000 åren har ett antal drygt 100 000 år långa glaciationscykler avlöst varandra. En glaciationscykel är tiden för en nedisning och en varm period. För Sveriges del betyder detta att klimatet under en glaciationscykel omväxlande kommer att vara som i dag, att permafrost (ständigt frusen mark) kommer att råda eller att en inlandsis täcker hela landet eller delar av det.

Att klimatet ändras kan bero på flera olika saker. Den främsta orsaken är att jordens läge i förhållande till solen ändras. Då ändras också instrålningen från solen, som är klimatsystemets viktigaste energikälla. Den omdebatterade växthuseffekten får i det här avseendet bara marginell effekt. För slutförvarets säkerhet är en förlängd varmperiod bara positivt.

SKB:s forskning

- Klimat
- Bränsle
- Kapsel
- Buffert
- Återfyllning
- Geosfär
- Biosfär
- Andra metoder

Stora osäkerheter

Osäkerheterna om hur klimatet kommer att bli i framtiden är stora. Infaller nästa istid redan om ett par tusen år? Eller kommer den ökade växthuseffekten att leda till en mycket längre varm period?

Det finns i dag inga möjligheter att göra några säkra bedömningar. Det är heller inte nödvändigt när det gäller att förutsäga om ett slutförvar klarar en istid. Däremot måste vi förvissa oss om att slutförvaret klarar värsta tänkbara förhållanden.

En sak vi kan göra är att se bakåt, studera gångna tiders förhållanden och anta att samma mönster med omväxlande kalla och varma perioder upprepar sig. Den bild vi då får måste också kombineras med studier av vilka extremfall som kan inträffa, till exempel en ökad växthuseffekt.



Under nästa istid kommer Sverige att likna dagens Grönland.

Projekt på Grönland

En fråga som fått allt större betydelse är hur vattenströmningen och kemin i berget runt ett slutförvar skulle påverkas av en istid. Tidigare har vi mest studerat vad som händer vid iskanten. Säkerhetsanalysen SR-Can visade emellertid att förhållandena under istäcket, vid gränsen mot berget, också har stor betydelse. För att få mer kunskap tänker vi starta ett projekt på västra Grönland i samarbete med vår finska systerorganisation Posiva. Bergarterna där påminner mycket om dem i Forsmark och Laxemar.

Vi kommer också att studera bland annat hur ett varmare klimat påverkar havsytans nivå samt hur permafrost breder ut sig och hur djupt den går.

Bränsle

Om kapseln blir otät och grundvattnet tränger in i den kommer radioaktiva ämnen långsamt att frigöras från bränslet. Upplösningen av bränslet är därför en viktig process i säkerhetsanalysen. I SR-Can utreddes ett scenario där smältvatten från en inlandsis tog sig ner till förvarsdjup och eroderade en del av bufferten. Vattenflödena visade sig bli högre än de vi hittills räknat med.

Nya omständigheter

Detta är en något annorlunda situation än den som hittills legat till grund för experiment och utvärderingar. Vi måste nu titta mer på hur bränslet löses upp vid sådana förhållanden som råder inuti kapseln under dessa omständigheter. Hur påverkas upplösningshastigheten till exempel av närvaron av korroderande järn eller av sådana reducerande (syreförbrukande) ämnen som finns i djupa grundvatten?

I och med att kraftföretagen har meddelat att de vill öka medelutbränningsgraden krävs också ytterligare beräkningar i form av exempelvis vilka radioaktiva ämnen det använda bränslet innehåller och vilken kemisk form dessa har. Vi behöver också undersöka vad den ökade utbränningsgraden



*Nyttillverkat
kärnbränsle.*

betyder när det gäller resteffekt och kriticitet. Nya lagningsförsök måste också göras för att vi ska få en uppfattning om i vilken takt bränsleupplösningen sker. I stort sett samma saker måste även göras inför den användning av mox-bränsle (mixed oxide fuel) som planeras i reaktorena.

Samfällning saktar ned

Ett tredje område som vi vill uppmärksamma är så kallad samfällning av radium med bariumsulfat. Radium bildas när uran faller sönder. På mycket lång sikt är ämnet betydelsefullt för slutförvarets säkerhet. Hitills har vi räknat med att radium frigörs från bränslet i en viss takt och oberoende av andra ämnen. Men radium verkar inte frigöras ensamt, utan faller i stället ut tillsammans med bariumsulfat. Om så är fallet skulle detta innebära en betydligt långsammare frigörelsetakt än den vi tidigare räknat med. Under den kommande Fud-perioden ska vi därför göra en studie av vad som skrivits i den vetenskapliga litteraturen om fenomenet. Eventuellt kommer vi också att göra egna experiment.

Kapseln som barriär

Kapseln är den viktigaste barriären för att isolera det använda kärnbränslet från omgivningen. Den består av en inre behållare av segjärn (ett slags gjutjärn) och ett yttre hölje av koppar. Under normala förhållanden kommer kapseln att vara tät under mycket långa tidsperioder.

Det som kan hota kapseln nere i slutförvaret är korrosion eller att den bryts sönder av de mekaniska krafter som uppstår till följd av rörelser i berget vid exempelvis en jordbävning. Under en istid kan istäcket bli upp till tre kilometer tjockt. Kapseln ska också klara den extra last som detta innebär.

Olika typer av korrosion

Koppar är mycket motståndskraftigt mot korrosion och har också den egenskapen att den påverkar de övriga barriärerna i förvaret mycket lite. Under många år har vi bedrivit en intensiv forskning om olika typer av korrosion genom försök både i laboratorium och i falt. Beroende på korrosionsangreppets karaktär skiljer man mellan olika typer av korrosion. Förutom utvändigt korrosion (som orsakas av sulfid- och kloridjoner) har vi också studerat galvanisk korrosion och spänningskorrosion.

Sprödare av strålning?

Den höga stråldos som segjärnsinsatsen utsätts för skulle kunna leda till att materialet blir sprödare. Konsekvenserna av detta kommer att utredas vidare under den kommande Fud-perioden.

Insatsen av segjärn ger kapseln dess styrka. Vi testar segjärnets mekaniska egenskaper genom att bland annat ta ut provstavar ur insatsen. Provstavarnas hållfasthet då de utsätts för drag- och tryckkrafter undersöks, liksom de brottytor som bildas när stavarna går sönder.



Mycket av utvecklingen för att tillverka, prova och försluta kapseln sker på Kapsellaboratoriet i Oskarshamn.

Baserad på sannolikhet

Undersökningarna ger upphov till en stor mängd data som används för att beräkna sannolikheten för att insatsen inte ska hålla, samt hur stora defekterna i materialet högst får vara. Metoden kallas för probabilistisk (sannolikhetsbaserad) analys.

Vi undersöker också kapselns förmåga att stå emot skjuvrörelser (snebelastningar) med hjälp av probabilistiska analyser.

Buffert

Bufferten har till uppgift att skydda kapslarna från små rörelser i berggrunden. Men den ska även fungera som ett filter och fånga upp de radioaktiva ämnen som kan komma ut ur en otät kapsel.

Sekel till mättnad

När kapslarna har deponerats återfylls och pluggas förvarstunnlarna och vatten börjar tränga tillbaka in i tunnlarna, varvid bufferten tar upp vatten, sväller och tätar alla håligheter. Mättnadsförloppet kan ta hundratals år och är ett komplicerat samspel mellan termiska, hydrauliska och mekaniska processer.

Vi vet inte hur processerna påverkar varandra under mättnadsfasen. Det är heller inte nödvändigt för att kunna göra en säkerhetsanalys. Däremot är det viktigt att kunna förutsäga och förstå buffertens egenskaper när den väl har blivit vattenmättad, eftersom detta är utgångspunkten för beräkningen av den långsiktiga säkerheten.

Mättad buffert bättre känd

När bufferten är mättad är den lättare att beskriva. Den förändras betydligt långsammare än en omättad och kopplingarna mellan olika processer är bättre kända. Men det finns fortfarande en rad processer som vi inte vet tillräckligt om och därför kommer att lägga stora resurser på under nästa Fud-period.

Framför allt måste vi veta mera om erosion. I samband med en istid kan stora flöden av smältvatten tränga ner i marken och erodera bort buffertmaterial under mycket långa tidsperioder.

Vi vet inte om vattnet fortfarande innehåller syre när det når förvarsnivån eller om syret har förbrukats på vägen. Om det finns syre kvar skulle detta kunna leda till att kapslarna korroderar snabbare än i en helt syrefri miljö.

Om strömmande grundvatten eroderar bufferten runt kapslarna skulle det också kunna bildas kolloider. Kolloider är partiklar som är så små att de kan hålla sig svävande i en lösning utan att sedimentera. Dessa skulle sedan kunna binda radioaktiva ämnen som kommit ut ur en otät kapsel och föra upp dem till ytan. Bildningen av kolloider måste också studeras närmare inför nästa säkerhetsanalys.



Spalten mellan bufferten och deponeringshålets vägg fylls med pelletter.

Släpper bufferten igenom gas?

Gastransport genom bufferten är ett annat område där det krävs ytterligare arbete. När en kapsel slutligen korroderar sönder efter någon eller några miljoner år kommer vatten att tränga in i den. Järnet i insatsen rostar och det bildas vätgas, som ansamlas i tomvolymen inuti kapseln. Trycket inuti kapseln byggs upp mycket långsamt allt eftersom insatsen rostar.

Gasen kan inte strömma ut ur kapseln så lätt, eftersom bentonitleran i den omgivande bufferten är mycket tät. Detta kan i sin tur leda till att trycket inuti kapseln stiger. Laboratorieförsök visar att det då bildas transportvägar i bufferten som släpper ut övertrycket, men detta behöver bekräftas med försök i full skala. I Äspölaboratoriet pågår Lasgit-försöket, där vi låter gas strömma genom bufferten under realistiska förhållanden. Resultaten kommer att användas i SR-Site.

Återfyllning

Återfyllningen är ingen barriär i sig i KBS-3-konceptet. Dess huvudsakliga uppgift i ett slutförvar är att undvika vattenströmning genom deponeringstunnlarna. Den ska även hindra bentonitbufferten från att svälla upp ur deponeringshålen och kunna stå emot kemisk omvandling under lång tid för att behålla sin funktion. Materialet ska även ha en sådan kemisk sammansättning att det inte påverkar bufferten och kopparkapseln.

Svällning viktig

Återfyllningsmaterialets långsiktiga utveckling styrs av i stort sett samma processer som buffertens. Den relativa omfattningen och betydelsen kan dock skilja sig åt. Svällning är en viktig process även för återfyllningen. Arbetet med SR-Can visade att förtryckta block och pelletar av svällande lera fungerar bäst i deponeringstunnlarna. För övriga tunnlar och utrymmen är inte kraven lika höga. De kan återfyllas med en blandning av bentonitlera och krossat berg. Olika kombinationer av materialsammansättning och installationsmetoder för återfyllningen utreds inom ett särskilt projekt, Baclo.

I och med att svällningen är en sådan viktig process blir också de processer som påverkar svällningen viktiga, till exempel erosion och frysning. Under nästa Fud-period kommer vi därför även att ytterligare undersöka dessa processer. Erosionsförsöken kommer att äga rum i Bentonitlaboratoriet och genomföras inom ramen för Bacloprojektet.

Kan frysa nära ytan

Under en istid kan permafrosten gå så djupt att det inte är uteslutet att återfyllningen fryser i de tunnlar och schakt som ligger närmare ytan. På förvarsnivån fryser den däremot inte. Inför nästa säkerhetsanalys måste vi undersöka närmare när frysning inträffar och vilka konsekvenser det får. Vi kommer att göra både teoretiska studier och laboratorieexperiment.



Området mellan återfyllningen och tunnelns tak måste på något sätt tätas med betontitlra.

Geosfär

Bergets uppgift i förvarssystemet är att isolera avfallet. Det ska dessutom ge kapseln och bufferten en stabil kemisk miljö och skydda dem från sådant som händer på markytan.

Berget är uppbyggt av kristaller och mineral. Under årsmiljonernas lopp har berggrunden utsatts för stora påfrestningar i både vertikal- och horisontalled.

Till följd av dessa påfrestningar har det bildats ett mönster i berget av bergarter, deformationszoner och spricksystem. Spricksystemens egenskaper beror både på bergarten och vilka krafter berget har varit utsatt för. Om berget belastas ytterligare, till exempel vid en nedisning, kommer bergrörelserna i första hand att ske i de sprickor som redan finns. Sprickzonerna fungerar alltså som ett slags stötdämpare.

Stort avstånd ger mindre risk

Efter den senaste istiden inträffade ett antal stora jordbävningar när istäcket smälte bort och landet höjde sig. Sådana jordbävningar kan ge upphov till förskjutningar i sprickor. Storleken på förskjutningarna beror på hur långa sprickorna är och hur långt från skalvets centrum de ligger. Säkerhetsanalysen prövar vad sådana rörelser betyder för säkerheten i slutförvaret.

Genom att placera in förvaret på tillräckligt långt avstånd från stora sprickzoner kan vi minimera risken för att kapslarna med det använda bränslet ska skadas. Under den kommande Fud-perioden fortsätter arbetet med att utveckla och analysera modeller för att beräkna hur spänningarna i jordskorpan förändras under en glaciationscykel.

Värme kan ge mikrosprickor

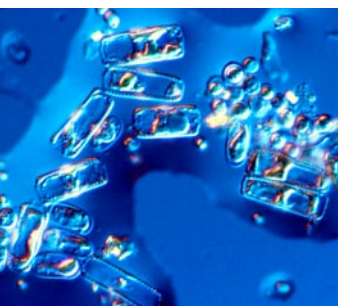
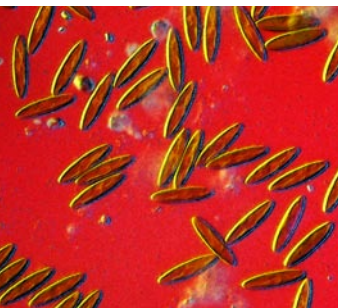
Vi undersöker också sprickor i den mindre skalan. Det använda bränslet alstrar värme som tas upp av berget. Om värmeutvecklingen är för stor samtidigt som bergspänningarna är höga kan det uppstå mikrosprickor i deponeringshållens väggar. Vi har studerat detta fenomen i Apse-försöket i Äspölaboratoriet. Förkortningen Apse står för Äspö Pillar Stability Experiment. Under den kommande perioden går vi vidare och studerar även vad som händer i Prototypförvarets deponeringshåll med en metod som liknar den som användes vid utvärderingen av Apse-försöket.



Ny beräkningskod

Bergets förmåga att fördröja och sprida de radioaktiva ämnena, som skulle kunna komma ut ur en otät kapsel, har en fysikalisk och en kemisk del. Den fysikaliska delen har att göra med grundvattnets rörelser och den kemiska delen med bergets, grundvattnets och de radioaktiva ämnenas kemiska egenskaper. I säkerhetsanalysen är beräkningarna av transporten av radionuklider grundläggande. Den nya beräkningskoden Marfa kommer att vara till stor hjälp i nästa säkerhetsanalys. Vi kommer då att kunna beräkna hur transportegenskaperna i berget varierar när vattenströmningen i berget förändras på grund av klimatvariationer. Även utvecklingen av de beprövade beräkningsmodellerna fortsätter.

För att bygga slutförvaret för använt kärnbränsle måste vi känna till bergets mönster av bergarter och sprickor.



Studierna av livet i underjorden kommer att fortsätta.

Modeller av mikrobers liv

Vattnets kemiska sammansättning påverkas av de mikrober som kan leva nere i berget. Mikrober kan påverka slutförvaret både positivt och negativt. Positivt är att många arter förbrukar syre. Negativt är att vissa arter kan producera sulfid, som i sin tur kan leda till att kapslarna korroderar. Teoretiskt skulle också mikrober kunna binda radioaktiva ämnen och sedan med grundvattnets hjälp transportera upp dem till ytan.

Vi har under många år undersökt under vilka omständigheter mikrober överlever i en miljö som liknar slutförvarets. Dessa studier kommer att fortsätta. Bland annat kommer vi att modellera mikrobiella processer med utgångspunkt från resultaten från platsundersökningarna i Sverige och Finland samt från experiment i Äspölaboratoriet.

Biosfär

Platsundersökningarna i Forsmark och Laxemar har resulterat i två av de mest ingående beskrivningarna av ekosystemen som någonsin gjorts i Sverige. Ekosystemen är den del av jorden där växter och djur lever. Beskrivningarna av platserna är unika genom sitt integrerade synsätt, där så skilda discipliner som hydrologi, oceanografi, geologi, kemi och ekologi är representerade.

Flöden i tid och rum

För att kunna beräkna hur stor dos ett utsläpp av radioaktiva ämnen leder till behövs beräkningsmodeller, som behandlar flödet av radioaktiva ämnen i alla ekosystem och som tar hänsyn till hur landskapet förändras i tid och rum.

Med organiskt bundet kol som gemensam valuta har SKB lyckats upprätta en budget över hur radioaktiva ämnen rör sig i olika naturtyper och vilka konsekvenser i form av stråldos det får för människa och miljö. Organiskt bundet kol ingår i näringskedjorna. Det fungerar också som en indikator på hur mycket radioaktiva ämnen som kan förflyttas i näringsvävarna.

Utgångspunkten har varit att beskriva ekosystemens olika funktioner genom att länka samman ämnesspecifika beräkningsmodeller. Den resulterande platsmodellen beskriver hur material uppehåller sig i och rör sig mellan olika ekosystem.

Mest i grunda vikar

Flödet av vatten vid ytan och i övergången mellan berg och markyta avgör tillsammans med övriga transportprocesser vilka ekosystem och organismer som kommer att utsättas för strålningsdoser.

De största ansamlingarna av radioaktiva ämnen kommer till exempel att finnas i grunda havsbassänger. Detta är områden som kan bli aktuella för jordbruksproduktion när landhöjningen efter en nedisning gör att de blir torrlagda.

Inför säkerhetsanalysen SR-Site kommer arbetet med att förbättra beräkningsprogrammen och modellerna att fortsätta. Vi ska ytterligare undersöka hur klimat, landhöjning och salthalt varierar på lång sikt och hur variationerna påverkar biosfären. Bland annat planerar vi att beskriva hur biosfären ser ut på de båda platserna när permafrost råder.



Undersökningar av livet i havet.



*Upparbetningsanläggning
i la Hague i Frankrike.*

Andra metoder

SKB följer utvecklingen inom områden som kan påverka den framtida behandlingen och slutförvaringen av det använda kärnbränslet. Insatserna rör främst transmutation och separation samt deponering i djupa borrhål.

Transmutation innebär att långlivade radioaktiva ämnen omvandlas till kortlivade. För att genomföra en sådan omvandling krävs att de långlivade ämnena i bränslet kan skiljas från de kortlivade och stabila. I praktiken innebär detta att bränslet först upparbetas och sedan genomgår en avancerad separationsprocess. Processen ger upphov till långlivat avfall som ändå behöver slutförvaras i ett geologiskt förvar.

Transmutation är i dag ingen realistisk möjlighet. För att den ska kunna fungera i industriell skala krävs stora insatser av både tid och pengar, något som bara stora länder eller EU orkar med.

Transmutation i snabba reaktorer

Forskningsinsatserna inriktar sig på en rad olika varianter av transmutationstekniken. För närvarande tycks intresset främst kringta den fjärde generationens reaktorer. Bland dessa ingår snabba reaktorer som också kan åstadkomma transmutation. När det gäller separation är det främst så kallade våta metoder som SKB bevakar.

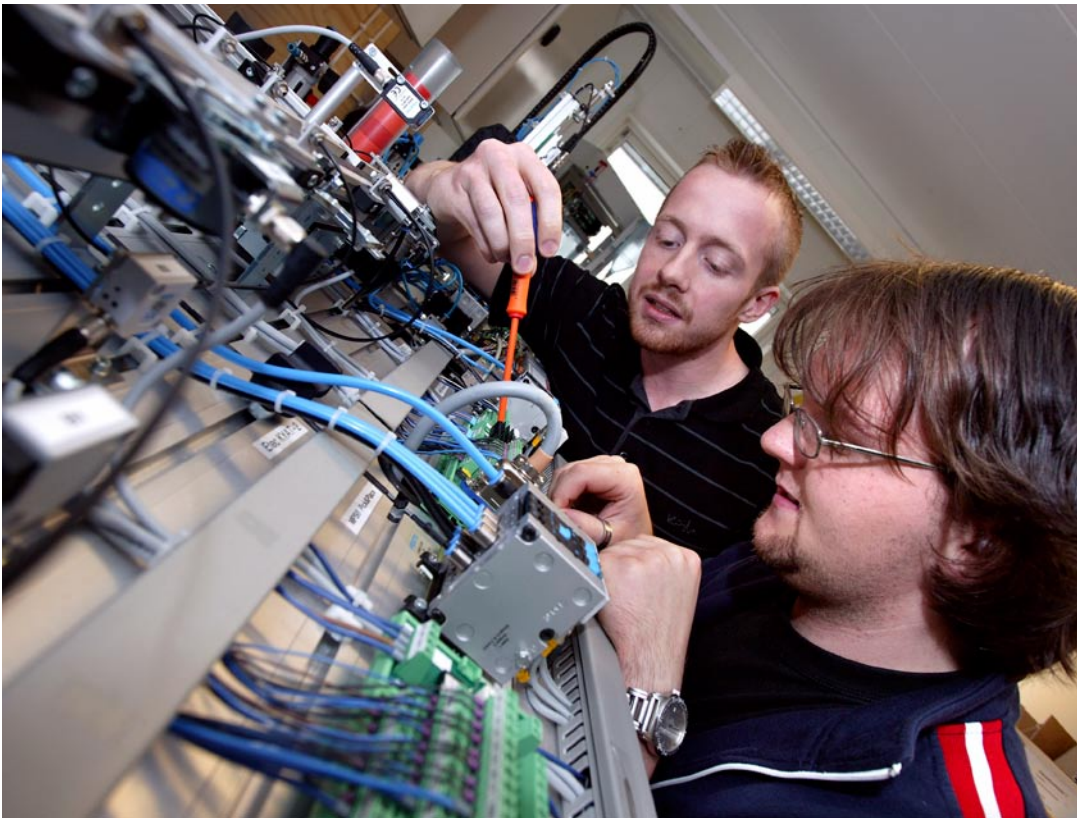
Deponering i djupa borrhål innebär att metallkapslar med det använda bränslet staplas på varandra i borrhål på flera kilometers djup. Till skillnad från andra metoder för att deponera använt kärnbränsle i urberg, baserar sig säkerheten vid förvaring i djupa borrhål i första hand på bergets förmåga att fördröja transporten. Kapselns livslängd har inte så stor betydelse för säkerheten.

Djupa borrhål inte säkrare

Möjligheten att deponera använt kärnbränsle i djupa borrhål utreddes av SKB redan på 1990-talet. Ytterligare utredningar har gjorts sedan dess – både av SKB och andra kärnavfallsorganisationer – utan att man egentligen funnit något som talar för att slutförvaring i djupa borrhål skulle öka säkerheten eller ge några andra uppenbara fördelar. Vi fortsätter att bevaka utvecklingen av såväl kunskapen om berget som tekniken för att borra och deponera på flera kilometers djup och gör en förnyad jämförelse mellan KBS-3-metoden och deponering i djupa borrhål. Däremot kommer vi inte att starta något särskilt forskningsprogram.

Samhällsvetenskaplig forskning

Att fatta beslut som får konsekvenser tiotusentals år in i framtiden är svindlande. Sådana tidsperspektiv ställer mycket höga krav på det folkliga engagemanget. SKB:s samhällsvetenskapliga forskningsprogram ökar kunskapen om beslutsprocessen för ett slutförvar för använt kärnbränsle samt om hur förvaret sedan påverkar samhället.



Vad betyder ett slutförvar för använt kärnbränsle för jobben och kommunens framtid?

Vi eller de? Nu eller sedan?

För att bygga inkapslingsanläggningen och slutförvaret behöver SKB ha samhällets och de enskilda människornas stöd. Vi tänker bara bygga anläggningarna på platser som är säkra och där människorna accepterar dem. Kommunerna har makt att fatta beslut om att avbryta samarbetet när som helst. Frivilligheten är emellertid inte kravlös. Tvärtom. Den ställer stora krav på den enskilde kommuninvånaren, på beslutsfattarna, på medierna och på kritikerna. Alla måste skaffa sig kunskap i en svår fråga för att kunna ta ställning.

Det är de generationer som har förbrukat el från kärnkraftverken som också bör ta hand om kärnavfallet.



Två enkla frågor

Som lekman har man kanske svårt att ha en åsikt i tekniska frågor som till exempel hur tjock en kopparkapsel ska vara. Men det finns flera saker som man kan ta ställning till, sådant som har att göra med ens egna värderingar och uppfattningar om vad som är rätt eller fel. I grunden handlar det om två enkla frågor: Vi eller de? Nu eller sedan? Ska vi i Sverige ta hand om vårt eget kärnavfall eller ska människor i ett annat land göra det åt oss? Ska vi strunta i att engagera oss nu, men ställa krav på dem som lever om 100 år att fatta beslut åt oss?

För att kunna ge beslutsfattare på olika nivåer ett breddat underlag om kärnavfallsfrågan ur ett samhällsperspektiv, bedriver och finansierar SKB forskning inom det samhällsvetenskapliga området. Vi koncentrerar våra insatser till fyra områden:

- Socioekonomisk påverkan – samhällsekonomiska effekter.
- Beslutsprocesser.
- Opinion och attityder – psykosociala effekter.
- Omvärldsförändringar.

Årliga presentationer

Programmet startade 2004. En särskild beredningsgrupp har till uppgift att se till att de projekt som ingår har tillräcklig hög vetenskaplig kvalitet. Gruppen består av forskare inom olika grenar av samhälls- och beteendevetenskaperna.

Varje år håller vi seminarier där forskarna presenterar sina projekt. Resultatet av forskningen presenteras också utförligt i populärvetenskaplig form i en särskild årsbok. Där kan den intresserade läsaren hitta mer information om de olika projekten. Nedan finns en kort sammanfattning av aktiviteterna inom respektive forskningsområde.

Socioekonomisk påverkan – samhällsekonomiska effekter

Socioekonomisk påverkan omfattar både snävt ekonomiska aspekter (till exempel sysselsättning och industrietablering) och samhällsekonomiska effekter. Den forskning som SKB



stöder ska öka kunskapen om hur ekonomin och befolkningsammansättningen på en ort påverkas av att en ny och stor anläggning etableras. Kunskapen kan bidra till att vi bättre kan förutsäga hur slutförvaret kan komma att påverka ekonomin och befolkningsutvecklingen på den plats som till slut väljs. Två studier har genomförts inom området.

Lokal utveckling och regional mobilisering kring tekniska och storskaliga projekt studerar befolkningsutveckling och näringsstruktur i två kärnkraftskommuner och några referenskommuner under en period av 50 år. Resultaten jämförs sedan med andra industrikommuner i Sverige.

Projektet *Långsiktiga socioekonomiska effekter på små och medelstora orter* ställer frågan om vilka lokala spridningseffekter ett slutförvar för använt kärnbränsle kan få.

Beslutsprocesser

Lokalisering av ett slutförvar för använt kärnbränsle har kopplingar till både lokal samhällsplanering, nationell energipolitik och internationellt arbete. Genom att ta fasta på politiska frågor av denna speciella karaktär är syftet att lägga grunden för en generell kunskap om beslutsprocesser kring komplexa frågor. Denna kunskap kan i sin tur lämna bidrag när samråd, utredningar och planeringsinsatser ska genomföras och när beslut ska fattas.

Projektet *Allmänhet, expertis och deliberation* avslutades hösten 2006 och handlar om expertens roll vid exempelvis samråd. Vilken relation har de aktörer som deltar vid samråden till experter av olika slag?

Jämförande studier av ett antal länder i projektet *Resurs eller avfall – internationella beslutsprocesser kring använt kärnbränsle* belyser hur olika förhållanden i ett land påverkar politiska beslutsprocesser och förändringsprocesser. De länder som studeras är Finland, Tyskland, Japan och Ryssland.

I slutet av 2007 startar projektet *Bilden av platsen – riskuppfattning och beslutslegitimitet*. Studien handlar om hur beslutsprocessen som helhet uppfattas på framför allt kommunal och regional nivå.



Demokrati är viktigt.
Gör din stämma hörd!

Opinion och attityder – psykosociala effekter

Syftet med forskningsområdet är att studera hur opinioner och attityder uppkommer och förändras. Denna kunskap bidrar till att förstå hur olika aktörer fattar beslut. Opinioner och attityder är inte bara en spegling av beslutsfattande, faktiska händelser och kommunicerade budskap. Individuella egenskaper och verklighetsuppfattningar spelar också roll. Djupt liggande värderingar och normer, identifikation, upplevda rädslor och oro för risker samt egenintresse är några exempel på faktorer som också har betydelse för opinionsbildning och attityder.



Morgondagens beslutsfattare.

Vill du veta mer?

De olika forskningsprojekten presenteras utförligt i samhällsforskningsprogrammets årsböcker. De har titeln *Samhällsforskning 2005* osv. Du kan beställa dem från vår webbplats www.skb.se. Gå in under *Publikationer* och vidare till *Informationsmaterial*.

Du är också välkommen att kontakta vår forskningshandläggare Kristina Vikström, kristina.vikstrom@skb.se eller telefon 08-459 84 00 (vx).

Det är därför också betydelsefullt att belysa ”symboliken” kring slutförvaret och dess verksamhet. Tre projekt avrapporterades hösten 2006:

- *Identitet och trygghet i tid och rum – kulturteoretiska perspektiv på kärnavfallsfrågan* studerade de underliggande tankestrukturer som rör begreppen tid och rum i den pågående diskussionen om ett slutförvar i Östhammar och Oskarshamn.
- *Opinion och attityder till ett förvar för använt kärnbränsle* visar att opinionen för ett slutförvar i den egna kommunen är betydligt mer positiv i kärnkraftskommunerna Östhammar och Oskarshamn än i kontrollkommunen Finspång. Män är generellt mer positivt inställda än kvinnor.
- *Kärnavfallet – från energireserv till kvittblivningsproblem* skildrar hur värderingsmönstret förskjutits när det gäller hanteringen av det använda kärnbränslet. På 1950-talet såg man till exempel kärnavfallet som en resurs, medan motståndet var utbrett på 1970-talet.

Vid granskningen av Fud-program 2004 ville Oskarshamns kommun också ha en undersökning om hur massmedier behandlar kärnavfallsfrågan. Ett sådant projekt – *Som natt och dag trots samma kärnas ursprung* – tar upp likheter och olikheter vid mediebevakningen på riks- och lokalplanet från inledningen av platsundersökningarna fram till i dag.

Ett nytt projekt – *Ungdomars syn på demokrati och teknikfrågor* – inleddes hösten 2006. Syftet är att studera attitydskillnader mellan könen och hur de hänger ihop med åldern.

Omvärldsförändringar

Att etablera slutförvaret är en fråga som tydligt hänger samman med förändringar i vår omvärld. Forskning inom området kan öka kunskapen om vilka omvärldsfaktorer och omvärldsförändringar som är viktiga. Denna kunskap kan vara värdefull när man planerar, utreder, samråder och fattar beslut inför och efter tillståndsansökningarna. Kunskapen kan också vara viktig för den framtida driften av slutförvaret. En Orts ekonomiska situation och utveckling beror på en mängd olika omständigheter i omvärlden. Hur ser den framtida svenska stat ut som ska ta ansvaret för slutförvaret? Lagstiftning,

reglering och finansiering liksom landets ekonomiska situation påverkar. En annan viktig omvärldsförändring är Sveriges deltagande i utvecklingen av det europeiska politiska och ekonomiska samarbetet.

Ett centralt projekt inom området är studien *Nationell kärnavfallspolitik i en europeisk union*, där slutrapporten kom våren 2007.

Vi har också startat en rad nya projekt. Bland dessa kan nämnas:

- *Mot aktivism eller ointresse?* – om svenska ungdomars syn på demokrati och teknik.
- *Etisk argumentation i kärnavfallsfrågan* – om att formulera de etiska frågor och problem som är aktuella i kärnavfallsfrågan.
- *Ansvarstagande i kärnbränslecykelns slutsteg* – om att identifiera hur nu gällande lagstiftning reglerar olika aktörers ansvarstagande i kärnbränslecykelns slutsteg.



*Vi eller de?
Nu eller sedan?*



Aktivism eller ointresse? Du bestämmer själv.

Loma-programmet och rivningen

Slutförvaret för radioaktivt driftavfall har varit i drift sedan 1988. Nu måste anläggningen byggas ut och få nytt tillstånd för att även kunna rymma rivningsavfall. Närmast på dagordningen står också att inrätta ett nytt mellanlager för hårdkomponenter. Senare behövs också ett slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall.



Från bygget av SFR.

Planer för Loma-programmet

Programmet för att ta hand om låg- och medelaktivt avfall, Loma-programmet, omfattar låg- och medelaktivt avfall från de svenska kärnkraftverken. Dessutom tillkommer liknande avfall från Studsvik och andra kärntekniska anläggningar. Även det avfall som uppstår den dag kärnkraftverken rivs ingår. Det driftavfall som är så lågaktivt att kraftverksägarna väljer att deponera det i sina egna markförvar omfattas däremot inte.

Närmast på dagordningen står att göra en uppdaterad säkerhetsredovisning för den befintliga delen av slutförvaret för radioaktivt driftavfall (SFR). Redovisningen omfattar såväl säkerhet under drift som långsiktig säkerhet och kommer att lämnas in under 2008.



SFR från ovan.

Torr lagring av härdkomponenter

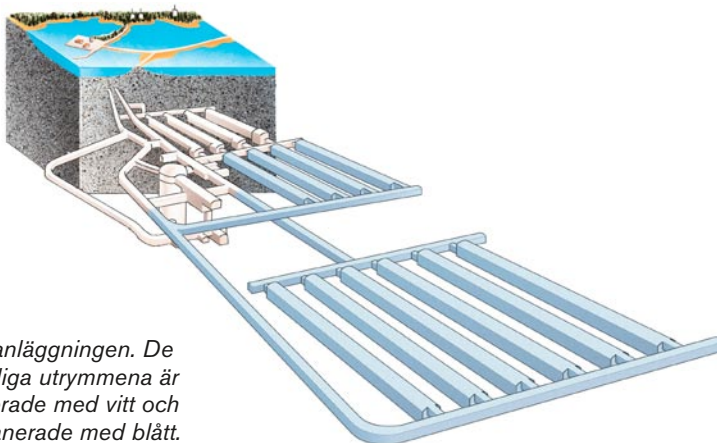
I dag mellanlagras härdkomponenter i bassängerna i Clab. Eftersom härdkomponenterna egentligen bara behöver strålskärmas och inte kylas är detta en dyr lagringsmetod, som dessutom är utrymmeskrävande.

I stället planerar vi att mellanlagra härdkomponenterna under torra förhållanden i BFA (Bergrum för avfall) i Simpevarp vid Oskarshamns kärnkraftverk. OKG innehar drifttillståndet för BFA, men SKB har utnyttjanderätt till en del av utrymmet enligt avtal. Anläggningen håller för närvarande på att omlicensieras så att det blir tillåtet att även lagra härdkomponenter där.

För att vi ska kunna använda BFA krävs att vi tar fram en ny typ av transportbehållare. Behållaren har beteckningen ABT-1 och måste licensieras innan vi kan börja använda den. Licensieringen av transportbehållaren är tidsstyrande för planeringen av mellanlagringen i BFA.

Kortlivat låg- och medelaktivt avfall

Den dag kärnkraftverken rivs uppstår stora mängder rivningsavfall. I dag kan vi inte ta hand om denna avfallstyp. Skälen till detta är två. Dels har vi inte tillstånd att deponera rivningsavfall i SFR, dels räcker inte utrymmena till. Vi kommer därför att bygga ut SFR efter att ha licensierat om hela anläggningen för att både kunna ta emot driftavfall och rivningsavfall. På så sätt kan vi bättre utnyttja lagringsutrymmet.



SFR-anläggningen. De befintliga utrymmena är markerade med vitt och de planerade med blått.



Interiör från SFR.

Planeringen för utbyggnaden av SFR startade 2007. Under 2008 kommer vi att påbörja platsundersökningar i de angränsande bergvolymerna. Enligt planerna ska ansökan för utbyggnaden och omlicensieringen lämnas in 2013. I ansökan kommer en preliminär säkerhetsrapport och en säkerhetsanalys av den långsiktiga säkerheten att ingå.

Utbyggnaden kommer att ske i två etapper. Enligt planerna ska den första etappen stå klar år 2020 och bestå av en bergsäl för medelaktivt avfall och ett antal bergsalar för lågaktivt avfall. I dessa ska främst det avfall som uppstår vid rivningen av Barsebäcksverkets två reaktor lagras. Här ska också avfallet som uppstår vid rivningen av R2-reaktorn på Studsvik och vid en eventuell rivning av Ågestareaktorn slutförvaras. Etapp 2 av utbyggnaden ska rymma rivningsavfall från Ringshals, Forsmarks och Oskarshamns kärnkraftverk. Tidsplanen för denna är ännu inte fastställd.

Långlivat låg- och medelaktivt avfall

Långlivat låg- och medelaktivt avfall består av delar som har utsatts för kraftig neutronbestrålning, till exempel hårdkomponenter och delar av reaktorerna. Volymen avfall är än så länge liten, men kommer att öka i samband med att reaktorerna byggs om och senare även i samband med att kärnkraftverken rivs.

Planeringen för att bygga ett slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall (SFL) kommer att starta 2013, så snart ansökan för att få bygga ut SFR har lämnats in.

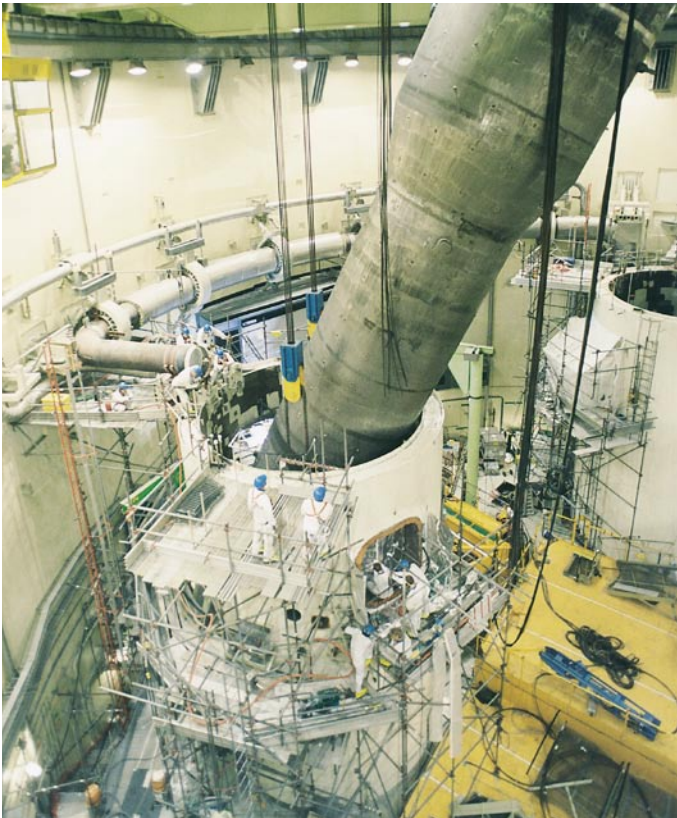
SFL är den sista anläggningen som byggs inom Loma-programmet. Vi har tidigare gjort en analys av ett förvar som liknar SFR till utformningen, men som ligger på större djup. En rad frågor återstår emellertid att lösa, till exempel förvarsdjup och val av konstruktionsmaterial. Vi räknar med att kunna påbörja en ny bedömning av den långsiktiga säkerheten 2014.

SKB:s mål är att i Fud-program 2010 redogöra närmare för hur anläggningen ska projekteras. Redovisningen kommer bland annat att innehålla en strategi för att välja en lämplig plats, samt studier av vilka dimensioner förvaret bör ha.

Rivning

SKB kommer att få en stor roll i arbetet med att riva de svenska kärnkraftverken. Den som har tillståndet för anläggningen har visserligen huvudansvaret för att planera och söka tillstånd för rivningen, liksom för det praktiska arbetet med att riva själva anläggningarna, men det är SKB som ska ta hand om det radioaktiva avfall som uppkommer.

Det radioaktiva avfallet som uppkommer vid rivningen av ett kärnkraftverk utgör en liten del (cirka 5 procent) av den totala mängden rivningsavfall från anläggningen. Resten är inte radioaktivt och kan friklassas, antingen direkt eller efter rengöring. Det friklassade avfallet består mestadels av vanligt byggavfall och kan tas om hand inom den konventionella avfallshanteringen.



Byte av reaktortank på Ringhals kärnkraftverk. Underhållsarbetet ger viktiga erfarenheter inför rivningen.

När flera reaktorer i ett land är nästan lika gamla måste hänsyn tas till att rivningspersonal och rivningsutrustning ska räcka till alla. Detta kräver planering på nationell nivå och kan leda till att rivningen sker under en ganska lång tidsperiod.

En arbetsgrupp med representanter från SKB och tillståndshavarna har sedan början av 2000-talet arbetat med att ta fram strategier för att avveckla och riva kärnkraftverken. Huvudstrategin är att riva en anläggning så snart den ställts av för gott, dvs först när alla reaktorer på ett kärnkraftverk är stängda. På så sätt undviker man en lång period av så kallad servicedrift. Rivningen av Barsebäck måste dock vänta tills utbyggnaden av SFR är klar.

Arbetsgruppen har också tagit fram rivningsstudier för att ge ett säkrare underlag för att bedöma avfallsvolymer, aktivitetsmängder och avvecklingskostnader för respektive kärnkraftverk. Oskarshamn 3 har varit referensanläggning för kokvattenreaktorer. Under den kommande Fud-perioden går arbetet vidare med ytterligare studier. För de anläggningar som har tryckvattenreaktorer kommer en uppdatering av den befintliga studien av Ringhals 2 att utgöra grunden.

Vi räknar med att rivningen tar ungefär fem år. Det innebär att marken kan vara friklassad för annan användning cirka sju år efter avställning. Kraftverkens gemensamma mål är att marken bör utnyttjas för andra former av energiproduktion. På så sätt kan man utnyttja den befintliga infrastrukturen av kraftledningar, kylvattenkanaler etc.



Reaktorhallen på Barsebäck.



Svensk Kärnbränslehantering AB

Box 250, 101 24 Stockholm

Telefon 08-459 84 00 www.skb.se