

Komplettering av Fud-program 2007

Loma-programmet och alternativa slutförvaringsmetoder

Svensk Kärnbränslehantering AB

Mars 2009

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co

Box 250, SE-101 24 Stockholm
Phone +46 8 459 84 00



Komplettering av Fud-program 2007

Loma-programmet och alternativa slutförvaringsmetoder

Svensk Kärnbränslehantering AB

Mars 2009

Förord

Lagen om kärnteknisk verksamhet (SFS 1984:3) föreskriver i 12 § att ett program ska upprättas för den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamhet och övriga åtgärder som behövs för att på ett säkert sätt hantera och slutförvara det radioaktiva avfallet med mera från kärnkraftverken samt på ett säkert sätt avveckla och riva anläggningar i vilka verksamheten inte längre ska bedrivas. Programmet ska vart tredje år insändas till regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer för att granskas och utvärderas. Skyldigheten åligger primärt ägarna till kärnkraftverken. Dessa har uppdragit åt SKB att utarbeta det föreskrivna programmet.

I september 2007 inlämnades Fud-program 2007 till Statens Kärnkraftinspektion, SKI. Efter en bred remiss, analys och rekommendationer från SKI och Kärnavfallsrådet behandlade och accepterade regeringen programmet i november 2008. Dock ställde regeringen i sitt beslut krav på vissa kompletteringar och förtydliganden av programmet.

Föreliggande rapport innehåller den kompletterande redovisningen. Rapportens första del behandlar programmet för låg- och medelaktivt avfall, vilket utgör huvuddelen av det efterfrågade materialet. Den begärda redovisningen om alternativa slutförvaringsmetoder utgör rapportens andra del. Framställningen i denna rapport bygger på SKB:s Fud-program 2007, där bakgrunden för den här lämnade informationen redovisas.

Stockholm i mars 2009
Svensk Kärnbränslehantering AB



Claes Thegerström
Verkställande direktör

Sammanfattning

Bakgrund

I Fud-program 2007 redovisar SKB sin och därmed berörd kraftindustris planering för forskning, utveckling och demonstration (Fud) under perioden 2008–2013. Planerna för den första treårsperioden är av naturliga skäl mer detaljerade än för den senare. SKB:s verksamhet är indelad i två huvudområden – Kärnbränsleprogrammet och Loma-programmet (programmet för låg- och medelaktivt avfall).

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

Nästa stora mål för SKB är att om drygt ett år lämna in en ansökan enligt kärntekniklagen (KTL) för slutförvarsanläggningen för använt kärnbränsle och en ansökan enligt miljöbalken (MB) för slutförvarssystemet. Många av de insatser som beskrivs i Fud-programmet görs för att få fram tekniskt underlag för dessa ansökningar. Fud-program 2007 fokuserar därför främst på de insatser inom kärnbränsleprogrammet som planeras. Där anges också att Fud-program 2010 kommer att inriktas på Loma-programmet, det vill säga på hanteringen av låg- och medelaktivt avfall samt rivning.

Den i Fud-program 2007 redovisade inriktningen har i allt väsentligt accepterats av myndigheter och regering. Statens kärnkraftinspektion, SKI¹ skriver i sitt yttrande över programmet att slutförvaring enligt KBS-3-metoden fortfarande framstår som den mest ändamålsenliga planeringsförutsättningen för att slutligt omhänderta det använda kärnbränslet från det svenska kärnkraftsprogrammet. Men myndigheterna framför även kritik mot vissa oklarheter i programmet. I regeringsbeslutet ställs, delvis med hänvisning till denna kritik, krav på kompletterande redovisning avseende slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall (SFL), slutförvar för kortlivat låg- och medelaktivt avfall (SFR), rivning samt alternativa slutförvaringsmetoder. Av regeringsbeslutet framgår följande:

Fud-program 2007 ska kompletteras avseende planer och program för SFL. Kompletteringen ska utformas så att den ger Strålsäkerhetsmyndigheten underlag för bedömning av om redovisningen av programmet för SFL i Fud-program 2010 blir av tillräcklig omfattning gällande:

- kvantitativa uppskattningar av när i tiden sådant avfall uppkommer som är avsett att slutförvaras i SFL,
- alternativ för slutförvarets utformning, inklusive de konstruktionsförutsättningar och säkerhetsfunktioner som kommer att tillämpas,
- innehåll och inriktning för kommande säkerhetsanalyser av SFL för att kunna ta fram och verifiera acceptanskriterier för avfall avsett att slutförvaras i SFL,
- innehåll i ett forsknings- och utvecklingsprogram som stöd för kommande säkerhetsanalyser av SFL.

Fud-program 2007 ska vidare kompletteras med tydligare redovisningar av planer och program för utbyggnad och drift av SFR samt en preliminär redogörelse för omhändertagandet av drift- och rivningsavfall i SFR. En sådan komplettering ska utformas så att det ger Strålsäkerhetsmyndigheten underlag för bedömning av om redovisningen av programmet för SFR i Fud-program 2010 blir av tillräcklig omfattning

¹ SKI och Statens strålskyddsinstitut (SSI) lades den 1 juli 2008 ihop till Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM).

Fud-program 2007 ska även kompletteras med:

- en sammanställning av de avvecklingsplaner som kärnkraftsföretagen tagit fram i enlighet med Statens kärnkraftinspektions (SKI) och Statens strålskyddsinstitut (SSI) föreskrifter,
- en redovisning för omhändertagandet av rivningsavfallet från Barsebäck som kompletteras med förtydligande underlag som i kvantitativa termer visar på möjligheter och svårigheter med att påbörja deponering av rivningsavfall i det befintliga SFR vid olika tidpunkter,
- en redovisning av hur Vattenfall AB som tillståndshavare för Ågesta kraftvärmereaktor avser att uppfylla sina skyldigheter enligt 12 § kärntekniklagen.

Slutligen ska SKB redovisa kunskapsläget vad gäller alternativa slutförvaringsmetoder såsom bl.a. djupa borrhål.

De kompletterande redovisningarna ska lämnas till Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) senast den 31 mars 2009. SSM ska granska redovisningarna och vid behov begära in ytterligare kompletteringar. När myndigheten har godkänt de kompletterande redovisningarna ska dessa överlämnas till regeringen (Miljödepartementet).

SKB ser dessa kompletteringar som ett naturligt led i den fortsatta planeringen av de åtgärder som krävs för att på ett säkert sätt omhänderta allt låg- och medelaktivt avfall som ska slutförvaras i SKB:s anläggningar. På vägen fram till beslut avseende hela systemet krävs underlag i olika omfattning som tas fram inom ramen för det pågående utvecklingsarbetet.

För att tillgodose önskemålen om en grundligare och tydligare redovisning avseende Loma-programmet lämnas inledningsvis i den första delen av denna rapport (kapitel 1–5) en översikt av SKB:s handlingsplan i den del som behandlar Loma-programmet. I denna redovisning ges även en bild av hur långt SKB hittills har kommit, vilka resurser som finns att tillgå för genomförandet samt den strategi SKB valt för att nå målen. Här lämnas också en tidsplan för genomförandet under vissa givna förutsättningar. Därefter följer tre kapitel som i tur och ordning redovisar läget, planerade insatser och tidsplaner för vardera SFR, SFL och rivning av kärntekniska anläggningar.

Den efterfrågade redovisningen av kunskapsläget vad gäller alternativa slutförvaringsmetoder redovisas i rapportens andra del (kapitlen 6–10). Redovisningen är i första hand inriktad på sådana system inom strategin geologisk deponering som SKB har funnit skäl att antingen bearbeta vidare eller att följa kunskapsutvecklingen kring. Vidare redovisas kunskapsläget för separation och transmutation samt för övervakad lagring med fokus på så kallad Dry Rock Deposit.

De närmast följande avsnitten nedan innehåller korta sammanfattningar av innehållet i rapporten.

Handlingsplan Loma-programmet

Loma-programmet syftar till att på ett säkert sätt omhänderta det låg- och medelaktiva avfallet från de svenska kärnkraftsföretagen. För detta ändamål driver SKB i dag en anläggning för slutförvaring av kortlivat låg- och medelaktivt avfall, SFR. Anläggningar för mellanlagring och slutförvaring av långlivat låg- och medelaktivt avfall samt rivningsavfall planeras.

Både SKI och SSI anser att redogörelsen i Fud-program 2007 för SKB:s Loma-anläggningar och de åtgärder som SKB planerar när det gäller utbyggnad, ansökningar och andra redovisningar, liksom tidsplaner för detta, saknar tydliga motiveringar och alternativbedömningar.

I kapitel 1 redovisas SKB:s övergripande planering för omhändertagande av låg- och medelaktivt avfall. Framställningen har delats i två delar, planerna för kortlivat respektive långlivat avfall. Indelningen har valts för att ge en bättre helhetsbild än en indelning i existerande respektive planerade anläggningarna.

De anläggningar, befintliga eller framtida, som ingår i Loma-programmet är:

- SFR – (Slutförvar för kortlivat radioaktivt avfall, beläget i Forsmark) den befintliga anläggningen har tillstånd för slutförvaring av kortlivat låg- och medelaktivt driftavfall. SKB planerar att bygga ut och ansöka om tillstånd för att även kunna omhänderta kortlivat låg- och medelaktivt rivningsavfall. SKB överväger även möjligheterna att använda anläggningen för mellanlagring av långlivat avfall.
- BFA – (Bergrum för avfall, beläget på Simpevarpshalvön i Oskarshamn) en befintlig anläggning som används för att mellanlagra långlivat driftavfall. Anläggningen planeras för att även inrymma torr mellanlagring av hårdkomponenter. Möjligtvis kan den dessutom komma att användas för mellanlagring av en mindre mängd långlivat rivningsavfall.
- SFL – (Slutförvar för långlivat radioaktivt avfall) planerad anläggning för att ta hand om långlivat låg- och medelaktivt avfall. Platsen för denna anläggning är ännu ej bestämd.

Utöver ovanstående anläggningar utnyttjas även en mindre del av den befintliga anläggningen Clab – (Centralt mellanlager för använt kärnbränsle, beläget på Simpevarpshalvön i Oskarshamn) inom Loma-programmet för mellanlagring av hårdkomponenter.

Diskussioner mellan SKB och kärnkraftsföretagen pågår om möjligheten att använda markförvar för mycket lågaktivt rivningsavfall. Diskussioner förs också om tidsplanen för SFL. Alla detaljer i Loma-programmet är således ännu inte fastlagda. Med den planering som SKB i dag arbetar utifrån kan dock en rad milstolpar anges som markerar Loma-programmets framdrift fram till år 2020:

- Återkommande helhetsbedömning av säkerheten för SFR.
- Fud-program 2010.
- Blockspezifika rivningsstudier.
- Rutinmässig drift av torr mellanlagring av långlivat avfall från samtliga kraftverk i BFA.
- Ansökan om utbyggt SFR.
- Säkerhetsanalys för SFL.
- Ansökan om rutinmässig drift av utbyggt SFR.

Slutförvar för kortlivat radioaktivt avfall

SKI har förordat en kompletterande redovisning till Fud-program 2007 som bör innehålla tydligare redovisningar av planer och program för utbyggnad och drift av SFR samt en preliminär redogörelse för omhändertagandet av drift- och rivningsavfall där. I rapportens kapitel 2 kompletteras och förtydligas de planer och program som SKB har avseende utbyggnad och drift av SFR, samt redogörs för omhändertagandet av kortlivat låg- och medelaktivt drift- och rivningsavfall. Avsnitt 2.1 behandlar omhändertagande av avfall, avsnitt 2.2 ger en övergripande presentation av projekt SFR-utbyggnad och avsnitt 2.3 beskriver planerna för säkerhetsanalys och forskning avseende kortlivat låg- och medelaktivt avfall.

Enligt SKB:s planer kommer både kortlivat låg- och medelaktivt driftavfall och rivningsavfall att deponeras i SFR. För att detta ska vara möjligt krävs en utbyggnad av anläggningen. I samband med denna utbyggnad avser SKB att göra en omlicensiering.

Att deponera rivningsavfall från Barsebäcksverket innan år 2020 i den befintliga anläggningen är i dag inte möjligt av flera anledningar. Den främsta är att SKB bedömer att det inte finns tillräckliga marginaler i den tillgängliga förvaringsvolymen. Vidare kräver det att övriga kärnkraftsföretag upplåter sina intressentandelar (förvaringsvolym) till Barsebäck, med risk för att nödvändig volym för omhändertagande av driftavfall inte kommer att finnas tillgänglig. Dessutom krävs ett nytt tillstånd så att rivningsavfall kan deponeras i den befintliga anläggningen. En sådan tillståndsansökan kräver i sin tur att en analys av den långsiktiga säkerheten genomförs. En sådan analys är påbörjad inom projekt SFR-utbyggnad.

År 2008 startade SKB projekt SFR-utbyggnad vars uppgift är att utarbeta ansökningshandlingar enligt MB och KTL liksom en plan för utbyggnaden av SFR. Detta arbete har påbörjats bland annat genom att undersökningarna av en tänkt plats för utbyggnaden har startat. Undersökningarna visar hittills på goda resultat. Några av de efterföljande aktiviteterna är säkerhetsanalys, projektering och miljökonsekvensbedömningar. Underlag som ska tas fram inför ansökningarna är bland annat säkerhetsredovisning, platsbeskrivning, referensutförning och anläggningsdokumentation. SKB bedömer att ansökningarna om tillstånd för och utbyggnad av SFR tidigast kan lämnas in år 2013.

Utvecklingen av ett forskningsprogram för långsiktig säkerhet för ett slutförvar måste, oberoende av förvarstyp, baseras på tidigare säkerhetsanalyser. De planer som kommer att redovisas i Fud-program 2010 kommer att baseras på det säkerhetsanalyserarbete som bedrivs inom projekt SFR-utbyggnad samt den under våren 2008 färdigställda säkerhetsanalysen, SAR-08.

För närvarande pågår ett antal forskningsprojekt och fler är under uppbyggnad. Bland dessa finns ett utökat C-14-projekt med målet att bättre kunna bestämma mängden kol-14 i avfallet, en utredning av nedbrytning av betong under lång tid och initieringen av ett projekt angående komplexbildning.

Slutförvar för långlivat radioaktivt avfall

Även om SFL inte ska stå klart förrän tidigast i samband med rivningen av det sista kraftverket, finns det motiv till att ha ett eller flera möjliga förvarskoncept klara tidigt. Ett motiv är att kunna visa att det avfall som produceras kan omhändertas på ett säkert sätt. Ett annat är att på ett bra sätt kunna styra hanteringen av det avfall som planeras att slutförvaras i SFL. Ett tredje motiv till att tidigt ha ett antal möjliga konceptförslag är att detta ger SKB en möjlighet att utvärdera, bedöma och ställa de olika koncepten mot varandra i analysarbetet, för att på så sätt kunna välja det koncept som bäst svarar upp mot de ställda kraven för den aktuella avfallstypen. Det avfall som produceras av kraftverken känner SKB relativt väl, men SKB måste även styra konditionering av avfall från annat håll, till exempel Westinghouses bränslefabrik i Västerås.

SKB:s avsikt var att återkomma till arbetet med SFL först i Fud-program 2010, men SKB har redan nu inlett en översyn. Som ett första steg har SKB beslutat att den tidigare Loma-enheten, under vilken SFL-verksamheten sorterar, från och med första januari 2009 är ombildad till en självständig avdelning. Vidare har medarbetare avdelats för att arbeta med SFL som huvuduppgift.

Arbetet med slutförvaret för låg- och medelaktivt långlivat avfall, SFL, har indelats i fyra fokusområden med olika inriktning och skilda tidsplaner: SFL-inventarium, SFL-design, SFL-analys samt SFL-forskning. En kortare beskrivning av respektive fokusområde och näraliggande tidsplaner ges nedan och mer utförliga beskrivningar återfinns i kapitel 3.

- SFL-inventarium: En nyinventering av existerande och förväntat framtida avfall till SFL planeras att genomföras inom förstudien till kommande säkerhetsanalys 2013. Då inventariet till stor del ligger till grund för säkerhetsanalysen kommer arbetet att initieras så snart som möjligt. Ett första delmål är att närmare beskriva planerna för SFL-inventarium i Fud-program 2010.
- SFL-design: Ett av de inledande stegen i SFL-design är att undersöka olika sätt att åstadkomma effektiva barriärer i förvaret. Ett led i detta arbete blir att undersöka inverkan av olika parametrar som exempelvis förvarsdjup, dimensioner samt olika typer av tekniska lösningar vad gäller material och metoder för buffert och återfyllning. Mycket av det arbete som görs i samband med utbyggnaden av SFR och inför valet av plats för slutförvaret för använt kärnbränsle kommer att kunna utnyttjas. SFL-avfallets unika sammansättning kommer därutöver att kräva en del nytänkande och mer specifika studier. Det första viktiga delmålet för SFL-design är att organisera arbetet, knyta upp lämplig kompetens och presentera detta mer utförligt i Fud-program 2010.
- SFL-analys: Fokusområde SFL-analys har som främsta uppgift att bedöma de olika designförslag som tagits fram inom SFL-design och deras förmåga att uppfylla säkerhetskraven. Detta arbete kräver ett stort förarbete inom övriga fokusområden och tidsplanen ligger därför till största delen bortom Fud-program 2010. Den första stora milstolpen inom detta fokusområde blir att leverera en förstudie till säkerhetsanalysen år 2013.

- SFL-forskning: Utöver vad som redovisats behövs ytterligare vetenskaplig forskning inom ett antal viktiga områden för att stödja framtida säkerhetsanalyser av SFL. Första målet inom detta område blir att gå igenom nuläget inom aktuell forskning för att sedan ur detta material skapa en bild över vilken ytterligare forskning som kommer att krävas. Några av de forskningsområden som kan komma att bli aktuella presenteras i avsnitt 3.5.2 i denna rapport. Det främsta målet inom överskådlig närtid är att ha en strategi klar och nå full produktiv nivå kring år 2013. En inriktningsförklaring beräknas kunna levereras i Fud-program 2010.

SKB ser ett behov av att regelbundet till SSM redovisa framdriften av arbetet med och en bedömning av säkerheten hos SFL samt det eller de förvarskoncept som denna säkerhetsbedömning bygger på. I tidsplanen för Loma-programmet har därför säkerhetsanalyser preliminärt lagts in vart tionde år med planerat färdigställande av den första under år 2016.

Inför den första fullständiga säkerhetsanalysen kommer en förstudie att genomföras. Denna beräknas, liksom det nya referensinventariet, stå färdig till år 2013. Huvudsyftet med denna förstudie är att – baserat på det nya referensinventariet – bedöma hur väl ett antal möjliga förvarskoncept svarar upp mot de ställda säkerhetskraven.

Ansvar, strategi och teknik för rivning av kärntekniska anläggningar

I SKI:s yttrande över Fud-program 2007 förordas kompletteringar på ett antal punkter:

- En sammanställning av kärnkraftsföretagens avvecklingsplaner.
- En redovisning av vilka möjligheter och svårigheter som finns för deponering av rivningsavfallet från Barsebäck i befintligt SFR.
- En redovisning av hur Vattenfall AB uppfyller sina skyldigheter enligt 12§ KTL avseende Ågesta kraftvärmeverk.

Utöver dessa kompletteringskrav har myndigheterna redovisat ett antal synpunkter som man anser bör behandlas i kommande Fud-program.

I föreliggande rapport redovisar SKB vad som avses ingå i Fud-program 2010 och lämnar redogörelser i enlighet med begärda kompletteringar.

Underlaget för SKB:s planering av kommande anläggningar för omhändertagande av rivningsavfall redovisas i en ny separat PM Sammanställning av kärnkraftsföretagens avvecklingsplaner. I den beskrivs de delar av kärnkraftsföretagens avvecklingsplanering som är av betydelse för SKB:s planering av omhändertagandet av det radioaktiva rivningsavfallet.

Svårigheterna att deponera rivningsavfall i befintligt SFR, före en utbyggnad, redovisas i en separat PM, Omhändertagande av rivningsavfall i SFR.

Ågesta kraftvärmeverk tas in i SKB:s Fud-arbete och de speciella krav som denna anläggning ställer på forskning och avfallshantering inarbetas i kommande Fud-program. Rivningen av Ågesta kraftvärmereaktor kommer att införlivas med SKB:s arbete och beskrivas i Fud-program 2010. En rivningsstudie för Ågesta kommer att genomföras enligt samma principer och förutsättningar som för kärnkraftverken.

I föreliggande komplettering av Fud-program 2007 redovisas översiktligt de planer och program för SKB:s forskning och kärnkraftsföretagens planering för rivning av kärntekniska anläggningar med anknytning till SKB:s planer för omhändertagande av radioaktivt rivningsavfall. Detta arbete kommer att utgöra stommen i det kommande Fud-programmet avseende ansvar, strategier och teknik för rivning.

En ny inriktning i kommande Fud-program är att SKB och kärnkraftsföretagen beslutat genomföra separata rivningsstudier för varje anläggning och för varje plats. Studierna ska avspegla de enskilda kärnkraftsföretagens strategier och val av teknik i mer detalj än vad som kunnat göras med den hittillsvarande metoden att utifrån en referensanläggning bedöma övriga reaktorer. Ett skäl till detta är att den förestående utbyggnaden av SFR behöver ett mer detaljerat underlag i form av avfallsvolymer, avfallstyper och radionuklidinnehåll.

Anläggnings- och platsspecifika rivningsstudier kommer i det närmaste att vara färdiga när Fud-program 2010 publiceras och därmed kan en relativt detaljerad redovisning lämnas där.

På tekniksidan redovisas i kapitel 4 det intensifierade arbetet med hantering och deponering av stora komponenter som kan medföra stora besparingar i såväl tid för rivning som dosbelastning till personal.

Kunskapsläget om alternativa slutförvaringsmetoder

Rapportens andra del, som omfattar kapitlen 6–10, utgörs av den redovisning av kunskapsläget i fråga om alternativa slutförvaringsmetoder, bland annat avseende deponering i djupa borrhål, som regeringen har begärt.

I kapitel 6 redovisas viktigare internationella översikter om alternativa slutförvaringsmetoder. Tonvikten ligger på dokument som har publicerats under 2000-talet.

Ett antal tänkbara principer och strategier för hanteringen av använt kärnbränsle identifieras och beskrivs i kapitel 7. Vissa av dem har, både i Sverige och i andra länder med kärnkraftsreaktorer, avförts från vidare utveckling därför att de uppenbart förefaller olämpliga och/eller praktiskt ogenomförbara. Andra principer och strategier – främst inom geologisk deponering – har setts som tillräckligt lovande för att motivera fortsatta analyser kring frågan om vilka system eller metoder som skulle kunna användas vid tillämpning av dem. Det framgår – med stöd från ett av OECD/ Nuclear Energy Agency år 2008 publicerat dokument – att samtliga länder med program för hantering av använt kärnbränsle är inriktade på strategin geologisk deponering. Regeringen har, senast i januari 2000 och i november 2001, uttalat att ”någon form av slutförvaring i berggrunden är den mest ändamålsenliga strategin för slutförvaring av använt kärnbränsle”.

I kapitel 7 redovisas också en översikt av vid vilka tillfällen och med vilka argument SKB har lagt åt sidan fortsatt kunskapsuppbyggnad av två skilda system för geologisk deponering. Dessa system går under benämning långa tunnlar och WP-Cave. I avsnitt 7.2.3 Aktuella system för geologisk deponering presenteras dels KBS-3-konceptet, dels konceptet djupa borrhål. I övrigt presenteras också vissa andra strategier, främst separation och transmutation samt så kallad Dry Rock Deposit, ett koncept som innebär övervakad lagring under hundratals eller tusentals år.

Redovisningen i kapitel 8 av kunskapsläget för aktuella system för geologisk deponering är uppdelad i två avsnitt. Först behandlas mycket kort KBS-3-systemet, varvid hänvisas till vad som presenterats i Fud-program 2007. Tyngdpunkten i framställningen ligger i stället på konceptet djupa borrhål. En sammanställning finns av alla viktigare rapporter sedan 1980-talet där konceptet har belysts ur olika aspekter. Särskilt uppmärksammas ny kunskap som har tillkommit sedan Fud-program 2007, bland annat en brittisk rapport år 2008 om borrhåsteknik. SKB:s bedömning från Fud-program 2007 (s 394) kvarstår. Ingenting talar för att deponering i djupa borrhål skulle öka säkerheten och motiv saknas därför för att genomföra ett forskningsprogram för detta koncept. SKB avser dock givetvis att fortsätta att följa utvecklingsarbetet inom ämnesområdet. Det bör tilläggas att inget land planerar att använda konceptet djupa borrhål för slutförvaring av använt kärnbränsle eller högaktivt avfall från civil kärnkraft.

Kunskapsläget för vissa andra strategier redovisas i kapitel 9. Det rör sig först om separation och transmutation där framställningen faller tillbaka på bedömningar som redovisades i Fud-program 2007. Vidare redovisas system för övervakad lagring. Sådan mellanlagring under en begränsad period ingår av tekniska skäl alltid i hanteringen av använt kärnbränsle. Den kan ske i form av våt eller torr lagring. Kapitel 9 innehåller vidare uppgifter om kunskapsläget för konceptet Dry Rock Deposit.

SKB:s slutsats i kapitel 9 är att strategin övervakad lagring uppfyller ställda krav i ett kort tids-perspektiv. I ett längre tidsperspektiv – hundratals eller tusentals år – kan man inte förlita sig på personella resurser för att upprätthålla miljö-, säkerhets- och strålskyddskraven. Personella insatser krävs för kontroll och drift av lagret och för att förhindra olovlig befattningsmed kärnämne. SKB har den bestämda uppfattningen att strategin geologisk förvaring – och då särskilt KBS-3-systemet – kommer att leda till målet att på ett säkert sätt slutförvara använt kärnbränsle. Därför finns det ingen

anledning för SKB att stödja forsknings- och utvecklingsarbete inom en strategi som oundvikligen leder till att lösningar av ”kärnavfallsfrågan” skjuts fram till en oviss framtid.

Av kapitel 10 framgår att en utförlig redovisning av ”alternativfrågan” kommer att ingå i eller utgöra underlag för de till år 2010 planerade ansökningarna enligt miljöbalken och kärntekniklagen om tillåtlighet/tillstånd att uppföra och driva ett slutförvar för använt kärnbränsle. Inom SKB pågår arbete med att ta fram rapporter som ger en utförlig och aktuell redovisning med resonemang om principer, strategier och system för omhändertagande av använt kärnbränsle. Det arbete som under drygt 30 års tid utförts inom SKB med att dels utveckla KBS-3-konceptet, dels granska och bedöma andra koncept, kommer att beskrivas. Därvid speglas även hur SKB:s arbete har påverkats genom regeringens granskning av de Fud-program som presenterats mellan åren 1986 och 2007. En särskild jämförelse i olika avseenden mellan konceptet djupa borrhål och KBS-3-systemet kommer också att presenteras.

Innehåll

Del I Loma-programmet

1	Handlingsplan	17
1.1	Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning	17
1.2	Loma-programmet	18
1.3	Planering	20
1.3.1	Planering för kortlivat drift- och rivningsavfall	20
1.3.2	Planering för långlivat drift- och rivningsavfall	22
1.4	Milstolpar	23
1.4.1	Milstolpar för kortlivat drift- och rivningsavfall	23
1.4.2	Milstolpar för långlivat drift- och rivningsavfall	24
1.4.3	Andra viktiga milstolpar	25
2	Slutförvar för kortlivat radioaktivt avfall	27
2.1	Omhändertagande av avfall	27
2.1.1	Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning	27
2.1.2	Planer och program inför Fud 2010	28
2.2	Övergripande planering	28
2.2.1	Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning	29
2.2.2	Planer och program inför Fud 2010	29
2.3	Säkerhetsanalys och forskning	31
2.3.1	Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning	32
2.3.2	Planer och program inför Fud 2010	32
3	Slutförvar för långlivat radioaktivt avfall	37
3.1	Historiken	37
3.2	Omhändertagande av avfall	39
3.2.1	Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning	39
3.2.2	Planer och program inför Fud 2010	40
3.3	Övergripande planering	42
3.3.1	Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning	42
3.3.2	Planer och program inför Fud 2010	42
3.4	Teknikutveckling	43
3.4.1	Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning	43
3.4.2	Planer och program inför Fud 2010	44
3.5	Säkerhetsanalys och forskning	45
3.5.1	Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning	45
3.5.2	Planer och program inför Fud 2010	45
4	Ansvar, strategi och teknik för rivning av kärntekniska anläggningar	49
4.1	Ansvarsfördelning och strategier för rivning	49
4.1.1	Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning	49
4.1.2	Planer och program inför Fud 2010	50
4.2	Teknik för rivning	52
4.2.1	Planer och program inför Fud 2010	53
5	Det fortsatta arbetet med Loma-programmet	57

Del II Kunskapsläget om alternativa slutförvaringsmetoder

6	Bakgrund	61
6.1	Uppgiften	61
6.2	Översikter om alternativa slutförvaringsmetoder	61
7	Principer, strategier och system för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle	63
7.1	Alternativa principer, strategier och system	63
7.2	Bedömningar av strategier och system sedan 1980-talet	66

7.2.1	Allmänna utgångspunkter	66
7.2.2	Strategier och system som saknar aktualitet	66
7.2.3	Aktuella system inom strategin geologisk förvaring	70
7.2.4	Vissa andra strategier	71
8	Kunskapsläget för aktuella system inom strategin geologisk förvaring	73
8.1	Allmänt om system för geologisk deponering	73
8.2	KBS-3 med varianter	74
8.3	Djupa borrhål	76
8.3.1	Studier sedan år 1986	76
8.3.2	Bergarbeten	77
8.3.3	Kapsel, buffert, återfyllning	79
8.3.4	Långsiktig säkerhet	79
8.3.5	Ny vunnen kunskap sedan Fud-program 2007	79
8.3.6	SKB:s slutsatser	80
9	Kunskapsläget för vissa andra strategier	81
9.1	Separation och transmutation	81
9.2	Övervakad lagring	82
9.2.1	Våt lagring	82
9.2.2	Torr lagring	83
9.2.3	Dry Rock Deposit	84
9.2.4	SKB:s slutsatser	85
10	SKB:s fortsatta arbete med alternativa slutförvaringsmetoder	87
11	Referenser	89

Del I

Loma-programmet

- 1 Handlingsplan
- 2 Slutförvar för kortlivat radioaktivt avfall – SFR
- 3 Slutförvar för långlivat radioaktivt avfall – SFL
- 4 Ansvar, strategi och teknik för rivning av kärntekniska anläggningar
- 5 Det fortsatta arbetet med Loma-programmet

1 Handlingsplan

I detta kapitel presenteras översiktligt SKB:s planer för Loma-programmet, det vill säga programmet för omhändertagande av det låg- och medelaktiva avfallet. I det första avsnittet rekapituleras kort slutsatserna från handlingsplanen i Fud-program 2007 och myndigheternas granskningskommentarer. Avsnitt 1.2 ger en kortfattad presentation av det aktuella Loma-programmet med existerande och planerade anläggningar, samt en översiktlig tidsplan. Utifrån tidsplanen redovisas därefter övergripande planer i avsnitt 1.3 och de milstolpar som ligger i planerna i avsnitt 1.4.

1.1 Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning

I Fud-program 2007 redovisas en tidsplan för Loma-programmet som omfattar de kommande 20 åren. Där beskrivs även den övergripande planeringen för SFR, BFA, SFL och rivning, samt viktiga milstolpar för Loma-programmet under det kommande decenniet, såsom ansökningar, anmälningar, platsundersökningar och platsval.

Utbyggnaden av SFR beskrivs som en etappvis utbyggnad, där etapp 1 ska möjliggöra deponering av udda komponenter, ökade mängder driftavfall samt rivningsavfall från Studsviks R2-reaktor, Ågesta, Barsebäck 1 och Barsebäck 2. Etapp 1 beräknas vara klar att ta i drift år 2020 medan tiden för driftstart av etapp 2 bedöms till omkring år 2030.

Det långlivade avfallet, som uppkommer vid drift, moderniseringar och rivning av kärnkraftverken, planeras att mellanlagras under torra förhållanden i det befintliga bergrummet för avfall, BFA, som ligger på Simpevarpshalvön. Mellanlagring av hårdkomponenter i BFA beräknas kunna starta tidigast i slutet av år 2011. Inga planer redovisas för SFL i handlingsplanen, utan SKB hänvisar till att planeringen för det långlivade avfallet kommer att förtydligas i Fud-program 2010.

SKI anser att handlingsplanen särskilt behöver adressera processerna för att licensiera om och bygga ut SFR samt etablera SFL. Vidare menar SKI att tidsplanen behöver kompletteras med milstolpar som representerar återkommande helhetsbedömningar av SFR som styrs av lagstiftning och föreskrifter. SSI föreslår att Fud-program 2007 kompletteras med en samlad redovisning och motivering av strategin för att ta hand om allt kortlivat avfall från drift och rivning.

Både SKI och SSI anser att redogörelsen för SKB:s Loma-anläggningar och vilka åtgärder som SKB planerar, när det gäller utbyggnad, ansökningar och andra redovisningar samt tidsplaner för detta, saknar tydliga motiveringar och alternativbedömningar.

Både SKI och SSI nämner särskilt SFL och menar att motiven för tidsplanen för hanteringen av det långlivade låg- och medelaktiva avfallet saknas i Fud-program 2007. SSI saknar en redovisning av skälen för att vänta med att bygga SFL till 2045, och anser vidare att utbyggnad av SFL i steg för att tidigare ta emot avfall bör utvärderas.

SKI förväntar sig en mer sammanhållen och bättre underbyggd motivering av tidsplanerna för utbyggnad i nästa Fud-program 2010, med hänsyn tagen till nödvändig volym för avfall från drift och rivning av samtliga kärnkraftverk. SKI anser att SKB:s motivering av tidsplanen för rivning av Barsebäcksverket framstår som välgrundad.

SSI anser att SKB bör utreda alternativen till en utbyggnad eftersom existerande planer att senare bygga ut SFR i en andra etapp kan leda till att huvudstrategin, rivning så snart som möjligt, inte kan uppfyllas för kärnkraftverken i Forsmark, Oskarshamn och Ringhals. SSI anser att SKB:s planer bör återspegla en ambition att så snart som möjligt få till stånd en ”slutförvarslösning” för rivningsavfallet. SKB har inte angivit några skäl till varför förvaret inte kan börja utnyttjas för både rivnings- och driftavfall redan efter det att regeringens tillstånd erhållits.

SSI anser att planerna för att ta SFL i drift och bygga ut SFR är alltför låsta till antagandet om en viss avvecklingstakt, vilket kan leda till att en framtida avveckling måste invänta tillgängliga slutförvar (som för Barsebäcksverket).

SKI anser att BFA är en godtagbar lösning för mellanlagring av hårdkomponenter och att BFA borde bidra med önskvärd flexibilitet när tidpunkten för att bygga SFL ska väljas. SKI anser däremot att det vore mindre lyckat om BFA tas i drift innan ens preliminära acceptanskriterier tagits fram för lagring och slutförvaring. SSI menar att SKB och reaktorinnehavarna bör visa vilka avfallsmängder som förväntas, när avfallet uppstår, hur behovet av mellanlagring kommer att tillgodoses och hur dessa planer kopplar till planerna för SFL.

SSI bedömer att SKB:s anläggningar kan bli en resurs för att ta hand om annat radioaktivt avfall än det som i dag omfattas av Fud-programmet, till exempel från Westinghouses bränslefabrik i Västerås, Ranstad, Studsvik, sjukhus, forskning, industri och sådant som inte kan läggas på kommunala soptippar (t ex uran). För att underlätta planeringen för sådana övriga avfallsproducenter menar SSI att det är angeläget att SKB tydliggör vilka deponeringsmöjligheter det finns i SKB:s anläggningar.

Kärnavfallsrådet anser att det finns ett behov av en analys som omfattar alla de anläggningar och verksamheter som inryms i SKB:s redovisning av Loma och rivning.

1.2 Loma-programmet

Loma-programmet syftar till att omhänderta det låg- och medelaktiva avfallet från de svenska kärnkraftsföretagen på ett säkert sätt. För detta finns i dag en anläggning för kortlivat avfall, SFR. Anläggningar för mellanlagring och slutförvaring av långlivat låg- och medelaktivt avfall samt rivningsavfall planeras. Tidsplanen för att uppföra och driftsätta de planerade anläggningarna styrs av kraftverkens planerade drifttid och avvecklingstakt, tillgången till säkra mellanlager, tekniska åtgärder såsom projektering och lagstiftningens krav på tillstånd.

Den totala bilden av det planerade svenska systemet för omhändertagande av kort- och långlivat låg- och medelaktivt avfall framgår av figur 1-1. Heldragna pilar representerar transportflöden av radioaktivt avfall från kärnkraftverken eller andra anläggningar till avsett slutförvar via ett eventuellt mellanlager. Streckade pilar symboliserar osäkerheter i framtida planer och ska ses som möjliga alternativa hanteringsvägar.

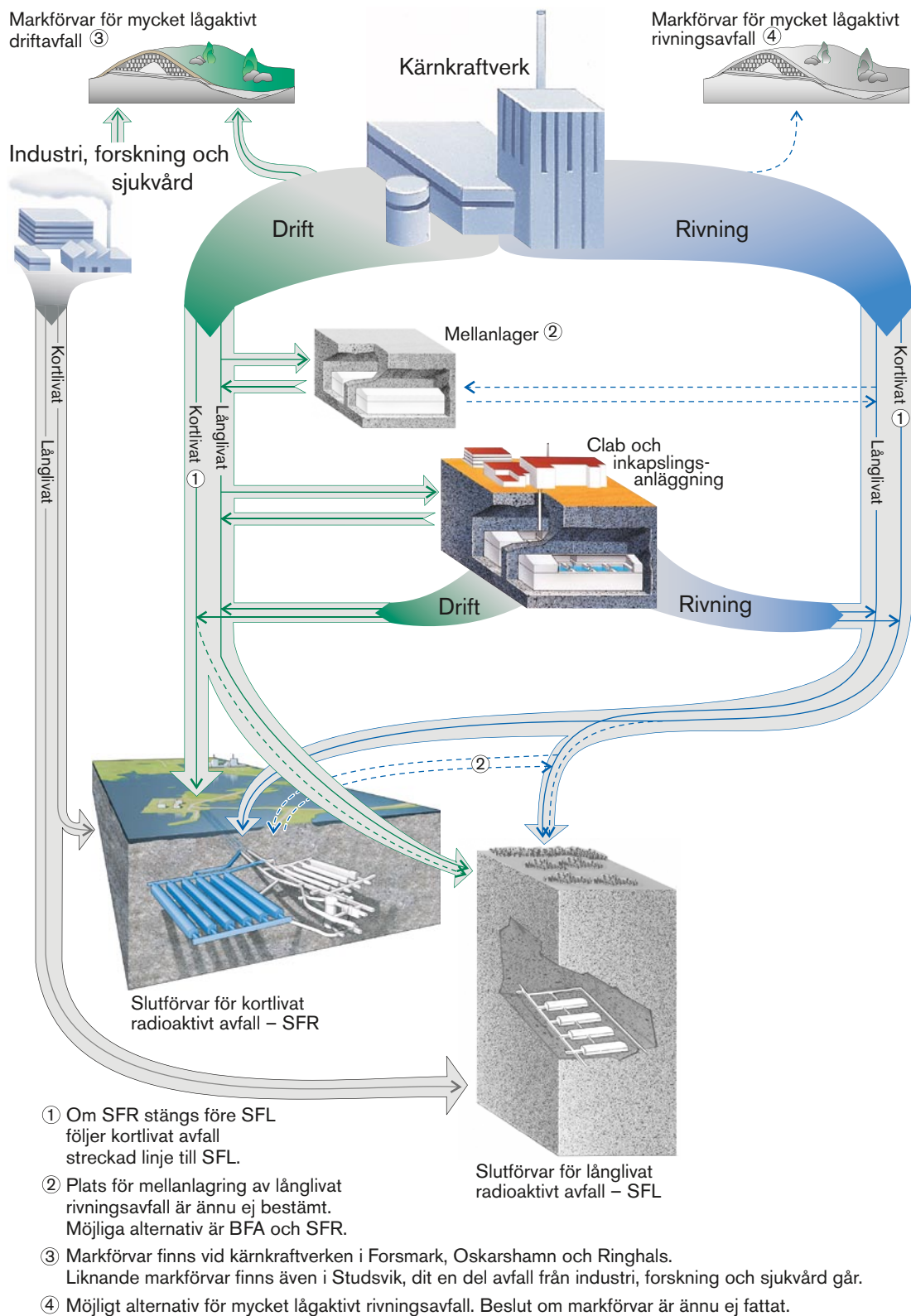
De anläggningar, befintliga eller framtida, som planeras ingå i Loma-programmet är:

- SFR – den befintliga anläggningen är licensierad för kortlivat låg- och medelaktivt driftavfall. Den planeras att byggas ut och licensieras om för omhändertagande av kortlivat låg- och medelaktivt driftavfall och rivningsavfall. SKB diskuterar möjligheterna att ansöka om att licensiera och använda anläggningen för mellanlagring av långlivat låg- och medelaktivt avfall.
- BFA – befintlig anläggning som används för att mellanlagra långlivat driftavfall. Anläggningen planeras att även inrymma torr mellanlagring av hårdkomponenter. Möjligtvis kan den dessutom komma att användas för mellanlagring av en mindre mängd långlivat rivningsavfall.
- SFL – planerad anläggning för slutgiltigt omhändertagande av långlivat låg- och medelaktivt avfall.

Utöver ovanstående anläggningar utnyttjas även en mindre del av det befintliga mellanlagret för använt kärnbränsle, Clab, inom Loma-programmet för mellanlagring av hårdkomponenter.

Ett möjligt alternativ för mycket lågaktivt rivningsavfall är att placera det i markförvar liknande de som redan finns vid kärnkraftverken i dag. Markförvar ingår inte i SKB:s nuvarande Loma-program, men möjligheten att placera mycket lågaktivt rivningsavfall i markförvar diskuteras med kärnkraftsföretagen.

SKB har, utöver sitt ansvar för kärnkraftverkens avfall, även ett antal avtal eller avsiktsförklaringar med andra aktörer såsom Studsvik, Svafo och Westinghouse som avser omhändertagande och slutförvaring av deras kärnavfall. I dessa avtal eller avsiktsförklaringar regleras bland annat åtaganden och skyldigheter samt ersättningsnivåer till SKB för transport och slutförvaring. Det är viktigt att påpeka att de olika aktörerna själva ansvarar för att avfallet konditioneras på ett sådant sätt att det kan godkännas av SKB för slutförvaring. Det är endast under denna förutsättning som SKB har åtagandet att ta emot avfallet.



Figur 1-1. Anläggningar och transportflöden i det planerade svenska systemet för omhändertagande av kort- och långlivat låg- och medelaktivt avfall. I figuren redovisas både existerande och möjliga framtida anläggningar.

De befintliga avtalen och avsiktsförklaringarna avseende framtida omhändertagande av avfall är av varierande ålder och detaljeringsgrad. Inför den förestående utbyggnaden av SFR och den mer detaljerade planeringen av SFL avser SKB att gå igenom och sammanställa de åtaganden som sedan tidigare finns samt att uppdatera dem om så bedöms vara behövligt. En sådan sammanställning planeras att kunna redovisas i Fud-program 2010.

Figur 1-2 visar den övergripande planen och milstolparna för Loma-programmet. Planen redovisar översiktligt de åtgärder som behövs för att genomföra Loma-programmet. Av naturliga skäl är planen mer översiktlig längre fram i tiden. De streckade staplarna markerar såväl osäkerheter som medveten flexibilitet i planeringen, vilket förklaras närmare i avsnitt 1.3.2. Den mer detaljerade planeringen sträcker sig över en tidsperiod av cirka 10 år och redovisas i kapitlen 2 till 4.

Milstolparna i den övergripande planen är indelade i två kategorier. Den första består av ansökningar, anmälningar och lagstadgade redovisningar. Den andra innehåller viktiga milstolpar angående uppförande och driftsättning av de planerade anläggningarna.

Tidpunkter för rivning av kärnkraftsreaktorerna och övriga kärntekniska anläggningar är kopplade till kärnkraftsföretagens nuvarande planering för den framtida driften av reaktorerna. Tider för rivning har inkluderats i figur 1-2 för att illustrera kopplingen mellan Loma-programmets och kärnkraftsföretagens planer. SKB:s och kärnkraftsföretagens planering utgår från att reaktorerna i Forsmark och Ringhals drivs i 50 år och att reaktorerna i Oskarshamn drivs i 60 år. Rivning av ett block påbörjas inte förrän intilliggande block med gemensamma byggnader och/eller system är avställda. Cirka två år efter att ett block slutligen ställts av kan rivning tidigast påbörjas och i tidsplanen har den aktiva rivningen bedömts ta fem år.

1.3 Planering

I följande avsnitt redovisas SKB:s övergripande planering för omhändertagande av låg- och medelaktivt avfall. Avsnittet har delats in i två delar, planerna för kortlivat respektive långlivat avfall. Indelningen har valts för att ge en bättre helhetsbild än vad en indelning i existerande respektive planerade anläggningarna ger.

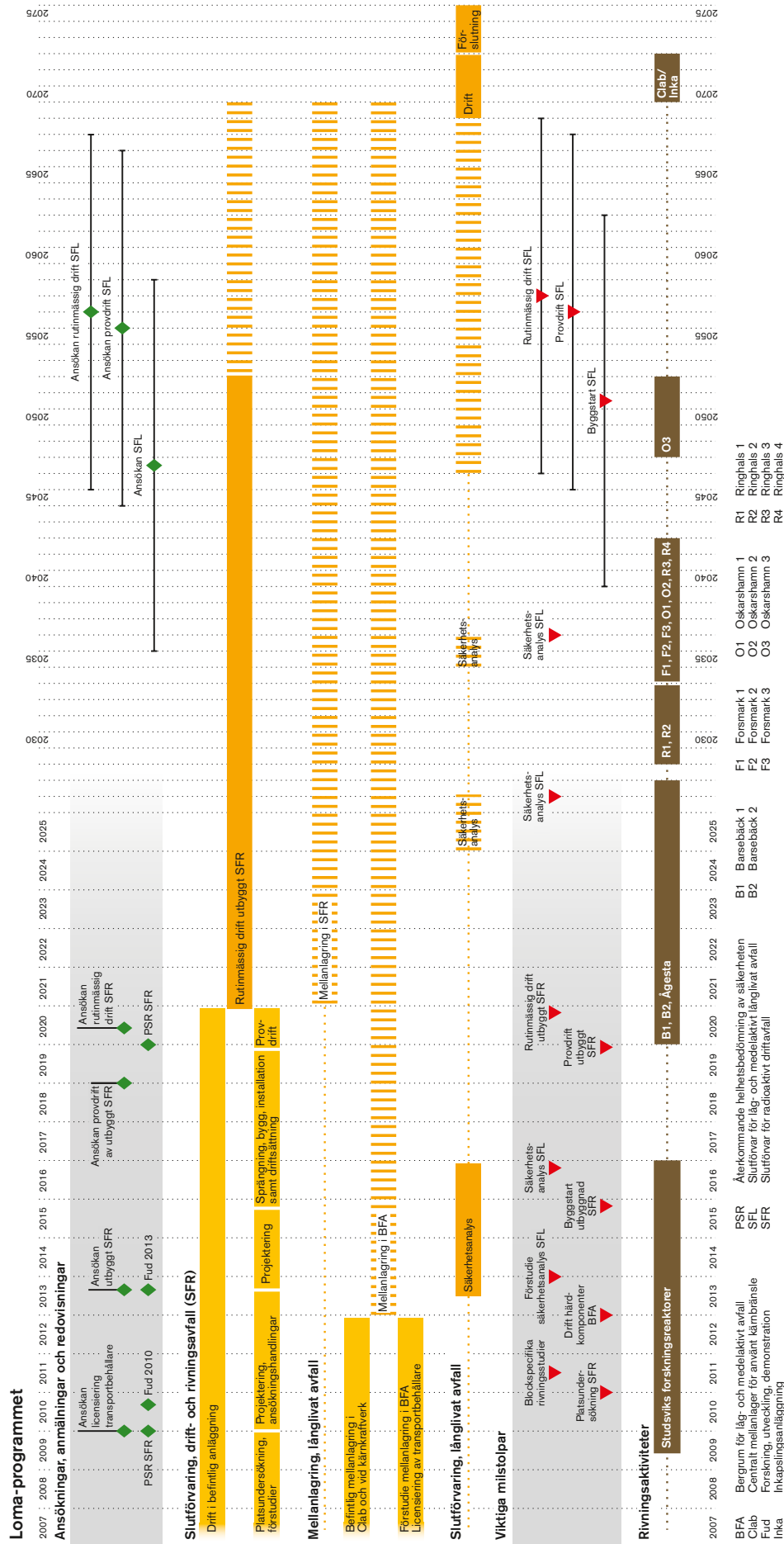
1.3.1 Planering för kortlivat drift- och rivningsavfall

I SFR slutförvaras kortlivat låg- och medelaktivt driftavfall. Längre planerade drifttider för kärnkraftverken samt deras framtida rivning medför att SFR måste byggas ut. I samband med utbyggnaden kommer hela anläggningen att licensieras om så att både driftavfall och rivningsavfall kan slutförvaras där.

I planeringen dimensioneras SFR:s utbyggnad för omhändertagande av allt tillkommande kortlivat driftavfall samt allt kortlivat rivningsavfall som bedöms uppstå vid rivningen av samtliga kärnkraftverk, inklusive Ågestareaktorn och forskningsreaktorerna vid Studsvik. Utbyggnadsansökan för SFR kommer att innefatta hela den tillkommande utbyggnaden. SKB:s planering inbegriper möjligheten av en utbyggnad av hela den nödvändiga bergvolymen för allt kortlivat rivningsavfall och tillkommande kortlivat driftavfall, vid ett tillfälle. Det utbyggda förvaret planeras att vara driftsatt år 2020.

Ett alternativ är att bygga ut SFR i två etapper. Den första etappen beräknas i så fall vara driftsatt år 2020, dimensionerad för att minst inrymma:

- Ökad mängd driftavfall på grund av förlängd planerad drifttid av kärnkraftverken.
- Rivningsavfall från Barsebäck 1 och 2, forskningsreaktorerna i Studsvik, Ågestareaktorn samt Ringhals 1 och 2.
- Stora udda komponenter, till exempel från effekthöjningsprojekt.



Figur 1-2. Tidsplan för Loma-programmet. Streckade staplar markerar osäkerheter eller medveten flexibilitet i planeringen. Milstolpar placerade på en linje är beroende av aktiviteter för vilka osäkerheter finns i tidsplaneringen. Milstolparna kan utfalla någonstans utmed de linjer på vilka de är placerade.

Om SFR byggs ut i etapper kommer den definitiva storleken på den första etappen och tidsplanen för den andra etappen att avpassas så att utrymme finns för rivningsavfall från kärnkraftverken i enlighet med kärnkraftsföretagens avvecklingsplanering. En fördel med en etappvis utbyggnad är att erfarenheter kan dras från etapp 1 innan etapp 2 slutligen dimensioneras. Ett beslut huruvida förvaret ska byggas etappvis eller inte, kommer att fattas och motiveras senast i samband med att ansökan om utbyggnad inlämnas, det vill säga år 2013.

Det pågår diskussioner mellan SKB och kärnkraftsföretagen som syftar till att undersöka möjligheten att lägga sådant rivningsavfall som är mycket lågaktivt i markförvar istället för i SFR. Den volym rivningsavfall som kan bli aktuell att deponera i markförvar kommer att uppskattas i de blockspecifika rivningsstudier som tas fram under de kommande åren. Volymen är dock avhängig den friklassningsföreskrift som väntas. Ett beslut om deponering i markförvar av större volymer lågaktivt rivningsavfall skulle minska den nödvändiga utbyggnadsvolymen i SFR.

Kortlivat låg- och medelaktivt avfall från Studsvik, sjukhus, forskning och industri kan deponeras i SFR, förutsatt att avfallet konditioneras och förpackas på lämpligt sätt samt att en överenskommelse gällande övriga tekniska och ekonomiska villkor kan träffas. Vid dimensioneringen av SFR tas hänsyn till avfallsvolymer från kärnkraftsföretagen, Studsvik, sjukhus, forskning och industri. Avfall från andra producenter av radioaktivt avfall är inte dimensionerande för utbyggnaden av SFR.

1.3.2 Planering för långlivat drift- och rivningsavfall

En stor del av det långlivade avfallet uppstår i samband med att kraftverken rivs, men långlivat avfall uppstår även under driften i samband med att reaktorernas interna delar byts ut. I Studsvik finns också långlivat låg- och medelaktivt avfall med ursprung från bland annat forskning och utveckling. En del av detta är äldre avfall från tiden för utvecklingen av det svenska kärnkraftsprogrammet. Studsvik arbetar kontinuerligt med avfallskaraktärisering med syfte att urskilja och sortera avfall som ska slutförvaras i SFL respektive SFR. Avsikten är att i Fud-program 2010 ge en bättre bild av avfallsmängderna och när i tiden det långlivade avfallet uppstår. Detta är en viktig punkt inför uppstarten av arbetet med SFL (se avsnitt 3.2.2).

Inget slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall finns i dag. Enligt tidigare planer skulle ett slutförvar för långlivat avfall, SFL, stå färdigt i samband med att det sista bränslet bortforslades från Clab och inkapslingsanläggningen, ungefär år 2045. Denna plan baserades på drifttider för kärnkraftverken på 25 år. I dag kommer kraftverken att drivas längre och om samma strategi som tidigare tillämpas, bör SFL stå färdigt ungefär år 2070. Detta tillvägagångssätt skulle minimera SFL-anläggningens drifttid, men förutsätter att det långlivade avfallet kan mellanlagras på ett lämpligt sätt. Ett annat scenario som SKB överväger är att bygga SFL i samband med att det sista nuvarande kärnkraftverket rivs. I ett sådant scenario skulle SFL stå färdigt mellan år 2045 och 2050, vilket överrensstämmer med SKB:s tidigare planer. SKB överväger tillsammans med kärnkraftsföretagen för närvarande vilket alternativ som ska utgöra huvudscenario.

Det långlivade avfallet som ska slutförvaras i SFL utgör en relativt begränsad volym. Tidiga prognoser visar volymer långlivat avfall om ungefär 11 500 m³. SKB anser därför att mellanlagring av avfallet är mer ekonomiskt effektivt än att göra en tidig utbyggnad av SFL med en mycket lång driftperiod, eller en utbyggnad i etapper. Om omkonditionering av det långlivade avfallet blir nödvändigt innan det slutligen deponeras, är det en fördel om avfallet avklingat länge innan det hanteras. En sen utbyggnad av SFL ger en flexibilitet avseende tidpunkten för omkonditionering som kan ge strålskyddsmässiga fördelar.

Innan ett slutförvar för långlivat avfall finns måste avfallet mellanlagras på ett säkert sätt. Det långlivade driftavfall som uppkommer vid drift och moderniseringar av kraftverken, planeras att mellanlagras under torra förhållanden i BFA. Drifttillståndet för BFA innehåller OKG. SKB har en avtalad nyttjanderätt i BFA, som är licensierat för mellanlagring av hårdkomponenter från alla kärnkraftverk. En ny avfallstransportbehållare, benämnd ATB-1T, håller på att tas fram för att kunna transportera det långlivade låg- och medelaktiva avfallet till BFA från andra kärnkraftverk än Oskarshamnverket. Arbetet med att ta fram ATB-1T är den tidsstyrande faktorn för att kunna påbörja mellanlagring av långlivat avfall från andra kraftverk. Mellanlagring av hårdkomponenter från andra kärnkraftverk än OKG i BFA beräknas kunna starta tidigast under 2012.

För mellanlagring av långlivat rivningsavfall ser SKB för närvarande två möjliga alternativ: mellanlagring i BFA eller i SFR. För mellanlagring i BFA krävs dels en mer detaljerad avfallsinventering för att klargöra om utrymmet i BFA är tillräckligt, dels att mellanlagret omlicensieras för rivningsavfall och att en större lagringsvolym upplåts till SKB. För mellanlagring i SFR krävs att förvaret omlicensieras för mellanlagring av långlivat avfall samt att nödvändigt utrymme för mellanlagring säkerställs. I det pågående projektet för utbyggnaden av SFR ingår att studera möjligheter och konsekvenser av att mellanlagra långlivat avfall i tillkommande utrymmen. För detta arbete är det nödvändigt att genomföra en detaljerad avfallsinventering för att bestämma volymen på det avfall som ska mellanlagras.

När SFL finns tillgängligt kommer det långlivade avfall som kan finnas mellanlagrat i BFA, SFR, Clab och Studsvik att föras över till SFL. Nytt långlivat avfall som uppstår vid rivning av kärnkraftverk efter det att SFL byggts, placeras direkt i SFL. Om SFL upprättas i samband med att Clab och inkapslingsanläggningen rivs, kommer driften av SFL att pågå under en relativt kort tidsperiod. Om istället SFL byggs i samband med att det sista kärnkraftverket rivs, finns två strategier för driften av förvaret som båda sammanhänger med driften av SFR. Antingen begränsas SFL:s driftlängd, vilket innebär att förvaret försluts då allt mellanlagrat långlivat avfall samt det långlivade avfallet från det sista kärnkraftverket placerats i SFL. I detta fall fortsätter driften av SFR för att omhändertaga driftavfall och sedermera rivningsavfall från Clab och inkapslingsanläggningen. Innan detta alternativ realiserar måste SKB säkerställa att det avfall som kommer från rivning av Clab och inkapslingsanläggning är lämpligt för SFR. Den andra strategin är att förlänga SFL:s drifttid och istället försluta SFR då det sista kortlivade rivningsavfallet deponerats. I detta fall placeras drift- och rivningsavfall från Clab och inkapslingsanläggningen i SFL. I figur 1-2 har den osäkerhet i tidsplanen som beror på dessa alternativa driftsätt illustrerats med streckande staplar.

En avsiktsförklaring om omhändertagande av avfall finns i avtal mellan Westinghouse och SKB. Långlivat avfall från Westinghouses bränslefabrik, eller aktörer med vilka avtal saknas, ingår inte i SKB:s planering. För att SKB ska kunna ta emot avfall måste avfallet konditioneras och förpackas på lämpligt sätt och en överenskommelse gällande övriga tekniska och ekonomiska villkor måste ha träffats. De avfallsvolymer som kan bli aktuella för SKB att hantera bedöms vara så små att de kan hanteras utan att SKB planerar för dem specifikt.

1.4 Milstolpar

I följande avsnitt ges en kort beskrivning av de milstolpar som redovisats i tidsplanen för Loma-programmet, figur 1-2. Under avsnitten 1.4.1–1.4.2 representerar varje rubrik i princip en milstolpe. Av naturliga skäl beskrivs milstolpar som ligger närmare i tiden utförligare än de som planerats längre fram.

1.4.1 Milstolpar för kortlivat drift- och rivningsavfall

Återkommande helhetsbedömning av säkerheten för SFR

SKB kommer under 2009 att komplettera den återkommande helhetsbedömningen (PSR) av säkerheten i SFR i enlighet med Strålsäkerhetsmyndighetens föreläggande. Rapporten kommer att redovisa på vilket sätt anläggningen uppfyller gällande säkerhetskrav, dels nu och dels fram till nästa bedömningstillfälle.

Innan det utbyggda SFR tas i rutinmässig drift måste säkerhetsredovisningen uppdateras med erfarenheter från provdriften av anläggningen. I samband med detta arbete tas även en PSR fram.

Platsundersökningar för utbyggnaden av SFR

Platsundersökningar med provborrningar och andra undersökningar av berget med tillhörande analyser påbörjades under 2008 och planeras att avslutas under 2010. Provbörningarna har hittills löpt enligt tidsplan och preliminära bedömningar visar att berget ser bra ut på förvarsdjupet.

Ansökan om utbyggnad av SFR enligt kärntekniklagen

En utbyggnad av SFR kommer att kräva regeringens tillstånd enligt kärntekniklagen. I samband med ansökan om utbyggnad planerar SKB att omlicensiera den befintliga SFR-anläggningen för att även möjliggöra slutförvaring av rivningsavfall. I ansökan kommer SKB att redogöra för det tekniska underlag som krävs för att kunna avgöra om den befintliga och utbyggda anläggningen uppfyller de krav som ställs enligt kärntekniklagen och strålskyddslagen med tillhörande föreskrifter och förordningar. En preliminär säkerhetsredovisning (PSAR) av driftsäkerhet och långsiktig säkerhet kommer att vara ett underlag till ansökan. Vilken dokumentation som kommer att utgöra direkt underlag till ansökan och således skickas in tillsammans med ansökan är ännu ej helt fastställt. Några viktiga underlag som tas fram inom projektet beskrivs i avsnitt 2.2.2.

Ansökan om utbyggnad av SFR enligt miljöbalken

Inför utbyggnaden kommer SKB att ansöka om miljödomstolens tillstånd enligt 9 kap. miljöbalken (miljöfarlig verksamhet) för hela SFR-anläggningen. Både till ansökan enligt KTL och MB kommer det att bifogas en miljökonsekvensbeskrivning samt en redogörelse för uppfyllelse av miljöbalkens allmänna hänsynsregler.

Enligt miljöbalkens nuvarande utformning är det sannolikt inte möjligt att få en prövning enbart av utbyggnaden (så kallat påbyggnadstillstånd), utan hela SFR kommer troligen att prövas på nytt. Utbyggnaden av SFR kommer även att kräva tillstånd enligt 11 kap. i miljöbalken (vattenverksamhet).

En förutsättning för att tillstånd enligt miljöbalken ska kunna beviljas är att verksamheten inte strider mot gällande detaljplan eller områdesbestämmelser enligt plan- och bygglagen. Ärenden enligt plan- och bygglagen kommer att hanteras parallellt med att ovan angivna prövningar förbereds och pågår hos myndigheter, miljödomstol och regering.

Byggstart för utbyggnaden av SFR

När alla erforderliga tillstånd och villkor enligt kärntekniklagen, strålskyddslagen, miljöbalken och plan- och bygglagen har erhållits kan utbyggnaden av SFR påbörjas. SKB måste ta ställning till konsekvenserna av villkoren i tillstånden före byggstart och anpassa planeringen efter dessa.

Ansökan om provdrift samt rutinmässig drift av utbyggt SFR

Då anläggningen är uppförd och system och processer fungerar som avsett lämnar SKB in en ansökan om att inleda provdrift. Ansökan kommer att innehålla förnyad säkerhetsredovisning (SAR) inklusive en uppdaterad analys av den långsiktiga säkerheten samt säkerhetstekniska driftförutsättningar. Provdriften är till för att tillvarata erfarenheter inför den rutinmässiga driften. Säkerhetsredovisningen och de säkerhetstekniska driftförutsättningarna kommer att kompletteras och ingå som underlag i SKB:s ansökan om att få påbörja rutinmässig drift av anläggningen.

1.4.2 Milstolpar för långlivat drift- och rivningsavfall

Ansökan om licensiering av transportbehållare

Under maj 2009 planerar SKB att ansöka hos franska myndigheter om licensiering av transportbehållaren ATB-1T för transport av särskilda BFA-tankar med långlivat låg- och medelaktivt avfall från kraftverken till BFA. Validering av licensen ska utföras av SSM.

Rutinmässig drift av BFA

Tillståndsfrågorna för BFA hanteras av OKG, som fick nytt tillstånd för sin miljöfarliga verksamhet under 2006, bland annat tillstånd att utnyttja BFA som en gemensam lagringsplats för hårdkomponenter. Detta betyder att det från miljösynpunkt är tillåtet att mellanlagra hårdkomponenter i BFA. I januari 2008 fick OKG regeringsbeslut på att utöka verksamheten i BFA för att mellanlagra hårdkomponenter från de svenska kärnkraftverken.

Innan hårdkomponenter kan transporteras till BFA, måste SKB ta fram nya avfallsbehållare, nytt fordon samt installera ny hanteringsutrustning i BFA. Målet är att BFA kan ta emot hårdkomponenter

placerade i så kallade BFA-tankar med start år 2012, samt att det vid samma tidpunkt är möjligt att transportera hårdkomponenterna till BFA.

Förstudie till säkerhetsanalys och säkerhetsanalys för SFL

Även om SFL inte ska stå klart förrän tidigast i samband med rivningen av det sista kraftverket, finns det ändå motiv till att ha ett eller flera möjliga förvarskoncept klara tidigt. Ett motiv är att visa att det avfall som produceras kan omhändertas på ett säkert sätt. Ett annat är att på ett bra sätt kunna styra hanteringen av det avfall som planeras att slutförvaras i SFL. Ett tredje motiv till att tidigt ha ett antal möjliga konceptförslag är att detta ger SKB en möjlighet att utvärdera, bedöma och ställa de olika koncepten mot varandra i analysarbetet för att på så sätt kunna välja det koncept som bäst svarar upp mot de ställda kraven för den aktuella avfallstypen. Det avfall som produceras av kraftverken känner SKB relativt väl, men SKB måste även styra konditionering av avfall från annat håll, till exempel från Westinghouses bränslefabrik i Västerås.

SKB avser att välja ett förvarskoncept och genomföra en komplett säkerhetsanalys för SFL som färdigställs under år 2016. Inför denna genomförs en förstudie som planeras att vara färdigställd år 2013. Huvudmålet med förstudien är att skapa ett nytt referensinventarium samt, baserat på detta, sammanställa en första bedömning av hur väl ett antal möjliga förvarskoncept svarar upp mot ställda säkerhetskrav. I tidsplanen för Loma-programmet, figur 1-2, har efter år 2016 regelbundna uppdateringar av säkerhetsanalysen för SFL preliminärt lagts in vart tionde år. Detta tidsintervall kan justeras utifrån det behov som föreligger hos SKB och hos SSM. En mer detaljerad plan för arbetet fram till säkerhetsanalysen 2016 kommer att redovisas i Fud-program 2010.

Ansökan om uppförande, provdrift och rutinmässig drift av SFL

Processen att etablera SFL kommer i många avseenden att likna den process som planeras och genomförs inom Kärnbränsleprojektet och projekt SFR-utbyggnad. Ansökningar enligt kärntekniklagen och miljöbalken kommer att upprättas innan SFL kan byggas. Troligtvis kommer dessa att föregås av ett projekt som påminner om projekt SFR-utbyggnad och innehålla platsundersökningar, teknikutveckling, projektering med mera. Vad gäller val av plats för ett framtida SFL så kan det synas naturligt att välja någon av de platser som i dag undersöks i arbetet med slutförvaret för det använda kärnbränslet alternativt samlokalisera SFL med SFR, men SKB ser även möjligheten att andra platser kan komma i fråga.

När alla erforderliga tillstånd och villkor enligt kärntekniklagen, strålskyddslagen, miljöbalken och plan- och bygglagen har erhållits kan anläggningen uppföras. Då anläggningen är uppförd och system och processer fungerat som avsett lämnar SKB in en ansökan om att inleda provdrift. Efter att säkerhetsredovisningen och de säkerhetstekniska driftförutsättningarna sedan kompletterats ännu en gång, kommer SKB att ansöka om att påbörja rutinmässig drift av anläggningen.

1.4.3 Andra viktiga milstolpar

Fud-program 2010

Det kommande Fud-programmet 2010 kommer särskilt att inriktas på Loma-programmet, och omfatta bland annat planeringen för SFL och utbyggnaden av SFR.

Blockspecifika rivningsstudier

SKB genomför tillsammans med kärnkraftsföretagen rivningsstudier med målet att successivt åstadkomma ett säkrare och mer detaljerat underlag för att bedöma avfallsvolymer, aktivitetsmängderna och avvecklingskostnaderna för de olika kärnkraftverken. Kommande studier genomförs för varje enskilt kraftverksblock och för varje kraftverk. Studierna anpassas till de specifika förhållanden som råder vid respektive kraftverk i fråga om det fysiska utförandet av kraftverket och tillståndsinnehavarnas egen planering för avvecklingen.

Resultaten av studierna kommer att ligga till grund för dels dimensioneringen av framtida slutförvar för rivningsavfall, dels de säkerhetsanalyser för slutförvaret som krävs i tillståndprocessen. Rivningsstudierna syftar också till att ge en förbättrad uppskattning av avvecklingskostnaderna för kärnkraftverken.

2 Slutförvar för kortlivat radioaktivt avfall

SKI har förordat en kompletterande redovisning till Fud-program 2007 som bör innehålla tydligare redovisningar av planer och program för utbyggnad och drift av SFR samt en preliminär redogörelse för omhändertagandet av drift- och rivningsavfall i SFR. SKI anser att kompletteringen bör utformas så att den ger myndigheterna underlag för bedömning av om redovisning av programmet för SFR i Fud-program 2010 blir av tillräcklig omfattning.

I föreliggande kapitel kompletteras och förtydligas SKB:s planer och program för utbyggnad och drift av SFR. Vidare redogörs för omhändertagandet av kortlivat låg- och medelaktivt driftavfall och rivningsavfall. Avsnitt 2.1 behandlar omhändertagande av avfall, avsnitt 2.2 ger en övergripande presentation av projekt SFR-utbyggnad och avsnitt 2.3 beskriver planerna för säkerhetsanalys och forskning avseende kortlivat låg- och medelaktivt avfall.

2.1 Omhändertagande av avfall

I detta avsnitt ges en preliminär redogörelse för omhändertagandet av kortlivat låg- och medelaktivt driftavfall och rivningsavfall. Omhändertagande av långlivat låg- och medelaktivt avfall behandlas i avsnitt 3.2.

2.1.1 Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning

SFR är i dag licensierat som slutförvar för kortlivat låg- och medelaktivt driftavfall från de svenska kärnkraftverken och från det centrala mellanlagret för använt kärnbränsle, Clab, samt för liknande radioaktivt avfall från annan industri, forskningsinstitutioner och sjukvård.

Beroende på typ och aktivitetsinnehåll placeras avfallet i olika förvarsdelar, från konventionella bergsalar för det lågaktiva avfallet till en silo av betong, omgiven av bentonitlera, för det avfall som har det högsta aktivitetsinnehållet.

Det ursprungliga tillståndet omfattade nuvarande SFR samt en utbyggnad för att kunna omhänderta totalt 90 000 m³ avfall. Detta tillstånd togs inte i anspråk av SKB år 2005 på grund av att behovet av en utbyggnad av anläggningen flyttades fram i tiden till följd av effektivare avfallshantering vid kärnkraftverken och tillgång till lokala markförvar för mycket lågaktivt avfall. Nuvarande tillstånd gäller endast för den i dag byggda volymen för 63 000 m³ avfall.

Förvaret är planerat att byggas ut till att omfatta både kortlivat låg- och medelaktivt driftavfall och rivningsavfall. Motiven för en utbyggnad är att ge utrymme för det avfall som uppstår på grund av längre planerade drifttider av kärnkraftverken samt den framtida rivningen av dessa och övriga kärntekniska anläggningar.

SKI anser att kompletteringen av Fud-program 2007 bör innehålla en preliminär redogörelse för hur SKB avser att ta hand om drift- och rivningsavfall i SFR. SKB bör kunna utgå från den redogörelse för omhändertagande av rivningsavfall som nyligen tagits fram för Barsebäcksverket (version 1.0 av /2-1/).

I Fud-program 2010 förväntar sig SKI en utförligare genomgång av hur gällande föreskrifter tillämpas, då SKB:s redovisning av föreskrifter för säkerhet och strålskydd i Fud 2007 är för kortfattad för att myndigheten ska kunna motivera en utförlig bedömning. SKB rekommenderas att samråda med SSM om hur en sådan genomgång av gällande föreskrifter bör redovisas (som t ex på senare tid gjorts för Kärnbränsleprogrammet).

SSI anser att SKB bör utreda alternativen för en utbyggnad, eftersom existerande planer att senare bygga ut SFR i en andra etapp kan leda till att huvudstrategin, rivning så snart som möjligt, inte kan uppfyllas för kärnkraftverken i Forsmark, Oskarshamn och Ringhals.

Vidare anser SSI att det underlag som SKB använt för att ta ställning till deponering av rivningsavfall i befintligt SFR är otillräckligt. SSI anser att underlaget i rapporten Omhändertagande av rivningsavfall i SFR (SKB-rapport DL 120) behöver kompletteras för att man ska kunna bedöma om SKB:s slutsatser är rimliga och om tidsplanen för avveckling av kärnkraftverket i Barsebäck är rimlig.

SSI menar att SKB:s planer bör återspegla en ambition att så snart som möjligt få till stånd en ”slutförvarslösning” för rivningsavfallet. SSI anser att SKB inte har angivit några skäl till varför förvaret inte kan börja utnyttjas för både driftavfall och rivningsavfall redan efter det att ett regeringstillstånd erhållits.

2.1.2 Planer och program inför Fud 2010

Enligt SKB:s planer kommer både kortlivat låg- och medelaktivt driftavfall och rivningsavfall att deponeras i SFR. För att detta ska vara möjligt krävs en utbyggnad av anläggningen. I samband med denna utbyggnad avser SKB att göra en omlicensiering så att hela SFR-anläggningen kan utnyttjas för att deponera allt avfall på ett optimalt sätt. Under år 2008 startades projekt SFR-utbyggnad som beskrivs närmare i avsnitt 2.2.

Att börja deponera rivningsavfall i SFR tidigare än vad som planerats och angivits i Fud 2007 är av flera skäl inte rimligt. SKB bedömer att det inte finns tillräckliga marginaler i den tillgängliga förvarsvolymen för att deponera rivningsavfall från Barsebäcksverket i befintlig anläggning. En tidigare lagd start för att deponera rivningsavfall kan medföra att kärnkraftverk i drift blir tvungna att upplåta sin plats i förvaret till Barsebäck. Detta kan inte anses rimligt eftersom kärnkraftverken är beroende av att det driftavfall som uppstår vid respektive anläggning fortlöpande kan tas omhand. Dessutom skulle en tidigare lagd deponering av rivningsavfall innebära att avfall som är avsett för en viss typ av förvar måste tas omhand i utrymmen som inte är avsedda för ändamålet, vilket står i motsats till kravet att anläggningen ska drivas på ett optimalt sätt /2-1/.

Under 2007 gjorde SKB en inventering av det framtida volymsbehovet för ett utbyggt SFR. Inför den kommande säkerhetsanalysen i samband med utbyggnaden behöver en ny inventering genomföras av existerande och förutsett avfall för SFR. Utredningen bör då klargöra behovet av förvaringsvolymerna samt mängder avfall och dess nuklidinnehåll. En sådan inventering kommer att göras inom de närmaste åren och redovisas till myndigheten. Enligt planerna ska både driftavfall och rivningsavfall omhändertas på samma sätt som det befintliga avfallet i SFR. I samband med att ansökningarna om att få bygga ut SFR lämnas in, avses frågan om hur anläggningen drivs på ett optimalt sätt att redovisas.

Den teknikutveckling som behövs, kommer att tas omhand inom ramen för projekt SFR-utbyggnad (se avsnitt 2.2).

Då deponeringen av avfall i SFR i framtiden planeras att omfatta även annat än driftavfall från kärnkraftverken utläses numera SFR som en förkortning av ”Slutförvar för kortlivat radioaktivt avfall” i stället för som tidigare ”Slutförvar för radioaktivt driftavfall”.

Redovisning av föreskrifter för säkerhet och strålskydd

Till Fud-program 2010 kommer en översyn att göras av SKB:s redovisning av hur gällande föreskrifter för säkerhet och strålskydd tillämpas för Loma-programmet. SKB avser att samråda med myndigheten om hur en sådan redovisning bör presenteras.

2.2 Övergripande planering

I följande avsnitt redovisas SKB:s planer för utbyggnaden av SFR. Övergripande planer för hela Loma-programmet redovisas i handlingsplanen i kapitel 1.

2.2.1 Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning

I Fud-program 2007 återges SKB:s planer för att slutförvara radioaktivt rivningsavfall och ökande mängder driftavfall (mot bakgrund av förlängda drifttider för de svenska kärnkraftverken). Planerna omfattar en utbyggnad och omlicensiering av SFR så att anläggningen ska kunna ta omhand både kortlivat låg- och medelaktivt driftavfall och rivningsavfall.

Under år 2007 genomfördes ett förprojekt som syftade till att se över utbyggnadens omfattning och att tillsätta en projektorganisation för denna. Inom förprojektet togs bland annat fram ett undersökningsprogram /2-2/. Under 2008 startades platsundersökningar för att undersöka berget.

I sin granskning gör SKI bedömningen att SKB på ett tydligare sätt behöver motivera sina planer och program för utbyggnad och drift av SFR. Detta bör i första hand ske i anslutning till Fud-program 2010, men för att myndigheterna i god tid dessförinnan ska kunna förvissa sig om att så sker vill SKI att Fud-program 2007 kompletteras på denna punkt.

Ur teknisk synpunkt anser SKI att planerna för SFR är tillräckliga, men myndigheten förväntar sig en mer sammanhållen och bättre underbyggd motivering av tidsplanerna för utbyggnad av SFR i Fud-program 2010 (med hänsyn till nödvändig volym för avfall från rivning och drift av samtliga kärnkraftverk).

SSI ser positivt på att SKB inlett arbetet med att bygga ut SFR, men anser liksom SKI att SKB behöver visa att en lokalisering vid det befintliga slutförvaret är den mest ändamålsenliga med avseende på långsiktig säkerhet, ekonomi och samhällsaspekter.

2.2.2 Planer och program inför Fud 2010

I Fud-program 2010 kommer en mer utförlig bild av programmet för utbyggnad av SFR att redovisas. Huvudskeden och tidsplan för projekt SFR-utbyggnad kommer att beskrivas för perioden 2010 och framåt. Där kommer också att ingå en redovisning av tillståndprocessen samt av teknikbehov och tidsplanering för uppförande och drift.

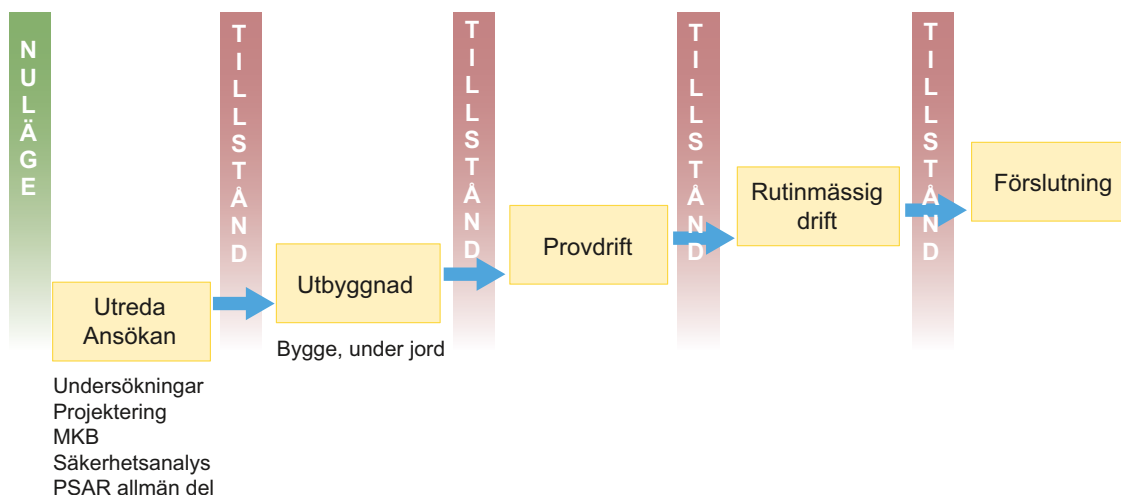
Huvuddelen av de planerade undersökningarna från markytan är nu avslutade och analys och utvärdering av resultaten pågår. Resultaten visar på ett berg som domineras av granit, metagranit, granodiorit och pegmatit eller pegmatitisk granit. Det förekommer även inslag av vulkaniter. Sprickfrekvensen är 2–4 sprickor per meter. Antalet vattenförande sprickor är lågt och transmissionsiviteten är också relativt låg. En första strukturgeologisk modell har tagits fram, vilken ligger till grund för kommande hydrogeologisk modellering. Under våren 2009 kommer borrhningar och undersökningar under jord i SFR att påbörjas.

Mål och omfattning

Under 2008 startade SKB projekt SFR-utbyggnad vars uppgift är att utarbeta ansökningshandlingar enligt miljöbalken och kärntekniklagen liksom en byggplan för utbyggnaden. I projektet ingår även att se på möjligheterna att mellanlagra långlivat avfall i SFR.

Tidsplanen för utbyggnad och driftsättning av SFR är beroende av tillståndprocessen som omfattar fem skeden (se figur 2-1) av vilka genomförandet av projekt SFR-utbyggnad utgör det första. I detta skede kommer en säkerhetsanalys baserad på nytt nuklidinnehåll att genomföras. Detta innebär att SKB tidigast kan ansöka om omlicensiering och utbyggnad av SFR år 2013. Förutsatt att tillståndprocessen löper smidigt förväntas beslut från regering och miljödomstol komma år 2016. Provdraft av anläggningen beräknas kunna starta i slutet av 2019 och start av den rutinmässiga driften planeras ske 2020 /2-1/.

Projektet ska göra utredningar och utarbeta de ansökningshandlingar och underlagsrapporter som behövs för ansökningar enligt MB och KTL. Underlaget till ansökningshandlingarna ska även behandla det längre perspektivet med utbyggnad, fortsatt drift och avveckling av SFR. Som en del i ansökningarna kommer motiv för lokaliseringen att redovisas.



Figur 2-1. Skeden i tillståndprocess för utbyggnad och driftsättning av SFR.

Omfattningen av utbyggnaden beror på de avfallsvolymer som beräknas komma att sändas till SFR. Avfallsvolymer kommer att öka på grund av tillkomsten av rivningsavfallet samt att kärnkraftsföretagen förlängt den planerade drifttiden till 50–60 år för återstående reaktorer. Ursprungligen användes drifttiden 25 år som underlag för dimensionering av SFR.

Det totala behovet av förvaringsutrymmen för rivningsavfall från samtliga kärnkraftverk beräknas uppgå till cirka 140 000 m³. I dessa mängder ingår ett osäkerhetspåslag om cirka 20 procent.

Arbetsmetodik

Innan en utbyggnad av SFR kan ske behöver underlag för säkerhetsanalys, projektering, miljökonsekvensbedömningar med mera tas fram. Nedan beskrivs några av underlagen.

Säkerhetsredovisning

Omprövningen av den befintliga licensen för anläggningen ska omfatta både drift- och rivningsavfall vilket innebär att en förändrad fördelning av material och nuklider kommer att uppstå vid deponeringen. Detta leder till att en verifiering måste göras av att driftsäkerheten (säkerhet under deponering) och den långsiktiga säkerheten (säkerhet efter att anläggningen förslutits) upprätthålls i anläggningen med de nya förutsättningarna. Detta kommer att göras genom att säkerhetsredovisningen för SFR aktualiseras med en uppdatering av säkerhetsanalyser för anläggningens driftskede (under deponering) och förvaringsskede (med försluten anläggning).

Platsbeskrivning

Platsbeskrivningen behövs i samband med projekteringen när slutförvaret ska placeras in och utformas på den plats som undersökts. Den ger också underlag för slutförvarets långsiktiga säkerhetsanalys. Dessutom klargör den vilka ytterligare data som behöver samlas in. Platsbeskrivningen är inte enbart begränsad till att beskriva förvaringsplatsen utan berör även dess regionala omgivning i den utsträckning detta är nödvändigt för ändamålet. Den är inte heller begränsad i tiden utan omfattar såväl nuvarande tillstånd i geosfären och biosfären som en beskrivning av de pågående naturliga processer som kan tänkas påverka platsens utveckling över längre tid. I den geovetenskapliga platsbeskrivande modellen finns beskrivningar av platsens hydrogeologiska, bergmekaniska och hydrogeokemiska förhållanden /2-2/.

Referensutformning

Projekt SFR-utbyggnad kommer att arbeta med stegvis utveckling av utbyggnaden på samma sätt som KBS-3-systemet utvecklats. En referensutformning kommer att vara giltig från en definierad tidpunkt till dess att något annat beslutats. Den fastställda referensutformningen vilken ska användas som förutsättning för att driva projektet beslutas inom ramen för projektets kravhantering. Den ska vara tillräckligt detaljerad för att teknikutveckling, projektering och analyser av säkerhet, strålskydd och miljöpåverkan ska kunna genomföras. Samtidigt ska den lämna utrymme för förbättringar och platsanpassning.

Anläggningsdokumentation

Förutom färdigställda utrymmen under mark kommer projekteringen och den framtida byggnationen att resultera i en omfattande anläggningsdokumentation. Denna kommer, på samma sätt som för den befintliga anläggningen, att bestå av aktuella ritningar över anläggningen, dess byggnadsstrukturer, system, komponenter och anordningar samt handlingar som visar hur dessa har tillverkats, dokumenterats och kontrollerats.

Kvalitetsstyrning

Under genomförandet av projekt SFR-utbyggnad, liksom under utbyggnaden av anläggningen och sedermera den rutinmässiga driften, kommer det att ställas höga krav på kvalitetsstyrning. Informationsflödet mellan olika aktörer – projektering, bygge, undersökningar och säkerhetsanalys – måste ske enligt fastställda rutiner och med krav på spårbarhet i dokumentation och kvalitetssäkring. Vidare måste arbetet anpassas till de speciella villkor som gäller för projektering och byggande av undermarksanläggningar.

SKB har ett ledningssystem som är certifierat enligt kvalitetslednings- och miljöledningsstandarderna ISO 9001 och ISO 14001. Eftersom SKB har anläggningar i drift lever ledningssystemet även upp till relevanta krav i SSM:s (tidigare SSI:s och SKI:s) föreskrifter. Ledningssystemet utgör en plattform för den kvalitetsstyrning som projekt SFR-utbyggnad tillämpar.

Kravhantering

En av förutsättningarna för att SKB ska få drifttillstånd för sina framtida anläggningar är att uppfylla alla egna krav och de som myndigheter och andra intressenter ställer. Inom Kärnbränsleprojektet har en metodik för systematisk hantering av krav och andra konstruktionsförutsättningar utvecklats vilken redovisats i Fud 2007 avsnitt 2.4. Denna metodik kommer även att tillämpas för projekt SFR-utbyggnad.

Den systematiska kravhanteringen syftar till att försäkra att SFR-anläggningen under utbyggnad, drift och avveckling/förslutning svarar mot de krav som ställs. Genom en systematisk kravhantering ska också underlag och motiv för anläggningarnas utformning göras spårbara. Ett annat övergripande syfte är att tydliggöra mål och att underlätta systemförståelse så att detaljer i konstruktion och projektering sätts i sitt fullständiga sammanhang.

2.3 Säkerhetsanalys och forskning

I detta avsnitt beskrivs SKB:s program för säkerhetsanalys av ett utbyggt SFR samt de forskningsinsatser vilka krävs för att beskriva det avfall som är avsett att deponeras i SFR. Detta görs genom att översiktligt beskriva den metod som är planerad att användas vid analysen av förvarets långsiktiga säkerhet.

2.3.1 Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning

I Fud-program 2004 /2-3/ och Fud-program 2007 görs ingen skillnad av redovisningen vad gäller SFR och SFL. Tidigare beskrivningar är övergripande med hänvisning till att djupare redovisning av Loma-programmet kommer att göras i Fud-program 2010. I Fud-program 2007 finns en omfattande beskrivning av säkerhetsanalys och forskning för SR-Site (den långsiktiga säkerhetsanalysen för Kärnbränsleförvaret). Tillämpbara delar av den forskning och metodikframtagning för säkerhetsanalys som sker inom SR-Site kommer även att ligga till grund för kommande säkerhetsanalyser för andra slutförvar än Kärnbränsleförvaret.

Den forskning som bedrivs av SKB inom Loma-programmet syftar till att ta fram data och modeller för att uppskatta nuklidinventariet, samt att analysera den långsiktiga säkerheten för barriärerna i befintligt SFR och framtida förvar. SKB bedriver ingen egen forskning inom rivningsområdet, utan erfarenheter inhämtas från rivningsprojekt i andra länder.

SKB har genomfört en detaljerad rivningsstudie för Oskarshamn block 3 vilken presenterades under 2006. I denna studie ingår både tekniker och strategier för rivning, beräknade avfalls- och aktivitetsmängder, samt tidsplaner och kostnadsberäkningar.

Studier som rör befintligt SFR har genomförts eller pågår inom områdena betong- och bentonitdegradering samt uppskattning av aktivitet i avfallet. Det senare åstadkoms genom mätningar på avfallet, direkt eller efter separation, samt med beräkningar och studier av korrelationsfaktorer mellan svärmätbara nuklider och nyckelnuklider.

Vidare har studier av sorptionskoefficienter för olika nuklider genomförts. Dessa faktorer spelar en stor roll för rörligheten av nuklider i de olika förvarsdelarna och kan därigenom påverka förvarets långsiktiga säkerhet.

SKI påpekar i sin granskning att SKB:s redovisning av säkerhetsanalyser för SFR är mycket kortfattad och innehåller så gott som ingen planering av den FoU som kan behövas i analysen för tiden efter förslutning. SKI påpekar att probabilistiska metoder i säkerhetsanalysen är värdefulla, men att de måste underbyggas med deterministiska beräkningar.

SKI anser att SKB:s insatser för att klarlägga radionuklidinventariet är lovvärda, inte minst kol-14 och nickelisotoperna, samt stöder uppfattningen att korrelationsfaktorer bör ersättas med andra metoder. SKI understryker vikten av att modeller för analys av komplexbildningens inverkan på säkerheten tas fram.

SSI ser positivt på SKB:s undersökningar av inventariet och liksom SKI efterfrågar man en redovisning av SKB:s planer för fortsatt forskning på området kopplat till driften och utbyggnaden av SFR.

2.3.2 Planer och program inför Fud 2010

Utvecklingen av ett forskningsprogram för långsiktig säkerhet för ett slutförvar måste, oberoende av förvarstyp, baseras på tidigare säkerhetsanalyser. De planer som kommer att redovisas i Fud-program 2010 baseras på det säkerhetsanalyserarbete som bedrivs inom projekt SFR-utbyggnad, samt på den under våren 2008 färdigställda säkerhetsredovisningen SAR-08. Eftersom en ansökan om att bygga ut SFR för att även rymma kortlivat rivningsavfall avses lämnas in år 2013 kommer det arbete som bedrivs fram till 2010 att fortsätta under nästa Fud-period, 2010–2013.

För närvarande har Loma-avdelningen ett antal forskningsprojekt som pågår eller är under uppbyggnad. Till exempel har det nyligen genomförda C-14-projektet vid Lunds universitet utökats med fler prover för att på så sätt bättre kunna korrelera mängden deponerad kol-14 i SFR mot uttagen termisk effekt (W_{Th}). I det utökade projektet analyseras kondensatreningsmassor från samtliga BWR-block samt driftjonbytommassor från samtliga PWR-block. Detta kommer att ge ytterligare information om deponerad aktivitet av kol-14, i både organisk och oorganisk form. Intressanta frågeställningar som SKB sannolikt kommer att behandla i framtiden är att kvalitativt bestämma vilka organiska kol-14-föreningar som bildas, och vilka som tas upp av jonbytarna i PWR- respektive BWR-blocken. Med sådan kunskap tillgänglig kan studier kring nedbrytningen av dessa föreningar ge svar på huruvida de kommer till förvaret och om de i så fall kan transporteras ut ur förvaret.

I och med att Ågesta kraftvärmereaktor införlivas i SKB:s arbete kommer de speciella förhållanden som gäller för denna anläggning att beaktas i kommande Fud-program. Till exempel har anläggningen varit avställd under en längre tid varvid de radionuklider som i kärnkraftverken utnyttjas som referensnuklider har avklingat till en mycket låg nivå. För att fastställa nuklidvektorer, det vill säga nuklidinventarielistor, för Ågestareaktorn kan särskilda analyser av kvarvarande radionuklider bli aktuella. Ågesta kraftvärmereaktor var tungvattenmodererad och mindre mängder tritium finns därför kvar i anläggningen. Denna nuklid förekommer endast i mycket små kvantiteter i lättvattenreaktorer varför ingen mer omfattande forskning om den har bedrivits av SKB. I kommande Fud-program kommer behovet av särskilda insatser för att kartlägga betydelsen av tritium i rivningsavfallet att belysas.

Nyligen har ett projekt initierats som syftar till att öka kunskapen om nedbrytningen av cement respektive betong under lång tid. Inom projektet kommer bland annat nedbrytningen av låg-pH-cement att undersökas. Syftet med projektet är att studera hur cementens egenskaper förändras med tiden, interaktionen mellan cement och bentonit (både låg-pH-cement och anläggningscement) samt hur en pH-plym utvecklas. Studierna kommer att ge en ökad förståelse för barriärernas egenskaper i slutförvaren för låg- och medelaktivt avfall, vilket i sin tur kommer att ge bättre indata om barriärerna i framtida säkerhetsanalyser.

Studier av komplexbildning kommer att fortsätta under kommande period. Dessa syftar till att ytterligare öka kunskapen kring olika organiska komplexbildares inverkan på sorptionskoefficienter för nuklider i förvarsmiljön. Ett av målen är att utarbeta en modell för inverkan på radionuklid-sorptionen av potentiellt komplexbildande kemikalier som kan komma att deponeras i SFR.

Avsikten med den följande texten är att beskriva hur arbetet med att ta fram säkerhetsanalysen för ett utbyggt SFR kommer att bedrivas, först fram till år 2010 och sedan vidare fram till 2013.

Den säkerhetsanalys som genomförs för en utbyggnad av SFR baseras på ett flertal av SKB:s tidigare säkerhetsanalyser, däribland Safe /2-4/ och SAR-08 /2-5/ för SFR samt SR-Can /2-6/ och SR-Site för Kärnbränsleförvaret. De platsundersökningar som bedrivs i Forsmark inom utbyggnadsprojektet baseras också på erfarenheter och information från de platsundersökningar som bedrivits för att lokalisera Kärnbränsleförvaret. Figur 2-2 visar en principskiss för hur SKB planerar att bedriva arbetet samt hur externa referenser, och tidigare erfarenheter, inkluderas i säkerhetsanalysen.

I principskissen visas även de delprodukter och rapporter som avses tas fram inom säkerhetsanalysarbetet under perioden fram till att ansökningarna om en utbyggnad av SFR lämnas in. De presenteras utförligare nedan.

FEP-analys

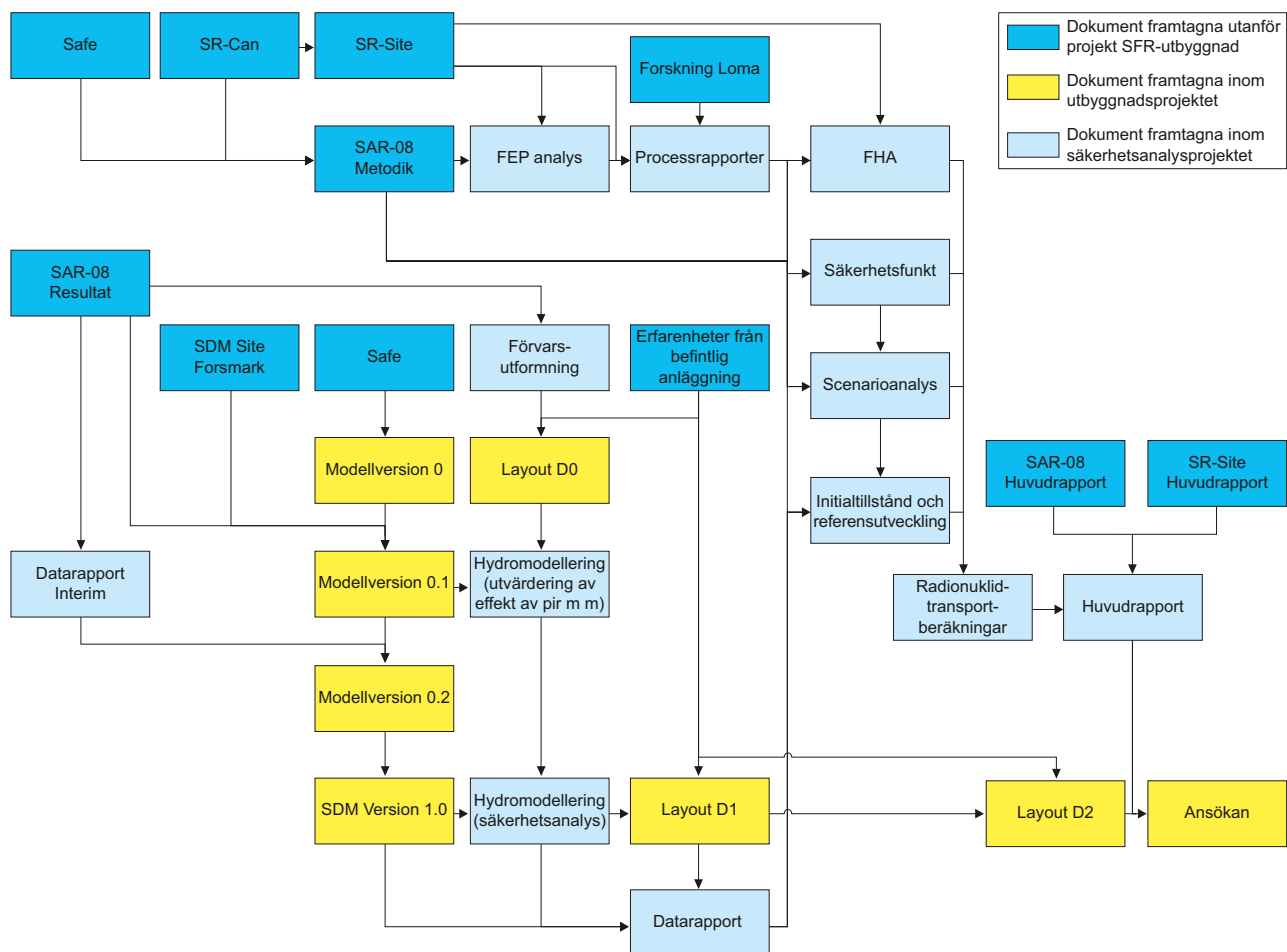
I en FEP-rapport (Features Events Processes) sammanfattas alla egenskaper, händelser och processer av betydelse för förvarssystemet. Den FEP-rapport som användes i Safe /2-7/ uppdaterades i SAR-08 /2-8/. Metodiken för att presentera och identifiera FEP utvecklades i SR-Can /2-9/.

Inom utbyggnadsprojektet ska den FEP-rapport som togs fram för SAR-08 uppdateras med ytterligare systemdelar, exempelvis återfyllda tunnlar, pluggar och bergsalar samt nya avfallstyper. Så långt som möjligt baseras FEP-rapporten på arbete som redan utförts inom SR-Can och SR-Site.

Utifrån identifierade FEP tas processrapporter fram för olika systemdelar. Upplägget av processrapporterna presenteras nedan.

Processrapporter

En nödvändig del av en säkerhetsanalys är att redovisa förståelsen av de processer som kan ske i förvarssystemet. Denna processförståelse bygger bland annat på det forskningsarbete som bedrivs inom och utanför SKB och på de FEP som identifierats (se ovan). I SR-Can togs (och i SR-Site tas) processrapporter fram för olika delar av systemet enligt en fördefinierad mall. Motsvarande mall tas fram för säkerhetsanalysen för ett utbyggt SFR. De identifierade systemdelarna skiljer sig dock, vilket medför att de olika processrapporterna kommer att i varierande grad påminna om motsvarande rapporter inom SR-Can och SR-Site.



Figur 2-2. Principskiss över aktiviteter och leveranser i säkerhetsanalysen av ett utbyggt SFR. För att göra figuren mer överskådlig är kopplingarna till dokument framtagna utanför projektet inte komplett utan mer principiell (exempelvis baseras SAR-08 och SDM-Site Forsmark på kunskap i SR-Can etc).

Geosfär

Processrapporten Geosfär för säkerhetsanalysen för ett utbyggt SFR kommer att kunna utnyttja mycket material som togs fram inom SR-Can /2-10/ och som tas fram inom SR-Site. Ett annat förvarsdjup, en annorlunda strategi för återfyllnad och olikartade bergskonstruktioner ger dock andra förutsättningar för rapporten. Detta innebär att delar av rapporten måste modifieras i olika utsträckning. Processrapport Geosfär kommer att behandla såväl bergmekanik som seismik och hydrogeologi.

Avfall

I processrapport Avfall diskuteras bland annat bildning och effekt av komplexbildare, tillgänglighet hos radionuklider (frigörelsehastigheter och hur dessa påverkas av externa faktorer), avfallens påverkan på andra systemkomponenter (redox), korrosion, cementstabilisering samt gasbildning. Motsvarande rapport finns inte för SR-Site utan är en ny produkt och del av Lomas forskningsprogram.

Barriärsystem

I processrapport Barriärsystem ingår barriärernas funktion, framtida tunnelåterfyllning och pluggning samt förvarssystemets framtida egenskaper (degradering av bentonit och betong, livslängder, skador på grund av skalv och frysning).

Klimat

Processrapport Klimat kommer till stor del att baseras på den klimatrapport som togs fram inom SR-Can /2-11/ och som tas fram inom SR-Site. Den stora skillnaden mellan de olika förvarstyperna handlar om olika permafrostdjup. Vidare kommer klimatrapporten, då andra radionuklider än för kärnbränsleförvaret är av intresse, att behöva hantera pessimism i den framtida klimatutvecklingen på ett annorlunda sätt.

Biosfär (Radionuklidtransport)

Processrapport Biosfär ska ge underlag till en förbättrad biosfärsmodell som exempelvis behandlar radionuklidtransport av kol-14. Det arbete som bedrivs för att förstå biosfärens betydelse för säkerhetsanalysen av ett utbyggt SFR kommer dock att till mycket stor del påminna om motsvarande arbete inom SR-Can /2-12, 2-13, 2-14/, SR-Site samt SAR-08 /2-15/.

Datarapport

I datarapporten kommer data som används i säkerhetsanalysen att presenteras och kvalificeras. Datarapporten för säkerhetsanalysen av ett utbyggt SFR kommer att följa ett liknande upplägg som datarapporten för SR-Can /2-16/ och SR-Site. För att kunna specificera platsundersökningsprogrammets databehov görs en inledande studie av befintligt datainventarium och dess kvalitet.

Inledande studie/interimversion

Den inledande studien syftar till att sammanställa data som användes i SAR-08 och på så sätt skapa en bild av vad som behöver förbättras. Målet är att kunna fastställa datainventariet för säkerhetsanalysen av ett utbyggt SFR och ge återkoppling till andra aktiviteter.

Utgångspunkt för arbetet att ta fram datarapporten är den Assessment Model Flowchart, AMF, som togs fram inom SAR-08 /2-17/ och som visar hur olika modeller beror av varandra samt hur data skickas mellan olika aktiviteter. Denna AMF utökas allteftersom nya data och beräkningsbehov identifieras.

Radionuklidtransportberäkningar

Under år 2008 har alla modeller som användes i SAR-08 tillämpats i en ny kod för radionuklidtransport. Arbetet fortsätter med en djupare känslighetsanalys än den som utfördes inom SAR-08.

Inom ramen för arbetet med säkerhetsanalysen SR-Site bedrivs en omfattande utveckling inom området biosfärsmodellering. Detta innefattar insamling av platsspecifika data samt utveckling av modeller och modelleringsverktyg. De modeller som används för säkerhetsanalysen av ett utbyggt SFR ska, där det är tillämpligt, vara baserade på de resultat som tagits fram inom SR-Site.

Förvarsutformning

Arbetet med utformning av förvaret kommer att bedrivas i samarbete mellan projektering, säkerhetsanalys och teknikutvecklingen. Vid dimensionering och teknikval ska förvarskomponenternas långtidsegenskaper beaktas. I arbetet ingår att utveckla dels tekniska barriärer (bentonit och betongkonstruktioner), dels tunnelåterfyllning och pluggning. Med tunnelåterfyllning avses ett (icke-tekniskt) material som används för att återfylla tunnlar och andra förvarsutrymmen. Tunnelåterfyllnad kan (om så krävs) kompletteras med pluggar för att minska hydraulisk transport i tunnarnas längdriktning. Inget val av återfyllning har gjorts i dag, utan detta kommer att utredas inom projektet.

Initialtillstånd

Arbetet med att ta fram beskrivningar av initialtillståndet kommer att ske i samarbete med platsundersökningsprojektet. Huruvida projektet väljer att arbeta med linjerapporter eller en initialtillståndsrapport kommer att bestämmas under år 2009.

Kommande arbete avseende initialtillståndet innefattar att bestämma omfattning för rapporter (linjerapporter/separat initialtillstånd-/referensutvecklings-rapport) och att fastställa initialtillståndet.

Referensutveckling

Arbetet med att ta fram beskrivningar av referensutveckling för SFR kommer att utföras i samarbete med platsundersökningsprojektet. Detta arbete baseras i olika grad på motsvarande arbete som utförts inom SR-Site. Biosfärsutvecklingen kan antas ske på ett nära identiskt sätt. Däremot kommer utvecklingen av barriärsystemen att skilja sig åt för säkerhetsanalysen av ett utbyggt SFR, jämfört med det KBS-3-förvar som SR-Site behandlar.

Under år 2009 fattas beslut om referensutvecklingen ska beskrivas i en referensutvecklingsrapport eller direkt i huvudrapporten som i SAR-08. De underlagsrapporter som behövs för att beskriva referensutvecklingen bestäms under arbetets gång.

Säkerhetsfunktioner

Vad gäller säkerhetsfunktioner kommer projektet att avvakta myndigheternas granskningskommentarer på SAR-08 innan det beslutats om hur arbetet med säkerhetsfunktioner ska bedrivas för säkerhetsanalysen av ett utbyggt SFR. De säkerhetsfunktioner och den metodik som använts bör dock ses över utifrån den nya anläggningens krav.

Scenarieanalys

För att ta fram de scenarier som sedan analyserades i SAR-08 användes säkerhetsfunktioner i kombination med de krav på mänsklig påverkan, FHA (Future human activities), som presenteras i författningar. Hur scenarieanalysen ska bedrivas inom säkerhetsanalysen för ett utbyggt SFR kommer att bestämmas senare och baseras på myndigheternas granskningskommentarer på SAR-08 samt det metodikarbete som bedrivs inom projekt SFR-utbyggnad.

3 Slutförvar för långlivat radioaktivt avfall

SKI förordar i sitt yttrande till regeringen över Fud-program 2007 en kompletterande redovisning av planerna för arbetet med SFL, eftersom man anser att SKB inte fullt ut beaktat regeringens förväntningar om redovisning av dessa. SKI och även SSI gör samma bedömning beträffande redovisningen av SFR och rivningen. SKI anser allmänt att del VI som innehåller redogörelsen för SFL-verksamheten är svåröverskådlig med många upprepningar inom delkapiteln och speciellt att redovisningen av SFL är otillräcklig. SKI anser att det är anmärkningsvärt att SKB utan att ha kontakt med myndigheten underlåtit att komma med en mer detaljerad beskrivning av planerna för omhändertagande av långlivat låg- och medelaktivt avfall trots vad myndigheterna efterlyste 2004 och vad regeringen redovisade i sitt beslut om Fud-program 2004.

SSI anser att planerna för kommande Fud-redovisningar är vaga och ofullständiga. SSI bedömer, liksom vid tidigare granskningar av SKB:s Fud-program, att avsaknaden av ett trovärdigt slutförvarskoncept och väl underbyggda riktlinjer och kriterier för avfallens konditionering kan medföra framtida strålskyddsproblem.

Kärnavfallsrådet framhåller att SKB på ett mer utförligt sätt än hittills bör redovisa sina planer för omhändertagande av låg- och medelaktivt avfall.

SKB har i brev till regeringen lämnat synpunkter på SKI:s yttrande och där pekat på möjligheten av att föra diskussioner med myndigheterna vad gäller forsknings- och utvecklingsverksamheten för SFL. Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, som nu ersätter såväl SKI som SSI, har kommenterat detta och vidhåller att det behövs en komplettering av Fud-program 2007.

Kapitel 3 innehåller en kompletterande redogörelse av verksamhetsplanerna för SFL. Som en bakgrund presenteras först en kortfattad historik i avsnitt 3.1 nedan. Nästa avsnitt, 3.2, handlar om planer och program för avfallet. Avsnitt 3.3 redovisar de förändringar av inriktning och ökning av resurser som SKB nyligen infört i avsikt att vitalisera arbetet med att utveckla ett säkert SFL. Avsnitten därefter, 3.4 och 3.5, behandlar planerna för den tekniska utvecklingen av förvaret respektive framtida säkerhetsanalyser och deras förberedelser genom vetenskaplig forskning.

Ytterligare synpunkter från myndigheterna tas upp i inledningen till de berörda avsnitten och diskuteras därefter i samma avsnitt.

3.1 Historiken

1978

Ett koncept för geologisk deponering av använt bränsle presenterades redan år 1978 tillsammans med en analys av den långsiktiga säkerheten /3-1/. Med kapsel av koppar, buffert av bentonit och förvar i berget på cirka 500 meters djup var detta en föregångare till det som numera kallas KBS-3-konceptet. Slutförvaringsmetoden från 1978 förutsatte emellertid att bränsleelementen demonterades så att endast bränslestavarna behövde placeras i kapslarna. De avskilda metall-delarna, som innehöll inducerad aktivitet efter att ha varit inne i reaktorhärden behövde också tas omhand. Den lösning som förordades för detta var att vid behov klippa och kompaktera metalldelarna samt placera dem i kubiska kokiller som fylldes igen med cementbruk. Kokillerna skulle sedan placeras i ett förvar bestående av tunnlar på cirka 300 meters djup. Förvaringstunnlarna skulle återfyllas med cementbruk och övriga utrymmen, schakt och förbindelsetunnlar återfyllas med en blandning av sand och bentonit. Den långsiktiga säkerheten prövades för ett antal av de nuklider som är typiska för inducerad aktivitet i avfallet, såsom kobolt-60, nickel-59, nickel-63, zirkonium-93 och kol-14. Slutsatsen var att de säkerhetskrav som fanns kunde uppfyllas med den föreslagna metoden.

1983

Beskrivningen av KBS-3-konceptet som åtföljde ansökan enligt villkorslagen 1983 innehöll även en redogörelse för hantering av metalldelar från bränslet /3-2/. Nu behövde inte bränsleelementen längre demonteras för att placeras i kapseln, men fortfarande skulle bränsleboxarna avskiljas från BWR-elementen. Bränsleboxarna och styrstavarna med borglas avsåg man att gjuta in i långa betongkokiller. Kokillerna skulle ungefär som tidigare föreslagits, placeras i ett förvar bestående av tunnlar på cirka 300 meters djup som därefter återfylldes med betongbruk. Övriga utrymmen, schakt och förbindelsetunnlar skulle återfyllas med en blandning av sand och bentonit. Innehållet av radionuklider uppskattades och man beräknade att utsläpp till geosfären från deponerings-tunnlarna skulle domineras av nickel-63, nickel-59 och niob-94. Eftersom kokillförvaret innehöll mycket betong skulle det placeras så att en eventuell pH-plym inte påverkade förvaret för använt bränsle.

1992

Redan tidigt stod det klart att även rivning av reaktorer skulle ge upphov till avfall i form av styrstavar, hårdkomponenter och interna delar med inducerad aktivitet. Det var att beteckna som långlivat låg- och medelaktivt avfall i jämförelse med det relativt sett kortlivade avfall som var avsett att deponeras i SFR. Oavsett vilken lösning som valdes för bränsleboxarna skulle i alla händelser ett förvar krävas för interna metalldelar och övriga hårdkomponenter (bränsleboxarna behöver numera inte avskiljas). Till detta kom det allmänna behovet av att ha ett förvar som kunde ta emot en del sent uppkommet driftavfall från Clab, en del sent kortlivat rivningsavfall och eventuellt också annat långlivat avfall från forskning och diverse användning av radionuklider i samhället. I Fud-program 1992 /3-3/ presenteras de första inledande stegen och planerna på att karaktärisera avfallet samt att genom forskning förbereda framtida säkerhetsanalyser.

1995

SKB:s första utkast till ett förvar för allt långlivat låg- och medelaktivt avfall togs fram redan år 1982 /3-4/. Då räknade man alltjämt med att få tillbaka avfall från uppberedning av svenskt bränsle i Frankrike, vilket inte längre är aktuellt. Ett nytt utkast gjordes år 1993 /3-5/. Båda ingick i SKB:s arbete med att uppskatta framtida kostnader. Den senare designen, som då inte längre omfattade avfall från uppberedning, prövades senare genom att analysera funktionen hos förvarets så kallade tekniska barriärer. Dessa föreföll effektiva och det verkade finnas utrymme för förenklingar av designen. Resultatet från funktionsanalysen rapporterades endast internt, men blev vägledande för den fortsatta utvecklingen och forskningen som därefter presenterades i Fud-program 1995 /3-6/.

1999

En ny design av SFL, byggd på erfarenheterna från förvarsdelen BMA i SFR, prövades i en säkerhetsanalys där praktiskt taget alla nuklider som kunde finnas i avfallet togs med i beräkningarna /3-7/. Analysen föregicks av en omfattande inventering av existerande och förutsett avfall planerat för anläggningen. För analysen av KBS-3-förvaret hade man dessförinnan valt tre hypotetiska platser med varierande hydrogeologi och biosfär, kallade Aberg, Beberg och Ceberg (sammansatta av mätningar från verkliga platser kompletterade med antaganden för att simulera en fullständig undersökt plats). Genom att använda samma platser för SFL-förvaret kunde betydelsen prövas av bland annat vattenflöde på förvarsdjup och typ av ekosystem. Förvaret placerades på något olika djup på de tre olika platserna, från 300 till 375 meter beroende på förbindelsetunnlarnas lutning och placering. Resultatet av analysen visade att lågt vattenflöde i berget på förvarsdjup var en viktig egenskap för säkerheten. De lätttröliga och långlivade nukliderna klor-36 och molybden-93 som tagits med för första gången dominerade den beräknade dosen. Betydelsen av istider diskuterades, men någon fullständig analys av sådana scenarier genomfördes aldrig. Säkerhetsanalysen som genomfördes för SFL var således inte komplett, men hade ändå ett högt informationsvärde på grund av de delvis oväntade resultaten. Säkerhetsanalysen blev därmed till stor hjälp för det fortsatta arbetet med att förbereda framtida säkerhetsanalyser och att utveckla hantering och lagring av avfallet.

2001

Fud-program 2001 redovisade erfarenheterna från säkerhetsanalysen av SFL samt resultaten från SKB:s forskning och utveckling på området /3-8/. Beträffande fortsättningen beslöts dock att skjuta något på vidare utveckling och analys. SFL skulle enligt de reviderade planerna inte behöva vara i drift förrän tidigast omkring år 2045 och lokaliseringen därmed inte behöva aktualiseras förrän omkring år 2035.

2004

Fud-program 2004 redogjorde för åtgärder som vidtagits för SFL-avfallet med anledning av erfarenheterna från den tidigare säkerhetsanalysen samt ytterligare resultat från forskningen inför framtida säkerhetsanalyser av ett SFL-förvar /3-9/. Eftersom flera av de studier som sedan planerades för fortsättningen bedömdes vara till gagn för såväl SFR som SFL presenterades vid det här tillfället ett gemensamt program för båda ändamålen. Den linjen har följts sedan dess. Mycket av det arbete som lagts ner på SFR och Kärnbränsleförvaret är utan tvivel av värde även för SFL. I samband med Fud-program 2004 beslöts att Fud-program 2010 särskilt skulle belysa verksamheten med Loma-systemet, det vill säga SKB:s anläggningar, transportbehållare, fordon och annat som behövs för att ta hand om det låg- och medelaktiva avfallet.

3.2 Omhändertagande av avfall

Följande avsnitt rekapitulerar kortfattat vad som skrivits om långlivat låg- och medelaktivt avfall i Fud-program 2007 och i myndigheternas granskningskommentarer. Motiven för den praxis som för närvarande tillämpas när avfallet hanteras och mellanlagras diskuteras liksom planer på nya inventeringar av framtida avfall.

3.2.1 Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning

Det som kallas långlivat låg- och medelaktivt avfall består huvudsakligen av hårdkomponenter och interna delar från reaktorerna samt långlivat avfall från verksamheter i Studsvik, forskning, sjukvård och industri. Långlivat avfall från kärnkraftverken mellanlagras i bassängerna i Clab eller i kärnkraftverkens bassänger. I framtiden är avsikten att större delen av detta avfall i stället mellanlagras torrt. OKG använder redan i dag ett bergrum, BFA, på Simpevarpshalvön för torr mellanlagring av hårdkomponenter och SKB planerar att utnyttja BFA för hårdkomponenter från alla kärnkraftverk för att minska belastningen på Clab. Däremot ska styrstavar och utrustning som innehåller klyvbart material även i fortsättningen mellanlagras i Clab. Långlivat avfall från forskning, sjukvård och industri tas om hand och mellanlagras tillsammans med Studsviks eget avfall i ett bergrum på Studsvik. Ett datorstött registreringssystem, kallat Draak, har utvecklats av SKB för att dokumentera det långlivade låg- och medelaktiva avfallet.

De avtal och avsiktsförklaringar som upprättats mellan SKB och andra aktörer rörande omhändertagande och slutförvaring av deras kärntekniska avfall, som nämnts i första kapitlet, inkluderar även det långlivade låg- och medelaktiva avfallet. Därav följer att de olika aktörerna även i detta fall själva ansvarar för att avfallet konditioneras på ett sådant sätt att det kan godkännas av SKB för slutförvaring. Det är alltså endast under denna förutsättning som SKB åtagit sig att ta emot avfallet.

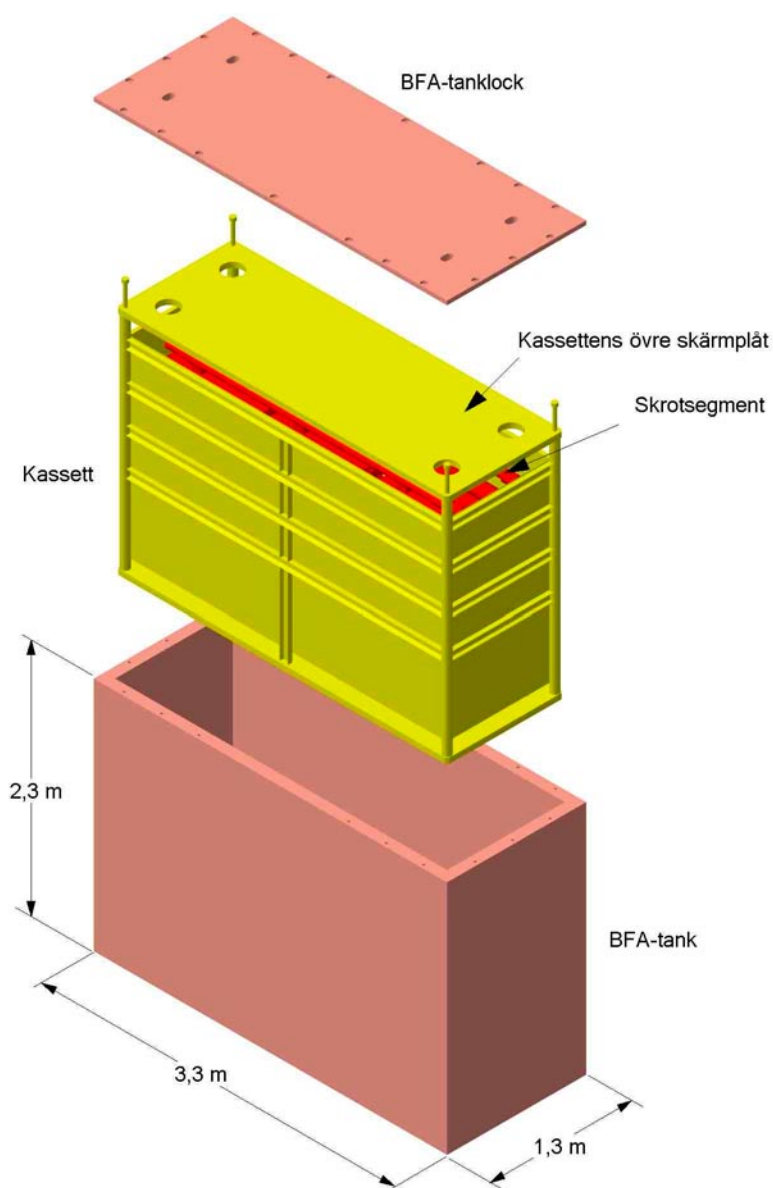
SKI anser att kompletteringen av Fud-program 2007 bör innehålla en tydligare beskrivning av planerna för SFL-verksamheten, så att myndigheterna kan bedöma om nästa redovisning i Fud-program 2010 blir av tillräcklig omfattning avseende när i tiden det avfall uppkommer som är avsett för SFL. Uppskattningen av när i tiden SFL-avfall uppkommer behövs för att bedöma om SKB:s tidsplan är rimlig, om det finns möjligheter till stegvis utbyggnad och/eller behov av mellanlager. Att SKB på eget initiativ tagit fram ett system för dokumentation av SFL-avfall är dock positivt enligt SKI.

SKI förvånas över att SKB inte tar upp annat än hårdkomponenter som exempel på SFL-avfall och påminner om att det finns ett par tusen kubikmeter avfall på Studsvik som också hör hemma i den här kategorin. SKI påpekar även att omkonditionering kan ge onödiga stråldoser samt mindre lyckade lösningar för transport och lagring av avfallet från strålsäkerhetssynpunkt.

SSI framhåller att det redan i dag uppkommer SFL-avfall i samband med modernisering och effekt-höjning av kärnkraftverken. SSI menar att den konditionering som behöver göras i dag kan visa sig olämplig i framtiden. Konsekvenserna av detta kan enligt SSI bli att slutförvaret måste anpassas till det befintliga avfallet på ett sätt som kan försämra slutförvarets funktion. Alternativt menar man att avfallet måste omkonditioneras, vilket medför risker för onödiga stråldoser till framtida personal. SSI anser att detta väcker frågan om det är acceptabelt från strålskyddssynpunkt att konditionera ytterligare avfall för SFL innan planerna har vidareutvecklats.

3.2.2 Planer och program inför Fud 2010

Såsom framgått redan av föregående avsnitt består den huvudsakliga delen av det i dag befintliga avfallet till SFL av härdkomponenter, vilka i dag mellanlagras antingen i bassänger på Clab eller förvaras torrt i tillslutna behållare av stål, se figur 3-1. Genom att avfallet ligger löst i öppningsbara behållare eller i Clab är det tillgängligt för en eventuell omkonditionering. Den nuvarande konditioneringen är alltså reversibel.



Figur 3-1. Behållare av stål för mellanlagring av använda härdkomponenter.

SKB förstår att myndigheterna gärna skulle se ett tidigt besked om val av slutlig konditioneringsmetod och även vilja se att denna metod användes under mellanlagringsperioden för att ytterligare öka stabiliteten hos avfallet. SKB förordar dock att sådana irreversibla åtgärder används först då framtida säkerhetsanalyser visat att de tänkta lösningarna uppfyller ställda krav. Vi uppfattar att detta ligger i linje med myndigheternas synpunkt om vikten av att undvika omkonditionering som i onödan skulle kunna vålla dos hos dem som måste genomföra arbetet.

Om avfallet kan mellanlagras och hanteras säkert, utan omfattande irreversibel konditionering, behålls därför handlingsfriheten till dess att slutförvarets design är godkänd och beslutad. Ett sådant förfarande är i grund och botten detsamma som gäller för det använda bränsle som förvaras i form av bränsleelement i Clab för att senare kunna inneslutas i kopparkapslar. En framtida omkonditionering av avfall till SFL skulle till exempel kunna innebära att man väljer att gjuta in det i betong i den befintliga behållaren, alternativt att man lyfter ut avfallet ur behållaren och utför en helt annan typ av konditionering. Att utvärdera vilken metod som slutligen ska tillämpas är en högt prioriterad uppgift inom SFL-arbetet.

En särställning har i detta sammanhang sådant avfall som avses att bli slutförvarat i SFL och som exempelvis är flytande och därför tidigt irreversibelt behöver föras över i fast form för att kunna hanteras säkert.

Det är alltså SKB:s ambition att i möjligaste mån i detta skede undvika irreversibel konditionering av SFL-avfallet samt att ge frågan om val av slutlig konditioneringsmetod för SFL-avfallet hög prioritet.

Inför säkerhetsanalysen år 1999 inventerades allt avfall som SKB vid den tidpunkten räknade med skulle gå till SFL. En del avfall fanns redan, till exempel avfall från forskning som hade förpackats och lagrades på Studsvik medan reaktorernas interna delar fortfarande var kvar i reaktorerna. Tre uppgifter om avfallet behövdes för att kunna genomföra säkerhetsanalysen: volymen avfall, innehållet av nuklider och innehållet av andra ämnen av betydelse för säkerheten. Det tog nära tre år att göra denna sammanställning som således bestod av både en inventering av existerande avfall och en uppskattning av allt framtida avfall till SFL. Sedan detta gjordes har planerna och inriktningen förändrats en del.

I avsnitt 1.3 presenteras olika strategier för drift och förslutning av SFR och SFL. Om till exempel SFR ska hålla öppet längre än vad som tidigare förutsågs, behöver sent driftavfall och sent kortlivat rivningsavfall inte nödvändigtvis gå till SFL. I så fall blir avfallet mer begränsat till sådant som verkligen är att betrakta som långlivat och behovet av utrymme minskar i motsvarande mån. Vad som däremot skulle tendera att öka volymerna är om driften av de svenska reaktorerna förlängs, vilket i så fall skulle ge mera avfall från underhållet av dessa. Mängden framtida avfall i form av hårdkomponenter och interna delar i de befintliga reaktorerna kan uppskattas med relativt god noggrannhet, men vad som därutöver kommer att uppstå genom underhåll blir behäftat med en del osäkerhet. När i tiden avfall uppkommer som ett resultat av till exempel rivning av reaktorer beror framförallt av det övergripande svenska kärnkraftprogrammet. Rivningen diskuteras i kapitel 4.

En ny framtida säkerhetsanalys kräver en ny inventering av existerande och förutsett avfall för deponering i SFL. Det beror på att såväl planerna för verksamhet som genererar avfall, liksom åsikten om vad som ska gå till SFL, har förändrats sedan 1999, men också på att möjligheterna att uppskatta inventariet av radionuklider har förbättrats i och med forskningen inför SFR:s säkerhetsanalyser. Att göra en sådan inventering kan som ovan nämnts ta en del tid, men om man i ett inledande skede kan begränsa sig till att enbart uppskatta volymer av olika typer av avfall och således vänta med att beräkna inventariet av radionuklider blir det enklare. En tidig uppskattning av volymer av olika avfallstyper kommer att behövas som underlag för den tekniska utveckling som beskrivs i avsnitt 3.4. Arbetet med att inventera det avfall som ska deponeras i SFL benämns i denna rapport "SFL-inventarium". Ett första steg kan vara att ta fram ett användbart underlag för den utveckling av SFL som planeras. Att närmare beskriva planerna för inledningen av SFL-inventarium är ett mål för Fud-program 2010. I samband med den inledande inventeringen kan man även pröva att uppskatta när i tiden det framtida avfallet blir tillgängligt för mellanlagring eller deponering.

Om helt nya typer av avfall tillkommit sedan inventeringen 1999 är det också nödvändigt att beskriva vad detta skulle kunna betyda för den långsiktiga säkerheten. Beslut att acceptera nya typer av avfall till SFL bör naturligtvis föregås av en bedömning av vilken inverkan på säkerheten detta kan ha (se avsnitt 3.5.2).

3.3 Övergripande planering

I följande avsnitt redovisas de initiativ som SKB nyligen tagit för att skapa en tydligt urskiljbar struktur för arbetet med utvecklingen och säkerhetsprövningen av SFL. De övergripande planer som gäller för hela Loma-programmet och vilka även omfattar utvecklingen av ett säkert SFL redovisas i handlingsplanen (kapitel 1). Därutöver beskriver följande avsnitt främst hur arbetet med den fortsatta planeringen av SFL-verksamheten kommer att bedrivas.

3.3.1 Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning

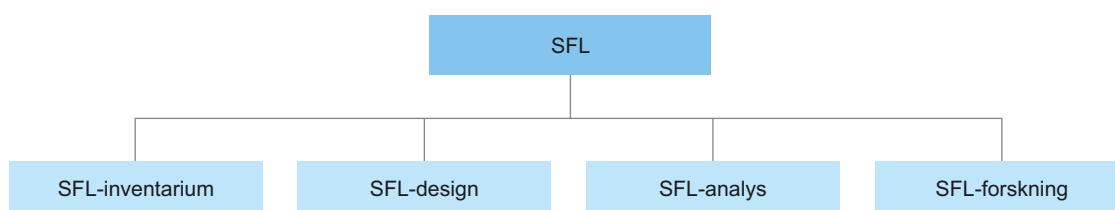
Myndigheternas synpunkter på planerna för utvecklingen av SFL i Fud-program 2007 har redan tagits upp i inledningen till detta kapitel. I kritiken betonades att redovisningen av SFL i Fud-program 2007 varit svåröverskådlig och otillräcklig.

Fud-programmen beskriver i allmänhet inte SKB:s interna resursplanering, som till exempel anställning av personal eller överföring av medarbetare till nya uppgifter. Detta är inte heller något som myndigheterna kommenterat. För att bemöta kritiken av SFL-delen i Fud-program 2007 och för att understryka SKB:s bestämda avsikt att förstärka insatserna på området, redovisas dock sådana förändringar nedan. Avsikten med åtgärderna som presenteras är att förbereda arbetet med att planera verksamheten och inleda arbetet så att fastare konturer kan redovisas i Fud-program 2010.

3.3.2 Planer och program inför Fud 2010

Utgångspunkten för arbetet med att utveckla ett säkert SFL-förvar består i att beslut har fattats om att arbeta på det sätt som beskrivs i denna rapport samt att nya medarbetare har avdelats för uppgiften. Den handlingsplan och det forskningsprogram som omfattar SFL-verksamheten diskuteras endast övergripande här. Den första milstolpen har varit att utarbeta kapitlet om SFL i detta dokument, att närmare planera, strukturera och beskriva arbetet med SFL blir uppgiften inför nästa milstolpe, som är Fud-program 2010. Det är dock viktigt att framhålla att det dryga år som återstår för arbetet med Fud-program 2010 är i minsta laget för hinna ta fram en ny verksamhetsplan för SFL-arbetet med allt vad detta innebär, även om det till viss del rör sig om en uppdatering av äldre planer. Det kommer oundvikligen att behövas viss tid för inläring, skapa kontakter och bekanta sig med området. En schematisk beskrivning av SFL-verksamheten och dess fyra viktigaste fokusområden visas i figur 3-2 nedan.

Sett i ett större perspektiv gäller det att nå målet att bygga SFL och ta det i drift. Detta ligger fortfarande långt fram i tiden. Olika scenarier där SFL ingår diskuteras i kapitlet Handlingsplan, avsnitt 1.3.2. Gemensamt för dessa scenarier är att SFL behöver stå färdigt för att ta emot och deponera avfall först efter år 2045. Tidpunkten är beroende av hur länge kraftverken drivs och eventuella utrymmen för mellanlagring. Flera viktiga milstolpar måste passeras på vägen dit, såsom val av design och plats, ansökningar etc. Ett nu närliggande mål är att undersöka olika förslag till



Figur 3-2. Schematisk beskrivning av SFL-verksamheten och dess fyra viktigaste fokusområden.

design och sedan pröva det valda utförandet med en säkerhetsanalys. Med tanke på de resurser som krävs för en säkerhetsanalys är detta en uppgift som först kan påbörjas efter att ansökan om utbyggnad av SFR lämnats in, vilket i sin tur kan ske tidigast år 2013. Till dess att arbetet med den fullständiga säkerhetsanalysen för SFL inleds gäller det att arbeta fram en ny uppskattning av avfallet, ett förordat förslag till design och resultat från den vetenskapliga forskning som behövs för att stödja säkerhetsanalysen, ett arbete som kommer att presenteras i form av en förstudierapport och ett nytt referensinventarium under år 2013.

Utgångspunkten för inledningen av SFL-verksamheten blir det koncept och den säkerhetsanalys som presenterades 1999 /3-7/, inklusive tillhörande underlagsrapporter /3-10-3-13/, samt inte minst synpunkterna från myndigheterna och deras experter /3-14/ i den mån de inte redan är tillvaratagna. Den senaste analysen av SFR /3-15/ är naturligtvis också mycket användbar, inte minst med tanke på att SFR numera analyseras i ett med SFL jämförbart tidsperspektiv. Dessutom finns både vägledning i metodik och direkt användbart underlag i den senaste säkerhetsanalysen av KBS-3-konceptet, det vill säga SR-Can /3-16/.

Att skapa ett nätverk av kontakter är viktigt när SFL-verksamheten ska planeras och struktureras. Det gäller att bygga upp såväl interna som externa kontakter. Exempel på de förra är kontakter med de olika projekt och program på SKB där man sysslar med liknande saker. Detta kan gälla såväl utbyte av information som samarbete med eller interna uppdrag till olika enheter och avdelningar på SKB. Externa kontakter kan också gälla informationsutbyte, samarbeten eller direkta uppdrag, och avse parter både i Sverige och utomlands. Internationellt finns en hel del verksamhet på det här området. Långlivat låg- och medelaktivt avfall förekommer i flera länder men koncepten för slutförvaring varierar en del, till exempel beroende på olika typer av avfall, geologiska förutsättningar för att bygga slutförvar och inte minst lagstiftningen. Forskningen på det vetenskapliga område som ska ligga till grund för säkerhetsanalysen är däremot inte lika känsligt för olikheter. Här är det inte så svårt att hitta gemensamma frågor och samarbetet kan var till gagn av flera skäl, inte minst genom att ett brett deltagande stimulerar kritiken, något som i sin tur bidrar till att hypoteser och modeller prövas innan de används vidare. Internationellt samarbete i vetenskapliga projekt på området kan på så vis bidra till den långsiktiga säkerheten. Att leta upp sådana projekt eller medverka till att nya startas kan vara några av flera vägar att följa.

Vad som mer behöver göras behandlas nedan i avsnitten om teknikutveckling samt säkerhetsanalys och forskning. De initiativ som kan behöva tas beträffande avfallet framgår av det redan behandlade avsnittet 3.2 Omhändertagande av avfall.

3.4 Teknikutveckling

Avsnittet behandlar SKB:s planer att tekniskt utveckla SFL. Förslaget från år 1999 behöver förändras, bland annat därför att det projicerade framtida inventariet i SFL förändrats sedan dess. En del rent driftsavfall som var avsett för SFL kommer förmodligen att tas omhand i SFR i stället. Säkerhetsanalysen 1999 pekade på behovet av att om möjligt förbättra förvarets tekniska barriärer för att därigenom bli mindre beroende av platsens hydrogeologiska egenskaper. Till detta ska läggas det önskvärda i att pröva och inte minst redovisa olika tänkbara varianter och alternativ för att bättre motivera det utförande som till slut väljs.

3.4.1 Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning

Några planer på specifika studier av förvaret SFL och dess utformning redovisades inte i Fud-program 2007. SKB rekapitulerade endast myndigheternas synpunkter från föregående Fud-program 2004 och hänvisade därefter till nästa Fud-program 2010. Tanken var att först vid det senare tillfället redovisa planerna för SFL.

SKI menar att kompletteringen bör innehålla planer och program för SFL så att myndigheterna kan bedöma om nästa redovisning av SFL i Fud-program 2010 blir av tillräcklig omfattning avseende alternativa utformningar, med konstruktionsförutsättningar och säkerhetsfunktioner.

SKI anser att det redan nu behövs en trovärdig utformning av SFL som grund för kriterier för val av metoder att behandla avfall avsett för SFL. SKI saknar i Fud-program 2007 det mera detaljerade program som behövs för att ta fram SFL samt tillhörande säkerhetsanalyser.

SSI anser inte att SKB har redovisat ett program för arbetet med att vidareutveckla utformningen av ett slutförvar för långlivat avfall som är godtagbart i förhållande till regeringens beslut över Fud-program 2004. Man menar att frågan om SFL:s utformning inte heller adresserats i SKB:s planering inför Fud-program 2010.

SSI framhåller betydelsen av ett användbart koncept och dess säkerhetsanalys för att ge vägledning om hur avfallet bör karakteriseras, vad som är nyckelnuklider etc. Konceptet för slutförvaret kan även ge riktlinjer för hur avfallet bör konditioneras. SSI pekar på svårigheterna som kan uppstå om man vill karaktärisera avfallet långt efter att det producerats, då det har förändrats och kunskapen om dess ursprung kanske gått förlorad.

3.4.2 Planer och program inför Fud 2010

En viktig slutsats från säkerhetsanalysen år 1999 var att vattenflödet på förvarsdjup spelar en stor roll i det föreslagna konceptet /3-7/. De hydrogeologiska förutsättningarna på olika områden kan skilja sig en hel del i detta avseende. För att inte alltför mycket inkräkta på möjligheterna att välja plats och för att inte komma alltför nära uppsatta normer för säkerhet, vore det bra om de tekniska barriärerna mot spridning av radionuklider kunde förbättras. Detta bör vara ett angeläget mål vid utvecklingen av SFL-konstruktionen.

I samband med denna uppgift är det även angeläget att ta hand om en synpunkt som myndigheterna framförde redan i sin granskning av säkerhetsanalysen 1999 /3-14/. Man framhöll att det saknades fullständiga motiveringar till varför den föreslagna designen förändrats jämfört med tidigare redovisningar. Ett angeläget fokusområde i den övergripande SFL-verksamheten, tills vidare benämnt ”SFL-design”, blir därför att undersöka om det går att förbättra förvarets barriärer.

Ett led i detta arbete blir att pröva inverkan av olika parametrar som till exempel förvarsdjup, förvarets dimensioner, typer och mängder av olika material samt för- och nackdelar med något olika principiella lösningar, till exempel hydraulisk bur eller buffert med låg hydraulisk konduktivitet. Betydelsen av diffusion i konstruktionen respektive inverkan av vattenflödets fördelning mellan återfyllningen och konstruktionen har visserligen prövats och diskuterats redan i samband med rapporten 1999, där resultatet återges i kapitlet 10.5 Konsekvenser av förändringar i design /3-7/, men det finns mer att göra.

Den tekniska utvecklingen av förvaret kan inte bedrivas som en isolerad verksamhet. Relationerna mellan avfallet, förvaret och säkerhetsanalysen är avgörande för utvecklingen. Innehållet av radionuklider i avfallet kan kanske betraktas som givet, men konditioneringen och förpackningen av avfallet påverkar utformningen av förvaret och vice versa. Förvaret med sitt innehåll av avfall påverkar i sin tur säkerheten som prövas genom säkerhetsanalysen. Resultatet av säkerhetsanalysen kan å sin sida leda till beslut om att ändra på utformningen av förvaret och även påverka metoderna att konditionera avfallet. Om man ser till utvecklingen av själva förvaret gäller det att ta hand om, styra och underlätta dessa relationer. Åtminstone till en början måste det bli fråga om ett iterativt förfarande. Teknisk utveckling sker som regel stegvis mot ett först användbart och sedan alltmer förbättrat utförande, via ett förfarande som i någon mån alltid innebär att man prövar sig fram. Säkerheten är hela tiden av avgörande betydelse. Säkerhetsbedömningar behöver göras löpande och den fullständiga säkerhetsanalysen är den yttersta metoden att pröva en föreslagen design på en tänkbar plats. Arbetsgrupper sammansatta av konstruktörer, personer med insikt i avfallets sammansättning och inte minst experter på säkerhetsanalys och därmed sammanhängande frågor, kan användas för att åstadkomma utkast till design. De föreslagna lösningarna måste sedan bedömas och utvecklas ytterligare. Det är bra om processen kan ges god tid. När ett förslag till teknisk lösning eller förbättring dyker upp är det inte självklart att konsekvenserna för den långsiktiga säkerheten omedelbart står klara.

Att välja lämpliga ”säkerhetsfunktioner”, deras indikatorer samt kriterier för att indikatorerna ska vara uppfyllda är en metod som med framgång har använts i SR-Can för att identifiera scenarier av betydelse för Kärnbränsleförvarets långsiktiga säkerhet /3-16/. Samma metod har nyligen använts

vid analysen av den långsiktiga säkerheten för SFR /3-15/. Speciellt den senare användningen borde kunna bli vägledande för SFL-arbetet. Hur detta ska utnyttjas och om det kan vara till hjälp redan när olika alternativa lösningar diskuteras återstår att se.

När ett koncept väl valts och ska utvecklas vidare mot den slutliga designen blir med nödvändighet allt fler personer inblandade och förbättringarna blir mera inriktade på detaljer, samt på förberedelser inför uppförandet av anläggningen. Arbetet kan underlättas och styras med olika slag av fastställda normer. En typ av sådana är ”konstruktionsförutsättningar” som även efterlyses av myndigheterna. Det är bra att tidigt inrikta sig på att definiera och sätta upp sådana, men det är också viktigt att samtidigt bibehålla en flexibel attityd så länge utvecklingen pågår. De kriterier som den tekniska utvecklingen ska följa måste vid behov kunna ändras. Det behövs överenskomna regler och procedurer för att genomföra sådana ändringar. Anledningen är att säkerhetsanalysen av en ny eller förändrad design kräver tid för att identifiera tänkbara invändningar samt pröva konsekvensen och relevansen av dem. Resultatet kan sedan ge ytterligare förutsättningar eller leda till att betydelsen av de tidigare omvärderas.

Sammanfattningsvis kan sägas att inriktningen är att planera och strukturera arbetet med design av SFL som en del i den övergripande SFL-verksamheten, med målet att åstadkomma ett säkert utförande och med delmålen att på vägen fram till det slutliga förslaget pröva och redovisa betydelsen av olika parametrar och något olika principiella lösningar, till exempel olika typer av barriärer mot spridning av radionuklider. Ett tidigt steg i den riktningen blir att knyta lämplig kompetens till uppgiften och börja organisera arbetet. Detta är SKB:s ambition inför Fud-program 2010.

3.5 Säkerhetsanalys och forskning

Detta avsnitt behandlar SKB:s förberedelser inför framtida säkerhetsbedömningar genom utveckling av metodik för säkerhetsanalyser och planering av forskning på området. Det gäller forskning i betydelsen vetenskaplig forskning inriktad på att pröva säkerheten. Tyngdpunkten kommer att ligga på det sistnämnda och forskningen kommer att främst inriktas på sådana studier som är specifika för SFL och inte tas om hand inom något annat program.

3.5.1 Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning

I redovisningarna av vetenskaplig forskning som bedrivs för att stödja säkerhetsanalyser av slutförvar för låg- och medelaktivt avfall i de senaste Fud-programmen 2004 och 2007 har ingen åtskillnad gjorts mellan SFR och SFL. På senare tid har visserligen inriktningen på den nyligen genomförda säkerhetsanalysen av SFR varit helt dominerande, men en hel del av dessa studier bör vara användbara även för SFL. Exempelvis refereras i Fud-program 2007 till bestämning av korrelationsfaktorer mellan mätbara och svärmätbara radionuklider i avfall, bildning av komplexbildare genom nedbrytning av organiska ämnen i förvaret och deras inverkan på radionuklider, osäkerheter i sorptionskoefficienter för radionuklider i betong, kemisk degradering av betong samt till frysning av betong och utveckling av permafrost. Det finns naturligtvis skillnader i behoven mellan SFR och SFL, och en inriktning på SFL förutsätter att de genomförda studierna utvärderas i det avseendet. Fud-program 2007 tar inte upp den aspekten.

SKI anser att kompletteringen bör innehålla planer och program för SFL så att myndigheterna kan bedöma om nästa redovisning av SFL i Fud-program 2010 blir av tillräcklig omfattning. Myndigheten framhåller härvid innehåll och inriktning av kommande säkerhetsanalyser som behövs för att kunna ta fram och verifiera acceptanskriterier för avfallet, liksom även innehållet i det FoU-program som behövs för att stödja dessa säkerhetsanalyser.

3.5.2 Planer och program inför Fud 2010

När det gäller utveckling av metoder för att analysera den långsiktiga säkerheten för SFL kommer arbetet i huvudsak att inriktas mot att ta vara på erfarenheter från närliggande program och projekt, till exempel genom att inventera vad som hittills har gjorts samt vid tillfälle medverka i nya projekt.

Den nyligen genomförda säkerhetsanalysen av SFR och den planerade analysen av ett utbyggt SFR är av stort intresse i det här sammanhanget. Det är fördelaktigt om så mycket som möjligt av den kompetens som använts och används för säkerhetsanalyser av SFR även kan utnyttjas i en framtida analys av SFL, eftersom avfallet och antagligen även slutförvarskoncepten kommer att likna varandra i flera avseenden.

Säkerhetsbedömningar kommer att behöva göras för de olika typer av lösningar som ska testas när det gäller förvarets utformning och tekniska barriärer. Det är möjligt att resultaten från platsundersökningarna i Oskarshamn och Forsmark inför säkerhetsanalysen SR-Site, liksom de undersökningar som bedrivs för ett utbyggt SFR i Forsmark, kan användas när SFL ska simuleras genom beräkningar i ett berg med tänkbara egenskaper. Dessa planer avser dock inte var SFL till sist ska lokaliseras, utan är helt inriktade på att finna lämpliga vägar för att pröva de förslag som tas fram inom SFL-design. Då arbetet med SFL-design ännu är i sin linda är det inte SKB:s ambition att redan i detta skede diskutera olika lokaliseringalternativ för ett framtida SFL, utan snarare att testa olika förvarskoncept mot hypotetiska platser med olika egenskaper. Frågan om framtida lokalisering av SFL har berörts både i Fud-program 2001 och i Fud-program 2004 och i båda dessa rapporter anges 2035 som ett sannolikt årtal för när frågan om lokaliseringsort för SFL kan bli aktuell. Vad gäller val av plats för ett framtida SFL så kan det ju synas naturligt att välja någon av de platser som i dag undersöks i arbetet med Kärnbränsleförvaret, alternativt samlokalisera SFL med SFR, men SKB ser även möjligheten att andra platser kan komma i fråga. Det fokusområde som handlar om att testa eventuella förslag till design och deras förmåga att uppfylla säkerhetskraven benämns tills vidare "SFL-analys". Arbetet med SFL-analys förutsätter att förslag finns till olika utföranden och det är därför sannolikt att Fud-program 2010 inte kommer att kunna redovisa så mycket om delprogrammet SFL-analys.

SFL-design ska leda fram till valet av ett referensutförande för SFL som ett säkert slutförvar för allt befintligt och förutsett framtida avfall i kategorin långlivat låg- och medelaktivt avfall. Detta prövas till sist med en fullständig säkerhetsanalys baserad på en inventering av avfallet, en realistisk platsbeskrivning liksom annat nödvändigt underlag. Tillsammans utgör Kärnbränsleförvaret, SFR och SFL en heltäckande resurs för att ta hand om olika typer av svenskt radioaktivt avfall, under förutsättning att avfallet har eller kommer att få de egenskaper vi överblickar i dag. Förändringar av processer, nya typer av verksamheter eller andra omständigheter kan ge upphov till avfall med andra egenskaper. För att i framtiden kunna ta ställning till en sådan utveckling behövs regler som talar om vilka egenskaper avfallet måste ha för att kunna accepteras. Sådana regler behövs även för att styra den förutsedda verksamheten. Kriterier som avfallet måste uppfylla, så kallade acceptanskriterier, behöver stödjas med erfarenheten från en genomförd säkerhetsanalys. Valet av kriterier behöver föregås av regler och rutiner för att ändra dessa kriterier om detta skulle visa sig nödvändigt. Det kan till exempel visa sig att ett kriterium behöver skärpas, eller omvänt att det varit onödigt restriktivt. Likaså är det angeläget att samtidigt med val av kriterier anta regler som stipulerar vad det ska innebära om kriterierna inte uppfylls. För SFR:s del motsvaras acceptanskriterierna av de så kallade typbeskrivningarna som anger vilka egenskaper en given kategori av avfall måste ha för att kunna tas emot för deponering. Ett liknande förfarande övervägs för SFL.

Flera forskningsprojekt kan vara så pass allmängiltiga för olika typer av avfall att det inte alltid är självklart inom vilket program som undersökningarna primärt ska bedrivas. Detta talar för användningen av mer generella forskningsprogram, till exempel med gemensamma studier avseende allt låg- och medelaktivt avfall som förordats i Fud-program 2007. Likväl föreslås här en annan modell som innebär separata tydligt urskiljbara verksamhetsområden, med egna identiteter och med olika ansvariga handläggare. Detta upplägg underlättar uppföljning och det blir också lättare att avväga omfattningen av de insatser som krävs för att nå målen. För effektivitetens skull är det naturligtvis samtidigt önskvärt att en undersökning som utförs inom ramen för ett verksamhetsområde även kan tillfredsställa behov inom angränsande verksamheter. För att kunna genomföra säkerhetsanalyser som vid ett givet tillfälle är mest angelägna är det viktigt att kunna samla de tillgängliga resurserna, om än tillfälligt. Detta bidrar dessutom till att erfarenheterna sprids i organisationen och ökar därmed förmågan att genomföra säkerhetsanalyser för alla typer av slutförvar.

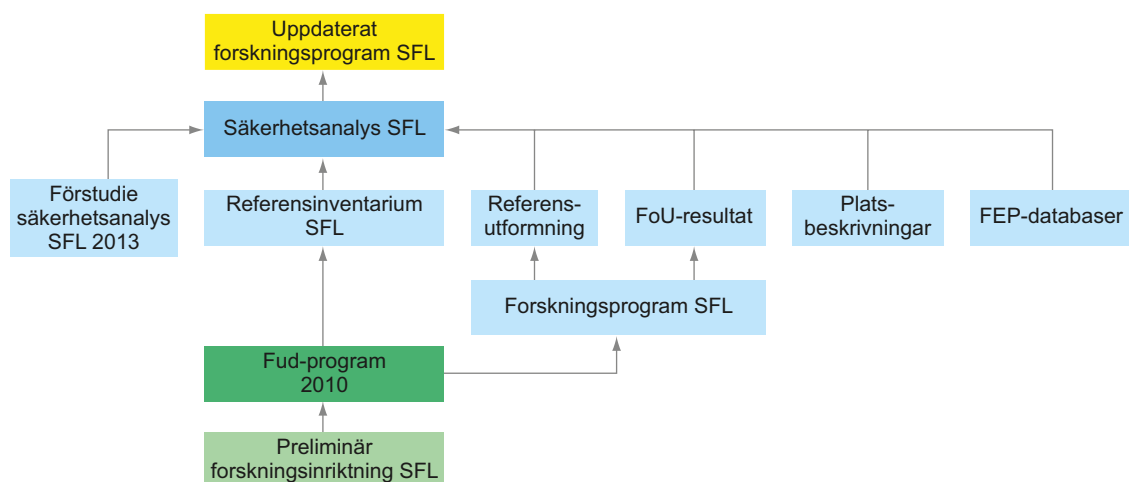
De grundläggande studier som behövs för att stödja framtida säkerhetsanalyser av SFL sammanfattas här under fokusområdet "SFL-forskning". Erfarenheterna från säkerhetsanalysen år 1999 pekade på ett antal viktiga processer som behövde belysas /3-7/. Dessa redovisades därefter i Fud-program

2001 och utgjordes av följande: korrosion av stål och aluminium, mikrobiell nedbrytning av organiskt material i avfallet, uppbyggnad av gasövertryck i avfallskollin och inbyggnader av betong, lakning av cement och betong, reaktioner mellan lakningsprodukter från cement och omgivande grusfyllning (återfyllning), utfällning av kalcit och brucit (kalciumkarbonat respektive magnesiumhydroxid) samt alkalisk nedbrytning av cellulosa i avfallet. I figur 3-3 nedan visas en schematisk översikt över planerna för SFL-verksamheten fram till kommande säkerhetsanalys för SFL.

I Fud-programmen 2001 och 2004 redovisades även en del studier som påbörjats med inriktning på SFL. Bland dessa fanns några internationella projekt, till exempel bestämning av termodynamiska konstanter för kalciumsilikahydratfaser (vid universitetet i Aberdeen, Skottland), avsedda att användas till beräkningar av cementlakning /3-17/, HPF-projektet som studerade utbredning och reaktioner i en så kallad hög-pH-plym i granitiskt berg i Grimsel, Schweiz /3-18/, studier av naturliga cementfaser i Jordanien /3-19, 3-20/ och nedbrytning av cellulosa /3-21/. En del av dessa studier fortsatte sedan längre in på tjugohundratalet, till exempel HPF-projektet /3-22, 3-23 och 3-24/, studierna av cementanalogier i Jordanien och nedbrytningen av cellulosa. I det senare fallet handlade det om experiment med alkalisk nedbrytning av cellulösans egen nedbrytningsprodukt (isosackarinsyra) /3-25/. En oberoende fortsättning på de ursprungliga experimenten med nedbrytning av cellulosa rapporterades nyligen /3-26/. Ett doktorandprojekt, med inriktningen att utveckla modeller för degradering av cement i SFL, bedrevs vid universitetet i Santiago de Compostela, Spanien och rapporterades 2006 /3-27/. Forskningen med inriktning på SFL har egentligen inte legat på en så låg nivå som presentationen i del VI av Fud-program 2007 olyckligtvis gett intryck av.

Inom SFL-forskning behöver det inledande arbetet fokuseras på att gå igenom nuläget och besvara följande frågor: Vad har de tidigare studierna som var inriktade på SFL gett för resultat? Vilka av de undersökningar som redan har utförts eller pågår med säkerhetsanalysen av SFR som främsta anledning går att använda även för SFL? Vilka ytterligare studier är nödvändiga för SFL? Erfarenheterna från den tidigare säkerhetsanalysen år 1999 bör göra det möjligt att överblicka det totala behovet av vetenskapligt underlag för en analys av SFL:s säkerhet. Skulle detta visa sig svårt får man överväga att mera systematiskt gå igenom alla de tänkbara processer som skulle kunna spela en roll för säkerheten, bedöma deras betydelse för SFL och avgöra om de är gemensamma med SFR. Därutöver kan, som redan nämnts, förändringar i designen ge upphov till ytterligare önskemål om undersökningar eller göra andra överflödiga.

Inriktningen med avseende på tiden är att ha ett användbart program för vetenskaplig forskning som kan leverera nödvändigt underlag till en säkerhetsanalys, vilken i sin tur ska påbörjas någon gång efter år 2013, efter att ansökningarna om utbyggnad av SFR lämnats in. Programmet SFL-forskning bör kunna byggas upp och nå en fullt produktiv nivå till dess, det vill säga en uppbyggnad under perioden från och med Fud-program 2010 till därpå följande Fud-program 2013. Erfarenheten från det föregående programmet tyder på att detta borde gå att åstadkomma inom den angivna tiden.



Figur 3-3. Planerad verksamhet till nästa säkerhetsanalys SFL.

4 Ansvar, strategi och teknik för rivning av kärntekniska anläggningar

SKI har förordat en kompletterande redovisning till Fud-program 2007 som beträffande planeringen för rivning av kärnkraftverk bör innehålla följande:

- En sammanställning av de avvecklingsplaner som kärnkraftsföretagen tagit fram i enlighet med SKI:s och SSI:s föreskrifter.
- En redovisning för omhändertagandet av rivningsavfallet från Barsebäck som kompletteras med förtydligande underlag som i kvantitativa termer visar på möjligheter och svårigheter att påbörja deponering av rivningsavfall i det befintliga SFR vid olika tidpunkter (när och i vilken takt olika slag av avfall uppkommer).
- En redovisning av hur Vattenfall AB som tillståndshavare för Ågesta kraftvärmereaktor avser att uppfylla sina skyldigheter enligt 12 § kärntekniklagen.

SKI förklarar att avsikten är att kompletteringarna ska ge myndigheten underlag för en bedömning av om SKB:s och kärnkraftsföretagens redovisning av dessa frågor blir av tillräcklig omfattning i Fud-program 2010.

Avsikten med föreliggande kapitel är att i enlighet med myndigheternas önskemål komplettera och förtydliga de planer som SKB i samarbete med kärnkraftsföretagen upprättat för rivning av kärntekniska anläggningar. Kapitlet återknyter till de tre kapitlen i Fud-program 2007 som behandlar rivning, det vill säga kapitel 38 Strategier för rivning, kapitel 39 Ansvarsfördelning vid rivning och kapitel 40 Teknik för rivning. Framställningen har granskats av myndigheterna som kommenterar den i sitt yttrande och i den bifogade granskningsrapporten /4-1/, där de nämnda kapitlen i Fud-program 2007 motsvaras av avsnitt 8.5 Ansvarsfördelning och strategier för rivning samt avsnitt 8.6 Teknik för rivning.

4.1 Ansvarsfördelning och strategier för rivning

I Fud-program 2007 redovisar SKB i kapitel 38 och 39 de strategier för rivning som SKB tillsammans med kärnkraftsföretagen har tagit fram som utgångspunkt för sin planering. Planeringen baseras på de avvecklingsplaner som kärnkraftsföretagen redovisar enligt SKIFS 2004:1 och SSI FS 2002:4.

Huvudstrategin för rivning är att den ska påbörjas så snart som möjligt efter den slutliga avställningen av reaktorn. Ett slutförvar för det kortlivade rivningsavfallet ska vara tillgängligt liksom möjligheter för mellanlagring av det långlivade rivningsavfallet. Principerna redovisas i /4-2/.

Ansvar för rivning ligger på kärnkraftsföretagen medan SKB, på uppdrag av sina delägare, ansvarar för omhändertagande av det radioaktiva avfallet från rivningen.

4.1.1 Slutsatser i Fud 2007 och dess granskning

SKB påpekar i Fud-program 2007 att huvudansvaret för avveckling och rivning ligger på kärnkraftsföretagen och att det är deras planer som ligger till grund för SKB:s arbete. Huvudstrategin för rivning av kärnkraftverk är att den ska göras i ett tidigt skede efter slutlig avställning och bortforsling av det använda kärnbränslet. En förutsättning är att det ska finnas ett slutförvar för det kortlivade låg- och medelaktiva avfallet liksom möjligheter att mellanlagra det långlivade rivningsavfallet.

SKI konstaterar att kärnkraftsföretagen har ett kvarstående ansvar att tillsammans eller var för sig redovisa sina egna planer och strategier för avveckling och rivning. SKB:s planer måste utgå från kärnkraftsföretagen som således har det yttersta ansvaret för strategin. SKI liksom SSI anser inte att SKB:s redovisning av kärnkraftsföretagens strategier för rivning i generella termer är tillräcklig för att myndigheterna ska kunna bedöma rimligheten i tidsplaner och åtgärdsprogram.

Det saknas således, enligt SKI och SSI, en redovisning i Fud-program 2007 av reaktorinnehavarnas planer för att riva och ta hand om allt uppkommet avfall. Av redovisningen måste reaktorinnehavarnas planerade åtgärder för att uppfylla 10 § i kärntekniklagen tydligt framgå, lämpligen i form av de avvecklingsplaner som krävs enligt myndigheternas föreskrifter. SKB bör enligt Kärnavfallsrådet på ett mer utförligt sätt än hittills redovisa sina planer för att ta hand om låg- och medelaktivt avfall och beskriva hur rivningen av kärntekniska anläggningar ska genomföras. Rådet anser att SKB bör precisera och motivera när rivningen av olika anläggningar ska ske.

SKI anser att SKB:s motivering av tidsplanen för rivning av Barsebäcksverket framstår som välgrundad. SKB bör kunna utveckla det nyligen redovisade dokumentet om rivningsavfall från Barsebäck. Vidare anser SKI att SKB borde ha kunnat ge en mer sammanhållen bild av ansvarsfördelningen för rivning på ett och samma ställe i Fud-programmet. SKB:s redovisning av sina planer och program i anslutning till rivning behöver enligt SKI struktureras bättre med utgångspunkt från den ansvarsfördelning som råder mellan kärnkraftsföretagen och SKB.

SSI påpekar följande beträffande Ågestareaktorn:

- Lagen om kärnteknisk verksamhet (10 och 12 §§) bör omfatta Ågestareaktorn.
- Det ingår inte i SKB:s uppdrag att ta hand om avfall från Ågestareaktorn, åtminstone inte låg- och medelaktivt avfall.

SSI anser att regeringen bör begära att Vattenfall redovisar ett program för att ta hand om avfall från avveckling och rivning av Ågestareaktorn. SSI påpekar dessutom att för frågor som ligger utanför SKB:s åtagande bör varje reaktorinnehavare lämna en separat redovisning.

Det är inte klart för SSI hur stora delar av det rivningsavfall som SKB avser att deponera i SFR, som istället kan markförvaras eller friklassas. Det borde ha framgått av beskrivningen i Fud-program 2007 att reaktorinnehavarna svarar för all hantering på anläggningsplatsen och att lösningar kan väljas som inte framgår av Fud-programmet.

Kärnavfallsrådet anser att frågan om ansvarsfördelning mellan kärnkraftverken och SKB kan behöva diskuteras ytterligare. Frågor om beslutsprocessen för rivning och omhändertagande av avfallet bör utredas. Innebörden av gällande EU-direktiv och bestämmelser i miljöbalken behöver klarläggas inför rivning av kärnkraftverken. Kärnavfallsrådet anser att behovet av miljökonsekvensbedömningar av rivning av kärnkraftverken också bör belysas. Rådet betonar vikten av en transparent beslutsprocess avseende avställning och rivning där kommunerna inbjuds att delta i dialogen.

I anslutning till Fud-program 2010 förväntar sig SKI ett mera fullständigt material om rivning, till exempel i form av blockspecifika rivningsstudier. SKI framhåller att det är viktigt att de blockspecifika rivningsstudierna genomförs så snart som möjligt, inte bara med tanke på kostnadsuppföljningar utan också för att ge underlag till planering och motivering av hanteringssystem. Helst borde detta ingå redan i Fud-program 2010.

4.1.2 Planer och program inför Fud 2010

Avvecklingsplaner

Fud-program 2010 kommer att fokusera på det så kallade Loma-programmet, som hanterar frågor rörande låg- och medelaktivt avfall, såväl kortlivat som långlivat. I Loma-programmet ingår även SKB:s arbete med att tillsammans med kärnkraftsföretagen ta fram strategier och teknik för rivning av kärnkraftverken. Utgångspunkten för arbetet är kärnkraftsföretagens avvecklingsplaner vilka redovisas för myndigheterna enligt SKIFS 2004:1 och SSI FS 2002:4. Utgående från dessa avvecklingsplaner tar SKB tillsammans med kärnkraftsföretagen fram uppskattningar av avfallsmängder och kostnader för avveckling och rivning. Detta görs i form av anläggningspecifika rivningsstudier.

En struktur för hur avvecklingsplanerna kan se ut baserat på myndighetsföreskrifternas krav, har gemensamt tagits fram av innehavarna av kärntekniska anläggningar och SKB. Strukturen redovisas i Struktur på avvecklingsplan för kärntekniska anläggningar, guideline /4-2/.

I avvecklingsplanerna redovisas de strategier som respektive kärnkraftsföretag har för avvecklingen av sina anläggningar. Där redovisas också vilket ansvar som ligger på kärnkraftsföretagen samt vilka dokument och tillstånd dessa behöver ta fram inför olika skeden av planering och genomförande av avvecklingen.

Eftersom rivningen i många fall ligger långt fram i tiden har ännu inte några detaljerade planer utarbetats av kärnkraftsföretagen. I de fall SKB behöver mer detaljerade uppgifter än vad som framgår av de preliminära avvecklingsplaner som kärnkraftsföretagen tillställt myndigheterna, görs antaganden i samråd mellan kärnkraftsföretagen och SKB. Merparten av detta samordningsarbete görs inom den så kallade Rivningsgruppen, där samtliga innehavare av kärnkraftverk deltar tillsammans med SKB, Studsvik/Svafo och Westinghouses bränslefabrik. Rivningsgruppen är rådgivande till SKB:s Loma-avdelning i frågor som rör avveckling av kärntekniska anläggningar.

I /4-3/ har SKB sammanställt de delar av avvecklingsplanerna som kärnkraftsföretagen redovisat för SKI och SSI och som berör SKB:s verksamhet. I rapporten diskuteras även de antaganden som SKB tillsammans med kärnkraftsföretagen har gjort utöver vad som framgår av de preliminära avvecklingsplanerna, men som SKB har behov av för sin planering.

Ansvarsfördelning mellan SKB och dess delägare

Ansvarsfördelningen mellan SKB och delägarna när det gäller avveckling och rivning har beskrivits i ett separat kapitel i Fud-program 2007. En mer detaljerad beskrivning av ansvarsfördelningen och de aktiviteter som ligger i avvecklingsplaneringen och genomförandet av rivningen kommer att lämnas i Fud-program 2010. Av redovisningen ska tydligt framgå att kraftverksägarna ansvarar för de detaljerade planer som tas fram inför ansökan om rivningslov. Även miljökonsekvensbeskrivningar och säkerhetsanalyser avseende rivningen är ett direkt ansvar för kraftverksägarna.

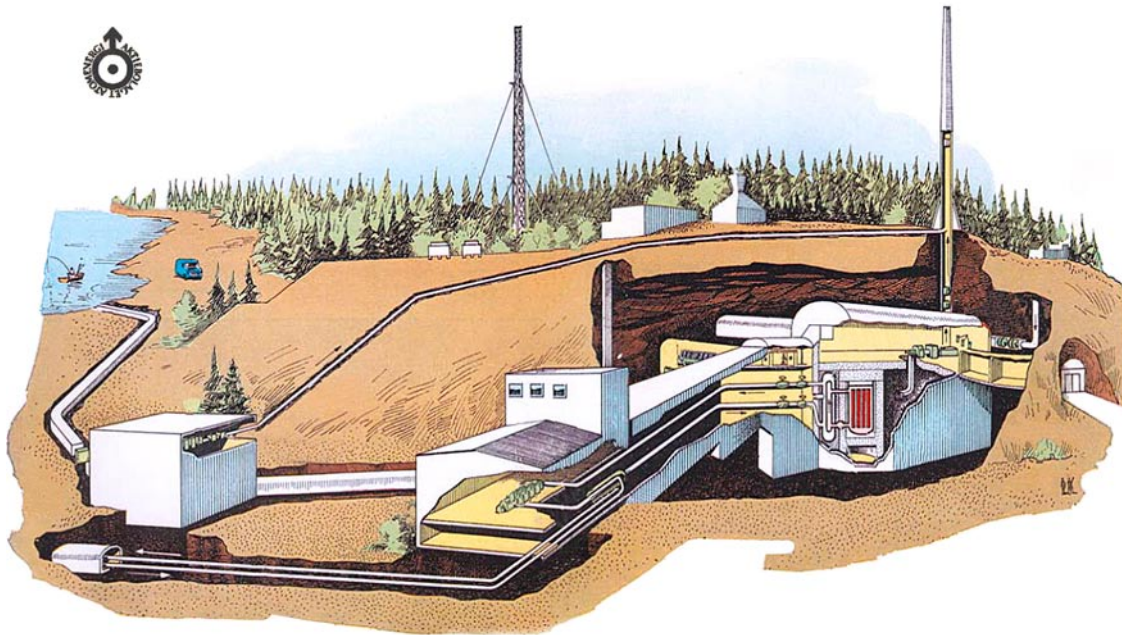
Frågan om markdeponering av rivningsavfall, som aktivitetsmässigt ligger i gränslandet mellan att behöva slutförvaras i SFR och att kunna friklassas, bör tas upp i kommande Fud-program. SKB kommer förmodligen att ha en bild av vad som, med utgångspunkt från internationella regelverk, skulle kunna markdeponeras och konsekvenserna av detta innan Fud-program 2010 skrivits och inlämnats, men så länge SSM inte har lagt fast regler för friklassning av material, utrymmen, byggnader och mark, måste frågan lämnas öppen. Den totala mängd avfall som kommer att deponeras i SFR beror på hur stora volymer avfall som kan markdeponeras, samt hur mycket material som kan friklassas och undantas från kraven enligt kärntekniklagen.

Planering för rivning innefattar även att ta ställning till frågan om till exempel en snabb rivning med åtföljande större volymer (mindre tid för sortering och kompaktering) är att föredra framför en strategi med en minimal avfallsvolym som mål. Här kommer de enskilda kärnkraftsföretagen in i bilden eftersom detta framför allt är deras planeringsansvar. Frågeställningarna kommer att diskuteras närmare i Fud-program 2010.

Ågesta kraftvärmereaktor

Vattenfall AB är tillståndsinnehavare för Ågesta kraftvärmereaktor, figur 4-1, och hälftenägare av anläggningen (andra hälften ägs av Svafo). Av denna anledning kan Vattenfalls skyldigheter enligt 12 § kärntekniklagen hanteras inom SKB:s program. Skyldigheten att enligt kärntekniklagens 10 § redovisa planeringen för att på ett säkert sätt avveckla och riva anläggningen bedöms uppfyllt genom den avvecklingsplan som år 2005 tagits fram och redovisats för myndigheterna.

Merparten av det som krävs för avfallshantering och slutlig förvaring av avfallet faller väl inom ramarna för SKB:s nuvarande forskningsprogram. Frågeställningar som bedöms specifika för Ågesta avses bli behandlad i kommande Fud-program. Det gäller exempelvis nuklidinventeringen i anläggningen som måste göras på ett något annorlunda sätt, eftersom den har varit avställd under en lång tid. Aktivitetsnivåerna är mycket låga och de radionuklider som finns kvar i delar av anläggningen tillhör i många fall de så kallade svärmätbara nukliderna. Utöver detta så finns i anläggningen spår av tritium som hittills inte har hanterats av SKB.



Figur 4-1. Ågesta kraftvärmeverk.

Transporten av rivningsavfallet kommer till viss del att behöva ske på landsväg, vilket SKB:s transportsystem kommer att behöva ta hänsyn till.

Rivningen av Ågesta kraftvärmereaktor kommer att införlivas med SKB:s arbete och beskrivas i Fud-program 2010. En rivningsstudie för Ågesta kommer att genomföras enligt samma principer och förutsättningar som för kärnkraftverken.

Tidig rivning av Barsebäck

SKI framhåller i sin granskning av Fud-program 2007 att SKB:s motivering av tidsplanen för rivning av Barsebäckverket framstår som välgrundad. SKB har redovisat ett dokument i detta ärende. Myndigheten anser att en kvantitativ utveckling av denna PM bör göras. Detta har SKB gjort och resultatet redovisas i /4-4/.

I en utredning av rivning av Barsebäckverket har avfallsvolymer för olika typer av avfall sammanställts /4-5/. Det framgår tydligt av rapporten att den volym som Barsebäck har tillgång till i befintligt SFR inte räcker till rivningsavfallet. Även om övriga intressenter skulle upplåta sina andelar avsedda för driftavfall i SFR så kommer det att krävas en avsevärd omfördelning av rivningsavfallet till kollin och förvarsdelar där avfallet inte hör hemma med hänsyn till ett optimalt utnyttjande av anläggningen. Omfördelningen skulle dessutom innebära ett merarbete på kraftverket med sönderdelning och hantering som är såväl doskrävande som kostsamt och tidsödande, det vill säga rivningen tar längre tid, kostar mer och ökar dosbelastningen på personalen.

Med hänsyn till behovet av omlicensiering av SFR, förhandlingar med övriga intressenter samt omplanering av rivningens genomförande kan en tidigareläggning på högst ett eller ett par år för start av rivningen påräknas. Hur sluttidpunkten för rivningen sedan skulle påverkas är osäkert, eftersom rivningen i detta fall kommer att ta mer tid i anspråk än vad som planeras.

4.2 Teknik för rivning

I Fud-program 2007 noterar SKB behovet av att genomföra blockspecifika rivningsstudier inför den förestående utbyggnaden av SFR. Förutom att genomföra kostnadsuppskattningar ska de blockspecifika studierna ge ett tillräckligt underlag för att bedöma avfallsvolymer och aktivitetsinnehåll i rivningsavfallet.

Tekniken för rivning bedöms vara väl känd och beprövad. Inför rivningen förutsätts att en kemisk dekontaminering av processystemen genomförs, för att minska stråldoserna till personal och för att medge enklare hantering av materialet. I Fud-program 2007 kapitel 40 sammanfattas olika beprövade tekniker för demontering av anläggningarna.

Inga specifika kommentarer har lämnats på den teknik som SKB, i samråd med reaktorinnehavarna, utgått från i rivningsstudierna. En del av kommentarerna som behandlades ovan i avsnitt 4.1 är emellertid relevanta även för avsnitt 4.2, till exempel frågor om rivningsstudier och behandling av rivningsavfallet.

4.2.1 Planer och program inför Fud 2010

Rivningsstudier

Anläggnings- och plats specifika rivningsstudier kommer i det närmaste att vara färdiga när Fud-program 2010 publiceras. En relativt detaljerad redovisning kan därför lämnas i Fud-program 2010, även om sammanfattande slutsatser kommer att saknas.

Hittills har SKB genomfört detaljerade rivningsstudier för så kallade referensanläggningar, en för BWR och en för PWR. Övriga anläggningar har betraktats utifrån i huvudsak deras storlek i förhållande till referensanläggningen. Detta har sedan använts för att uppskatta avfallsvolymer och kostnader för rivningen.

Eftersom planeringen för faktisk rivning av Barsebäcksverket nu går in i en mer detaljerad period ställs även krav på mer detaljerade rivningsstudier. SKB har tillsammans med BKAB låtit göra en rivningsstudie för hela Barsebäcksanläggningen med plats specifika data och planer som grund /4-5/.

För att få en mer detaljerad uppskattning av avfallsvolymer och radionuklidinnehåll i rivningsavfallet har detaljerade studier för övriga kraftverk påbörjats eller är under planering. De nya rivningsstudierna ska ge tillräckligt underlag för att planera utbyggnaden av SFR för rivningsavfall. De ska även ge en uppskattning av radionuklidinnehållet som kan användas i analysen av den långsiktiga säkerheten för det utbyggda slutförvaret SFR. Säkerhetsanalysen behövs i sin tur som underlag till ansökan om tillstånd för utbyggnaden. Eftersom rivningsstudierna görs specifikt för varje anläggning kommer även kostnadsunderlaget för rivningen att bli mer precist än med dagens modell.

Markförvar för mycket lågaktivt rivningsavfall

Markförvarsfrågan kommer att behöva diskuteras närmare eftersom den påverkar utbyggnaden av SFR. Till exempel behöver kravbilderna för markförvar och friklassning belysas. För att kunna göra en planering fordras att de föreskrifter som tillhör kravbilderna finns framme. Några sådana finns inte i dag och därför har SKB utgått från en preliminär uppskattning av vad som kan vara rimligt för friklassning genom att följa EU:s eller IAEA:s rekommendationer.

Utifrån enbart gällande föreskrifter och villkor för markförvar har det inte varit möjligt göra en uppskattning av hur stora avfallsmängder som skulle kunna markförvaras. En principiell frågeställning är också hur behovet av institutionell övervakning efter förslutning av markförvaren kan komma att påverkas. De lokala mycket begränsade markförvar som finns i anslutning till vissa kärntekniska anläggningar, är tänkta att inte behöva någon längre tids institutionell övervakning efter förslutning. Om markförvar, figur 4-2, för mycket lågaktivt rivningsavfall ska etableras är det emellertid rimligt att utgå från att en övervakningstid efter förslutningen kommer att erfordras.

Markförvarsfrågan och friklassning av material är nära knutna till varandra och för båda saknas i dag en kravbild anpassad till de avfallsmängder som kan bli aktuella vid rivning. För de mycket begränsade mängder material som i dag friklassas eller markdeponeras finns föreskrifter, men dessa är inte anpassade för de större volymer som kan bli aktuella vid en rivning.



Figur 4-2. Exempel på markförvar för mycket lågaktivt avfall

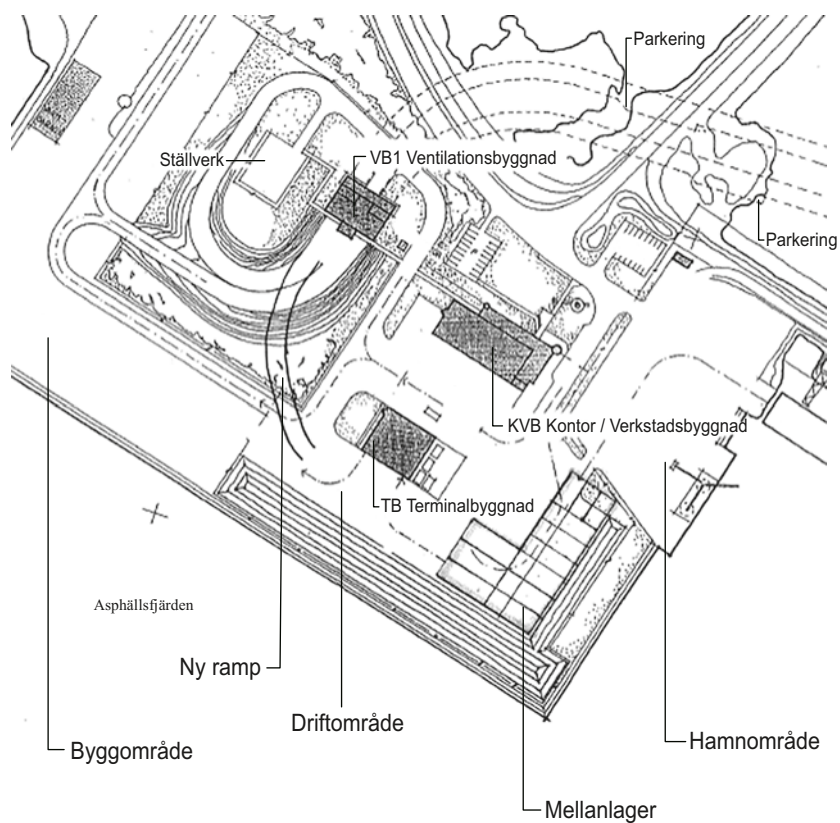
Hantering av stora komponenter

Det behövs ett principbeslut inför projekteringen av SFR-utbyggnaden avseende möjligheten att deponera hela reaktortankar och andra större komponenter i SFR. Det beslutet planeras bli taget under år 2009. Att hantera reaktortankar och andra stora komponenter som enheter utgör ett alternativ till sönderdelning och packning i mindre avfallsbehållare.

Reaktortankarna kommer, om utbyggnaden av SFR inte anpassas för nertransport av hela reaktortankar och andra stora komponenter, att behöva mellanlagras ovan mark, alternativt lämnas på plats vid kärnkraftverken till dess att all annan rivning på samtliga kärnkraftverk har avslutats. Om principbeslutet blir att projektera utbyggnaden av SFR så att reaktortankar kan deponeras i ett stycke kommer byggtunneln att anpassas för detta i samband med utbyggnaden, figur 4-3. Då skulle reaktortankar från Barsebäck kunna tas emot från år 2020, i samband med att den utbyggda delen av SFR tas i drift.

Hantering i ett stycke av så stora och tunga komponenter som reaktortankar har genomförts i USA. I dessa fall har det rört det sig om de mindre reaktortankarna från PWR. Reaktortankar från BWR är betydligt större.

Det finns god potential att minska dosbelastningen på personal samt att förkorta rivningstiden ifall stora komponenter kan demonteras och avlägsnas utan sönderdelning. Därför finns ett stort internationellt intresse för dessa frågeställningar. En internationell arbetsgrupp inom OECD/NEA kommer från år 2009 att studera hantering och deponering av stora komponenter utan sönderdelning. Erfarenheter och slutsatser från detta arbete som beräknas pågå under två till tre år, kan vara av stort värde för de svenska planerna. Såväl SKB som kärnkraftsföretag planerar att delta i studierna.



Figur 4-3. Ny ramp till nedfartstunneln i SFR.

5 Det fortsatta arbetet med Loma-programmet

I rapportens första del har SKB:s planer och program för omhändertagande av låg- och medelaktivt avfall presenterats. Det är viktigt att påpeka att förutsättningarna för denna verksamhet på flera avgörande punkter har ändrats under senare år och att förutsättningarna kommer att fortsätta att förändras. De planer och program som redovisats här har anpassats till kärnkraftsföretagens nuvarande planering och till regeringens önskemål om förtydliganden och en överskådlig långsiktig planering. Redovisningen bygger på och kompletterar redovisningen av Loma-programmet i Fud-program 2007. Rapporten avser således att svara upp mot regeringens beslut angående komplettering av Fud-program 2007 i de delar som rör Loma-programmet – planer och program för SFR, SFL och rivning. SKB anser att dessa kompletteringar utgör tillräckligt underlag för att motsvara dessa krav.

SKB ser dessa kompletteringar som ett naturligt led i den fortsatta planeringen av de nödvändiga åtgärderna för att på ett säkert sätt omhänderta allt låg- och medelaktivt avfall som ska slutförvaras i SKB:s anläggningar. De planer som presenteras i handlingsplanen i kapitel 1 är preliminära. De avspeglar det aktuella planeringsläget och är baserade på kärnkraftsföretagens nuvarande planering. Den tidsplan som visas har upprättats i syfte att förmedla hela Loma-programmets omfattning, och är av naturliga skäl mycket översiktlig längre fram i tiden. Handlingsplanen ger ändå en bild av det arbete som måste göras och de inriktnings- och strategibeslut som styr SKB:s planering.

SKB anser att Fud-arbetet är viktigt, både för den interna och för den externa kommunikationen. I Fud-programmen redovisas det gällande kunskapsläget samt planer och program för de kommande åren. På detta sätt utgör Fud-programmen en grund för SKB:s verksamhetsplanering.

Tidigare Fud-program har framför allt inriktats mot Kärnbränsleprogrammet eftersom stora delar av SKB:s verksamhet under många år inriktats på detta arbete. I Fud-program 2010 kommer fokus att läggas på Loma-programmet, och mer utförliga planer och program än hittills kommer att redovisas angående omhändertagandet av låg- och medelaktivt avfall.

För att säkerställa att Fud-program 2010 uppfyller SKB:s och SSM:s förväntningar på planer och program för det låg- och medelaktiva avfallet kommer samråd att hållas mellan SKB och SSM. Denna rapport bör vara en naturlig utgångspunkt för dessa kommande samråd.

Del II

Kunskapsläget om alternativa slutförvaringsmetoder

- 6 Bakgrund
- 7 Principer, strategier och system för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle
- 8 Kunskapsläget för aktuella system inom strategin geologisk förvaring
- 9 Kunskapsläget för vissa andra strategier
- 10 SKB:s fortsatta arbete med alternativa slutförvaringsmetoder

6 Bakgrund

6.1 Uppgiften

Av regeringsbeslutet den 20 november 2008 med anledning av SKB:s Fud-program 2007 framgår bland annat att SKB ska ”redovisa kunskapsläget vad gäller alternativa slutförvaringsmetoder såsom bl.a. djupa borrhål”.

I Fud-program 2007 ingick (s 383–394) en orientering om i vilken utsträckning SKB följer det internationella forsknings- och utvecklingsarbetet kring de båda koncepten separation och transmutation samt djupa borrhål. Den redovisning av kunskapsläget om alternativa slutförvaringsmetoder för använt kärnbränsle som SKB nu tagit fram utgår från att ett antal tänkbara principer och strategier för hanteringen först identifieras och beskrivs. Vissa principer och strategier har, både i Sverige och i andra länder med kärnkraftsreaktorer, avförts från vidare utveckling därför att de uppenbart förefaller olämpliga och/eller praktiskt ogenomförbara. Andra principer och strategier – främst vad som brukar kallas geologisk deponering – har setts som tillräckligt lovande för att motivera fortsatta analyser kring frågan om vilka system eller metoder som skulle kunna användas vid tillämpning av dem. Sådana analyser har i sin tur efter hand resulterat i att vissa system har befunnits mindre lovande än andra. Fortsatt kunskapsuppbyggnad och utvecklingsarbete om sådana system har därför lagts åt sidan.

Föreliggande redovisning av kunskapsläget om alternativa slutförvaringsmetoder är i första hand fokuserad på sådana system inom strategin geologisk deponering som SKB har funnit skäl att antingen bearbeta vidare eller att följa kunskapsutvecklingen kring. Vidare redovisas kunskapsläget för separation och transmutation samt för övervakad lagring med fokus på så kallad Dry Rock Deposit.

SKB vill understryka att den kunskapsredovisning som nu presenteras inte utgör någon förhandsversion av de redovisningar i ”alternativfrågan” som SKB avser att ge in år 2010 i samband med de planerade ansökningarna om tillåtlighet/tillstånd enligt miljöbalken och tillstånd enligt kärntekniklagen att uppföra och driva ett slutförvar för använt kärnbränsle. Redovisningen är sålunda enbart ett svar på den komplettering av Fud-program 2007 som regeringen har begärt.

6.2 Översikter om alternativa slutförvaringsmetoder

Olika principer och strategier för omhändertagande av använt kärnbränsle har studerats i olika länder alltsedan kärnkraft började användas för storskalig elproduktion på 1960- och 1970-talen. En tidig studie kring dessa frågor utfördes inom USA:s atomenergikommission och publicerades år 1974, *High-level radioactive waste management alternatives* (US Department of Commerce, National Information Service, Springfield Virginia). Studien är också känd under beteckningen *WASH 1297*. Den första svenska offentliga utredningen kring kärnkraftens avfallsfrågor, den så kallade *AKA-utredningen*, presenterade år 1976 information om planerna kring avfallshanteringen i ett tiotal kärnkraftsländer (SOU 1976:30).

Under 2000-talet publicerades åtminstone två större internationella översikter om alternativa slutförvaringsmetoder för använt kärnbränsle och/eller högaktivt kärnavfall. Den ena, *The comparison of alternative waste management strategies for long-lived radioactive wastes*, (EUR 210221), sammanställdes år 2004 på uppdrag av EG-kommissionens generaldirektorat för forskning. Den andra översikten ingår i den rapport med rekommendationer till den brittiska regeringen som en av denna tillsatt kommitté, Committee on Radioactive Waste Management (CoRWM), lämnade år 2006, *Managing our Radioactive Waste Safely, CoRWM's recommendations to Government* (Doc 700). Här bör också nämnas att den kommitté inom OECD Nuclear Energy Agency som är inriktad på kärnavfallsfrågor – NEA Radioactive Waste Management Committee – hösten 2008 publicerade ett så kallat ”collective statement”, *Moving Forward with Geological Disposal of Radioactive Waste* (NEA no. 6433). Som titeln antyder handlar det i första hand om geologisk deponering och de skäl som talar för en sådan strategi, men andra strategier berörs också.

SKB genomförde år 2000 en utförlig analys avseende val av strategi och metod för omhändertagande av använt kärnbränsle från de svenska kärnkraftverken. Därefter har SKB:s arbete med alternativ till KBS-3 i huvudsak varit inriktat på att följa det internationella utvecklingsarbetet kring två olika koncept: separation och transmutation samt deponering i djupa borrhål. Översiktliga redovisningar av kunskapsläget kring dessa två koncept har ingått i Fud-programmen 2001, 2004 och 2007. Dessa redovisningar har varit grundade på omfattande genomgångar av internationella och svenska forskningsrapporter. Några av SKB:s senaste sammanställningar genomfördes år 2006 /6-1, 6-2 och 6-3/. Kunskapsläget kring djupa borrhål belystes ytterligare vid en utfrågning som Statens råd för kärnavfallsfrågor (Kärnavfallsrådet) anordnade i mars 2007 /6-4/.

7 Principer, strategier och system för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle

7.1 Alternativa principer, strategier och system

I detta avsnitt redovisas vilka principer, strategier och system för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle som över huvud taget står till buds. Läsaren förutsätts vara bekant med grundläggande fakta om farligheten hos använt kärnbränsle och vilka långa tidsperspektiv som är aktuella för skydd mot denna farlighet.

Med *principer* avses i detta sammanhang en allmän principiell inriktning för att lösa det aktuella problemet eller uppgiften. En princip kan vara att ”samla in och förvara åtskilt från människa och miljö”. En annan princip skulle kunna vara att ”späda till ofarliga koncentrationer och sprida ut i miljön”.

Det kan finnas olika tekniska tillvägagångssätt, *strategier*, för att tillämpa en viss princip. Inom ramen för principen ”samla in och förvara åtskilt från människa och miljö” utgör strategin ”geologisk deponering” ett (av flera) handlingsalternativ.

Användningen av begreppshierarkin ”principer” och ”strategier” är emellertid i praktiken inte fullt etablerad. Ofta används de båda begreppen som synonymer till varandra.

En komplikation vid en diskussion av principer och strategier för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle är att det inte är självklart att detta ska betraktas som avfall – det kan också utgöra en resurs från vilken ytterligare energi kan utvinnas. Ett sådant betraktelsesätt ligger bakom de anläggningar för upparbetning som finns i vissa större kärnkraftsländer. Men även upparbetning resulterar i farligt avfall som måste tas om hand på ett eller annat sätt.

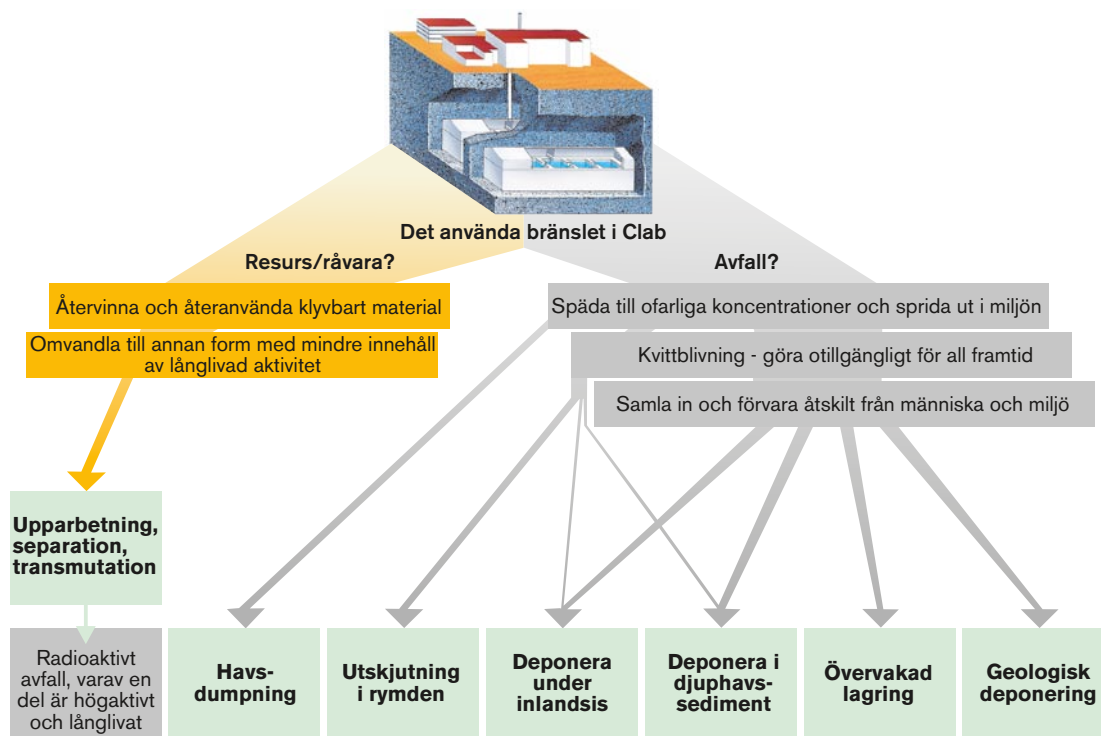
Tillämpningen av en viss strategi kräver ett *system* av samverkande anläggningar. Inom ramen för strategin geologisk deponering utgör sålunda KBS-3 ett exempel på ett sådant system (mellanlager, anläggning för att kapsla in bränslet på visst sätt, slutförvarsanläggning med viss utformning). Djupa borrhål utgör ett annat system, som kan tänkas bestå av mellanlager, anläggning för att kapsla in bränslet på ett annat sätt, slutförvar med annan utformning.

Ett fjärde begrepp är *systemvariant*, varmed förstås alternativa utformningar av de anläggningar som tillhör ett visst system. Ett exempel är KBS-3-system med vertikala eller med horisontella deponeringshål.

I allmänt språkbruk används ofta begreppet *alternativa metoder*, utan att det klart framgår huruvida de olika metoderna utgör resultatet av tillämpning av helt olika strategier eller om de utgör olika system som ryms inom ramen för en och samma princip. Det förekommer också att begreppet ”metod” används i den betydelse som begreppen ”system” och ”systemvariant” getts i föregående stycken.

Figur 7-1 illustrerar alternativa principer och strategier för slutligt omhändertagande av det använda kärnbränslet från de svenska kärnkraftverken. Av figuren framgår att det använda kärnbränslet som mellanlagras i Clab antingen kan betraktas som avfall eller som en resurs/råvara. Om det betraktas som avfall – vilket är det nuvarande betraktelsesättet – anges tre principer för hanteringen. För var och en av dessa står ett antal strategier till buds:

Princip	Strategi
Späda till ofarliga koncentrationer och sprida ut i miljön	Havsdumpning
Kvittblivning – göra otillgängligt för all framtid	Utskjutning i rymden Deponera under inlandsis Deponera i djuphavssediment
Samla in och förvara åtskilt från människa och miljö	Deponera under inlandsis Deponera i djuphavssediment Övervakad lagring Geologisk deponering



Figur 7-1. Alternativa principer och strategier för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle från de svenska kärnkraftverken.

Om det använda kärnbränslet betraktas som en resurs/råvara blir strategin upparbetning. Är avsikten att omvandla det använda kärnbränslet till annan form – med mindre innehåll av långlivad radioaktivitet, en process som också förutsätter upparbetning – blir strategin separation och transmutation. Men även avfallet från dessa processer måste tas om hand – och då med tillämpning av någon av de principer och strategier som utgår från att det använda kärnbränslet ses som ett avfall.

De resonemang som SKB redovisade år 2000 kring olika strategier (Fud-K) innebar att diskussionen borde fokuseras till enbart tre av de identifierade strategierna, nämligen upparbetning, separation och transmutation, övervakad lagring samt geologisk förvaring /7-1/. Upparbetning, separation och transmutation avvisades med främst argumentet att en sådan strategi skulle förutsätta en långsiktig satsning på kärnkraft som inte ligger inom ramen för de energipolitiska riktlinjer som riksdagen har beslutat om. Övervakad lagring avvisades bland annat med hänvisning till att den skulle innebära att bördor lades på kommande generationer i ett tusenårsperspektiv och till att det finns en osäkerhet om tekniska lösningar står till buds för lagring under så lång tid. Kvar stod alltså strategin geologisk förvaring. I sitt beslut i november 2001 med anledning av Fud-K /7-2/ upprepade regeringen en bedömning från ett tidigare regeringsbeslut (januari 2000) om att ”någon form av slutförvar i berggrunden är den mest ändamålsenliga strategin för slutförvaring av använt kärnbränsle” /7-2, s 3; 7-3, s 6/.

Någon annan bedömning har inte redovisats av regeringen eller av ansvariga myndigheter i samband med granskningen av SKB:s Fud-program åren 2001, 2004 och 2007. Det kan tilläggas att det i det tidigare nämnda NEA-dokumentet från år 2008 slås fast att samtliga länder med program för hantering av använt kärnbränsle är inriktade på geologisk deponering, antingen det är fråga om direktdeponering eller om slutförvaring av det högaktiva avfallet från upparbetning.²

² En av nyckelmeningarna i dokumentet lyder (s 11): *Whatever the future of nuclear power, it is universally recognised that safe and acceptable end points must be pursued for existing and projected inventories of high-activity, long-lived radioactive waste. Various options have been considered and discarded for political or safety reason, such as disposal under the seabed or transport to space. Transmutation of part of the waste through use of advanced nuclear fuel cycles, although perhaps feasible in the coming decades, would not eliminate the need for managing the currently existing waste and residual quantities of high-activity, long-lived radioactive waste.*

De utformningskoncept som studeras i olika länder har naturligtvis anpassats till såväl den tillgängliga geologin som det system man använder för avfallshanteringen i stort. I en sammanställning från år 2004 redovisades i tabellform, tabell 7-1, några karakteristika för de slutförvaringsanläggningar för använt kärnbränsle och/eller högaktivt avfall som diskuterades i ett antal europeiska länder /7-4/. Texten i tabellen har översatts till svenska. Det bör noteras att uppgifterna i tabellen om tekniska utformningar av olika system är några år gamla. Uppgifterna ger dock en i stort korrekt bild av hur man i olika länder är inriktad på olika system inom ramen för geologisk deponering.

Även utanför Europa utgör geologisk deponering grunden för planering av det slutliga omhändertagandet av använt kärnbränsle och högaktivt avfall. Nedan beskrivs kortfattat de planer som finns i USA, Kanada och Japan.

I USA finns långt gångna planer på att bygga ett slutförvar i Yucca Mountain i delstaten Nevada. En ansökan om tillstånd att uppföra anläggningen prövas sedan juni 2008 av berörda myndigheter. Ansökan bygger på att inkapslat använt kärnbränsle ska deponeras i ett system av tunnlar i den vulkaniska bergarten tuff. Efter en inledande översiktlig granskning av ansökan räknar man med att det tar 3–4 år att behandla den.

Det kanadensiska programmet för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle siktar på slutförvaring i ett djupt geologiskt förvar antingen i kristallint berg eller i sedimentära bergarter. Vägen dit är indelad i etapper med beslutspunkter avseende till exempel central anläggning för övervakad lagring, undermarksanläggning för karakterisering av berggrunden och uppförande av ett slutförvar. Den slutförvarsutformning som hittills har diskuterats har omfattat deponering i bergrum ("vaults") på flera hundra meters djup. Kapselutformning och utformning av närzon är ännu inte fastlagda.

Tabell 7-1. Slutförvaringssystem som studeras för använt bränsle/högaktivt avfall i olika länder.

Land/Organisation	Förvaringsberg och djup	Avfallsförpackning	Buffert	Återfyllnad
Sverige/SKB	Granit, 400–700 m	Koppar med järninsats (SF)	Bentonit	Krossat berg-bentonit
Finland/Posiva	Granit, 400–700 m	Koppar med järninsats (SF)	Bentonit	Krossat berg-bentonit
Spanien/Enresa	Granit, 500–1 000 m	Kolstålskapsel (SF)	Bentonit	Krossat berg-bentonit
	Lersediment, ~260 m	Kolstålskapsel (SF)	Bentonit	Sand/bentonit
Tyskland/GRS ¹	Permisk bergsalt 800–900 m	Rostfritt stål (SF) Gjutjärnskapsel (HLW)	Ingen buffert	Krossat bergsalt
Frankrike/Andra	Granit, 400–800 m	Kopparkapsel (SF) Stålkapsel (HLW) Betongkonditionerat (ILW)	Bentonit	Krossat berg-bentonit
	Lersediment, 420–650 m	Olegerad eller låglegerad stålkapsel (HLW) Betongkonditionerat (ILW)	Svällande lera eller ingen buffert	Sand/bentonit
Schweiz/Nagra	Granit, 500–1 000 m	Kolstålskapsel (HLW, SF) Betongkonditionerat (ILW)	Bentonit	Sand bentonit Porös betong
	Opalinuslera, 650 m		Bentonit	Sand bentonit
Belgien/Ondraf-Niras	Svagt indurerade leror, Boom clay, ~200–300 m (alt. Ypresian clay)	Kolstål eller låglegerad stålkapsel (HLW, SF) Alt. rostfritt stål	Cement eller lerbaserad	Sand-lera eller cement
Storbritannien/Nirex ²	Kompetent sprucket berg, 300–1 000 m	Betongkonditionerat (ILW)	–	Porös cement/Nirex referensåterfyllning

SF = Spent Fuel, dvs använt kärnbränsle.

HLW = High-Level Waste, dvs högaktivt avfall.

ILW = Intermediate-Level Waste, dvs medelaktivt avfall.

¹ GRS deltog i NET.EXCEL-projektet och är uppgiftslämnare till tabellen. Ansvarig för avfallshanteringen i Tyskland är den federala strålskyddsmyndigheten, Bundesamt für Strahlenschutz, BfS.

² Nirex har efter projektets avslutande uppgått i den statliga myndigheten National Decommissioning Authority, NDA.

Det japanska slutförvarskonceptet bygger på upparbetning av det använda bränslet och förglasning av det högaktiva avfallet från upparbetningen. Det förglasade avfallet ska sedan slutförvaras inpackat i metallbehållare i en anläggning på mer än 300 meters djup.

I kapitel 8 sammanfattas kunskapsläget för ett antal system som ryms inom ramen för strategin geologisk deponering för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle. Kapitel 9 ger en översikt av kunskapsläget inom strategierna separation och transmutation samt övervakad lagring.

7.2 Bedömningar av strategier och system sedan 1980-talet

7.2.1 Allmänna utgångspunkter

Dåvarande Svensk Kärnbränsleförsörjning AB (SKBF) presenterade i en rapport år 1983 den så kallade KBS-3-metoden för slutförvaring i Sverige av använt kärnbränsle. KBS står för KärnbränsleSäkerhet. I ansökningar till regeringen om tillstånd (enligt den då gällande villkorslagen) att få starta de två sista reaktorerna i det nuvarande svenska kärnkraftsprogrammet (Forsmark 3 och Oskarshamn 3) åberopade reaktorägarna denna rapport. I början av år 1984 ersatte den nu gällande kärntekniklagen bland annat bestämmelserna i villkorslagen. Regeringens beslut i juni 1984 om tillstånd att tillföra de båda reaktorerna kärnbränsle fattades med hänvisning till övergångsbestämmelser i den nya lagen.

Av beslutet framgick att regeringen funnit att KBS-3-metoden för slutförvaring av det använda kärnbränslet vid en samlad bedömning ”i sin helhet i allt väsentligt befunnits kunna godtas med hänsyn till säkerhet och strålskydd”, även om påpekanden hade gjorts om enskildheter. Regeringen erinrade samtidigt om att bestämmelserna i 1984 års kärntekniklag innebar att reaktorägarna vart tredje år, med början år 1986, skulle utarbeta ett program för det allsidiga forsknings- och utvecklingsarbetet och de övriga åtgärder som behövs för att på ett säkert sätt ta hand om och slutförvara bland annat det använda kärnbränslet samt att programmet skulle granskas av regeringen. Vidare påpekade regeringen ”att slutlig ställning i fråga om hanteringsmetod för använt kärnbränsle kommer att tas först sedan erfarenheter vunnits och slutsatser kunnat dras från den kunskap och förbättrade teknik som svenskt och internationellt utvecklingsarbete ger” /7-5, 7-6/.

SKB har sedan år 1986 hittills upprättat åtta program enligt kärntekniklagen: åren 1986, 1989, 1992, 1995, 1998, 2001, 2004 och 2007. Dessutom har SKB åren 1994 och 2000 gett in omfattande kompletteringar av 1992 respektive 1998 års program. I samtliga program, inklusive kompletteringarna, har SKB hävdats att KBS-3 är det system som är lämpligast att genomföra i Sverige. Alternativ har redovisats och diskuterats, olika ingående vid olika tillfällen.

KBS-3-rapporten – liksom de tidigare KBS-1- och KBS-2-rapporterna (1977 respektive 1978) – innehöll redovisningar om alternativa slutförvaringsmetoder. I avsnitten 7.2.2–7.2.4 sammanfattas de bedömningar som SKB, tillsynsmyndigheterna och regeringen gjort av olika strategier och system alltsedan 1980-talet. Redogörelsen avser enbart viktigare ställningstaganden och är fokuserad mot övergripande frågeställningar, till exempel om arbete med en viss inriktning bör startas, fortsätta eller avbrytas. Däremot avspeglar framställningen inte alla de väsentliga påpekanden som har gjorts avseende tekniska och vetenskapliga frågeställningar med relevans för de olika systemen.

7.2.2 Strategier och system som saknar aktualitet

Strategier som saknar aktualitet

Redan i Fud-program 86 fastslog SKB att fyra strategier helt saknar aktualitet för svenskt vidkommande. Dessa strategier, vilka också hade redovisats men lagts åt sidan redan under arbetet med KBS-rapporterna åren 1977–1983, var:

- Havsdumpning.
- Utskjutning i rymden.
- Deponering under inlandsis.
- Deponering i djuphavssediment.

I den komplettering av Fud-program 98 som SKB presenterade år 2000 /7-1/ sammanfattades skälen för dessa ställningstaganden (s 50).

Havsdumpning, deponering under inlandsis och deponering i djuphavssediment strider mot internationella överenskommelser som Sverige har förbundit sig att följa. Ingen av dessa strategier är heller i linje med IAEA:s så kallade avfallskonvention 1997 som Sverige har biträtt.

Att skjuta ut det använda bränslet i rymden skulle kräva enorma mängder raketbränsle och bli mycket kostsamt. I praktiken skulle det krävas uppärbätning för att få ned volymerna. Även om amerikanska studier har visat att ett säkert system kan baseras på befintlig rymdteknologi, så var slutsatsen ”att strategin inte bedöms vara den effektivaste åtgärden för att begränsa utsläpp och skadliga effekter av de radioaktiva ämnena”.

Några erinringar mot SKB:s bedömningar avseende dessa strategier har inte förts fram från något håll i samband med granskningen av de åtta Fud-program som presenterats sedan 1986.

System för geologisk förvaring som saknar aktualitet

SKB lanserade i FoU-program 89 en idé om att deponering av använt kärnbränsle skulle ske i *långa tunnlar* som skulle dras ut under Östersjön. Vid sin granskning av programmet tillstyrkte Statens kärnbränslenämnd fortsatta studier av detta uppslag. Regeringen karakteriserade emellertid i sitt beslut med anledning av FoU-program 89, detta system (jämför även deponering i djupa borrhål, se vidare nedan) ”som mindre lämpliga som slutförvar” /7-7/ och SKB avbröt därefter dessa studier.

Arbetet inriktades i stället mot en generell studie av ett system med långa tunnlar, som redovisades i Fud-program 92. Enligt detta alternativ skulle tekniska barriärer och material vara desamma som i ett KBS-3-förvar, men med en annorlunda teknisk utformning. Systemet byggde på att relativt stora kapslar skulle vara placerade horisontellt i rad i borrhålen. Kapslarna skulle omges av kompakterade bentonitblock. De valda dimensionerna byggde på en ekonomisk optimering av mängden bränsle per kapsel för att möta det krav på högsta temperatur i bentoniten som gäller. Utformningen av detta system illustreras i figur 7-2.

Det system som SKB analyserade förutsatte bland annat:

- Deponering på cirka 500 meters djup.
- Kopparklädda stålkapslar, vars inre fylls med lämpligt material.
- Undersökningsort cirka 100 meter under förvarsnivån för undersökning av berget längs förvarets utsträckning.
- Fullortsborrade (TBM) tunnlar, cirka 4,5 kilometer långa.

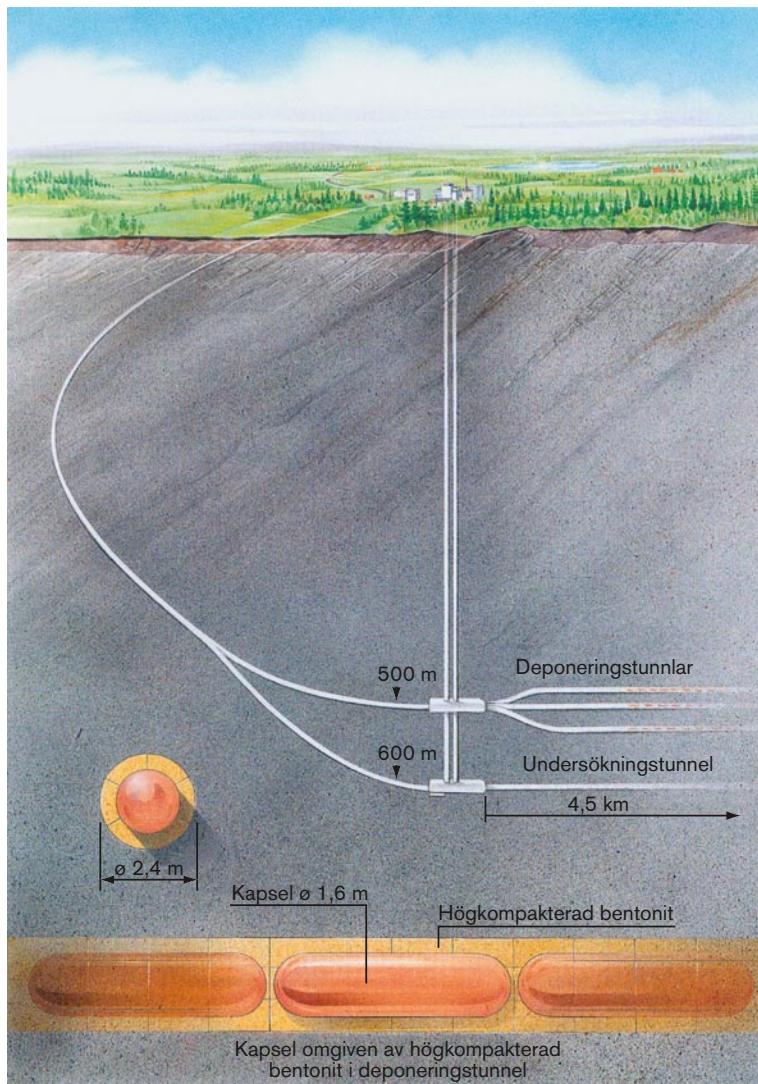
Det konstaterades samtidigt att det inte fanns några tekniska hinder mot att göra deponeringsorterna kortare och placera dem parallellt i den typ av bergblock som förutsätts för KBS-3-systemet.

Systemet jämfördes i Fud-program 92 med såväl KBS-3 som med ett alternativ som då benämndes ”medellånga tunnlar” och som i dag ses som en variant av KBS-3. Långa tunnlar ansågs underlägset båda dessa system och lades åt sidan av SKB.

Varken Fud-programmen år 1995 eller 1998 innehöll uppgifter om systemet långa tunnlar. I den samlade redogörelse om bland annat alternativa slutförvaringsmetoder som SKB presenterade år 2000 ingick en kort presentation av systemet. Detta bedömdes nu ha ”en del miljömässiga fördelar”, men KBS-3 bedömdes erbjuda bättre säkerhet under drift. Den långsiktiga säkerheten bedömdes likvärdig med KBS-3.

SKB har inte företagit några ytterligare studier av detta system efter år 2000. Såvitt SKB känner till har det i andra länder inte utförts studier som förändrar kunskapsläget kring alternativet.

Under 1980-talet togs utanför SKB fram ett koncept som gick under benämningen *WP-Cave*. Det var en förvaringsutformning som innebar att inkapslat använt kärnbränsle skulle deponeras tätt i en begränsad bergvolym där varje förvaringsenhet skulle omges av en cirka fem meter tjock buffert.



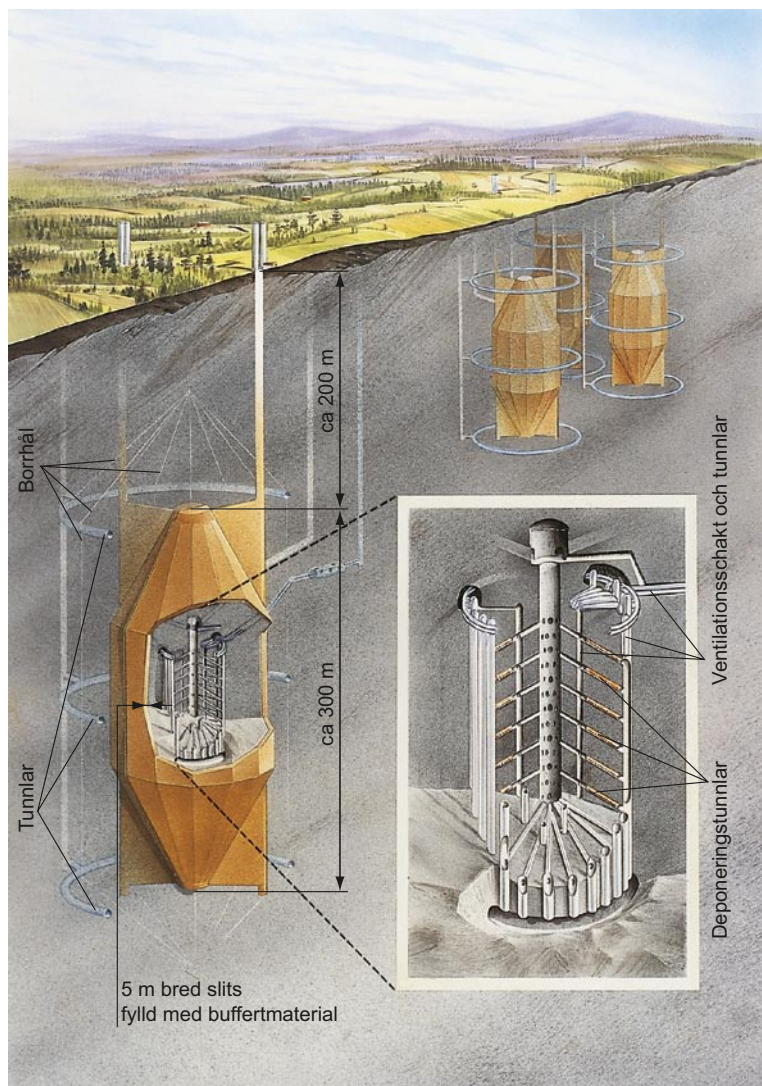
Figur 7-2. Utformning av systemet långa tunnlar.

Förvarsoområdet skulle utgöras av flera våningar av tunnlar som utgår från ett centralt schakt, ungefär som ekrarna i ett hjul. Utanför bufferten skulle arrangeras en så kallad hydraulisk bur, ett system av tunnlar och borrhål som skulle leda grundvattnet runt förvarsoområdet. Den hydrauliska buren skulle ligga cirka 200 meter under markytan med sin överdel och med sin underdel cirka 500 meter under markytan. För att rymma mängden använt kärnbränsle från 40 års drift av de svenska kärnkraftverken, skulle det krävas nio till tio förvarsenheter av den typ som anges i figur 7-3.

Koncentrationen av bränslet till en mindre bergvolym skulle medföra höga temperaturer. För att temperaturen inte skulle bli för hög skulle förvaret hållas öppet för luftkyllning under en inledande period av cirka 100 år. Detta skulle samtidigt innebära att behovet av ett mellanlager minskade, eftersom det skulle bli möjligt att placera även nyligen uttaget bränsle i förvaret.

Säkerheten i detta koncept byggde främst på de tekniska barriärerna. I den föreslagna utformningen var kapslarna gjorda av stål. Om isoleringen skulle brytas utgjorde återfyllnadsmaterialet i deponeringstunnlarna och berget som omgav kapseln en första barriär mot transport av radionuklider. Buffertens roll var att hindra radionuklidtransporter ut från deponeringsvolymen och den hydrauliska burens roll var att minska vattenomsättningen i förvaret.

Konceptet togs under 1980-talet fram av företaget WP-system, delvis med ekonomiskt stöd från Statens kärnbränslenämnd. I slutet av det decenniet överlämnade Kärnbränslenämnden till SKB att bedöma konceptet och att jämföra det med KBS-3. SKB hävdade i FoU-program 89 att båda



Figur 7-3. Geologisk deponering enligt WP-Cave-konceptet. Den fem meter tjocka omgivande bufferten kan liknas vid ett äggskal och har på figuren en gulgrön färg.

koncepten kunde ge acceptabel säkerhet och var genomförbara, men att WP-Cave krävde väsentligt mer utvecklingsinsatser. Vidare menade SKB att det inte kunde bedömas om det skulle vara lättare att finna lämplig förläggingsplats för det ena eller det andra konceptet samt att WP-Cave skulle bli avsevärt dyrare. Med hänvisning härtill förklarade SKB att man inte avsåg fortsätta studierna med WP-Cave som ett sammanhållet system. Av Statens kärnbränslenämnds yttrande till regeringen över FoU-program 89 framgick att nämnden hade förståelse för vissa av de argument som SKB hade anfört, men att man avsåg återkomma i frågan efter ytterligare analyser. I regeringsbeslutet med anledning av FoU-program 89 /7-7/ nämndes inte konceptet WP-Cave.

Fortsatta studier av konceptet genomfördes av SKB fram till år 1992, inom ramen för det så kallade Pass-projektet (se avsnitt 8.3.1) och SKB erinrade i Fud-program 92 om sitt ställningstagande från år 1989 i frågan.

Nästa gång som WP-Cave-konceptet återkom i Fud-sammanhang var i den samlade redogörelse om alternativa slutförvaringsmetoder som SKB presenterade år 2000 /7-1/. Redovisningen var grundad på samma underlag som i Fud-program 92. Några ytterligare studier av WP-Cave-alternativet har SKB inte utfört. Inte heller har detta koncept, såvitt SKB känner till, studerats närmare i något annat land.

Det kan noteras att detta koncept aldrig har blivit omnämnt i något av regeringsbesluten sedan 1980-talet med anledning av Fud-programmen.

7.2.3 Aktuella system inom strategin geologisk förvaring

KBS-3 med varianter

SKB har i samtliga Fud-program utgått från att KBS-3-systemet är genomförbart och att man kommer att kunna visa detta inför kommande prövningar av ansökningarna om de tillstånd som behövs för att kunna uppföra och driva ett slutförvar för använt kärnbränsle från de svenska kärnkraftverken.

I samband med remissförfarandet av Fud-programmen har – med enstaka undantag – SKB:s arbete med KBS-3-systemet inte kritiserats utifrån aspekten att det skulle vara ett felaktigt vägval och att det därför borde avbrytas. De myndigheter som har haft i uppdrag att ge råd till regeringen – först Statens kärnbränslenämnd och sedan år 1992 Statens kärnkraftinspektion, Statens strålskyddsinstitut samt Kärnavfallsrådet – har tvärtom gett uttryck för uppfattningen att utvecklingsarbetet kring KBS-3-systemet bör drivas vidare med syfte att klarlägga om systemet är tillräckligt säkert i alla avseenden som krävs. Samtidigt har myndigheterna understrukt vikten av att SKB också identifierar och analyserar styrka och svagheter hos andra tänkbara alternativa system eller strategier.

Regeringen har i sina beslut med anledning av Fud-programmen aldrig riktat kritik mot att SKB arbetat med KBS-3-systemet. Däremot har regeringen vid ett antal tillfällen krävt kompletteringar i olika avseenden samt understrukt vikten av att även andra alternativ analyseras. Regeringen har i sina beslut också regelmässigt understrukt att den inte har tagit ställning i frågan om val av metod för slutförvaringen. Särskilt tydligt kom detta fram i det beslut i november 2001, där regeringen redovisade bedömningen att SKB borde använda ”KBS-3-metoden som planeringsförutsättning för de platsundersökningar som nu avses” /7-2/.

Djupa borrhål

I FoU-program 86 nämnde SKB möjligheten att använda ett system med djupa borrhål för slutförvaring av använt kärnbränsle. Statens kärnbränslenämnd tillstyrkte fortsatta studier av ett sådant system och i FoU-program 89 redovisade SKB resultatet av dessa studier. SKB menade sig inte ha tillräckligt underlag för en meningsfull jämförelse mellan detta alternativ och KBS-3 och förklarade att man därför avsåg att fortsätta studierna av deponering i djupa borrhål. Regeringen karakteriserade i sitt beslut med anledning av FoU-program 89 detta alternativ (liksom långa tunnlar under Östersjöns botten, jfr ovan) ”som mindre lämpliga som slutförvar” /7-7/.

SKB lät dock djupa borrhål ingå i Pass-studien. I en jämförelse mellan olika alternativ som presenterades i Fud-program 92 ingick detta tillsammans med KBS-3, långa tunnlar och så kallade medellånga tunnlar. Vid denna jämförelse placerades deponering i djupa borrhål sist. (Beteckningen ”medellånga tunnlar” definierades år 1992 som ”en utformning med horisontellt deponerade kapslar av KBS-3-storlek i rad med borrhåls orter”. Detta koncept har senare vidareutvecklats till vad som numera benämns varianten KBS-3H. Se avsnitt 8.2.). Vid granskningen av Fud-program 92 kritiserades SKB för att inte tillräckligt ingående ha redovisat alternativ till KBS-3. Regeringen beslutade att SKB i nästa Fud-program skulle redovisa sin ”bedömning av kunskapsläget beträffande de alternativ som kan komma i fråga för slutförvaring av använt kärnbränsle och långlivat avfall i Sverige” /7-8/.

Redovisningar av kunskapsläget kring djupa borrhål har ingått i samtliga Fud-program sedan år 1995. SKB förklarade i detta program att man bevakade frågan. Redovisningen föranledde inga kommentarer varken av SKI eller av Kärnavfallsrådet. Regeringen nämnde i sitt beslut år 1996 inget om djupa borrhål, men krävde att SKB ”samlat och på ett mer utförligt sätt redovisar de alternativa lösningar till KBS-3-metoden som redovisats i tidigare forskningsprogram” /7-9/.

Fud-program 98 innehöll utförligare översikter än i tidigare program över arbetet med olika metoder för slutförvaring. Framställningen baserades bland annat på en separat översikt om alternativa metoder (däribland deponering i djupa borrhål) som tagits fram inom SKB /7-10/ samt på en geovetenskaplig forskningsrapport om djupa borrhål som SKB låtit ta fram /7-11/. I yttranden över programmet diskuterade både SKI och Kärnavfallsrådet ingående frågor om vilka alternativ som SKB borde arbeta vidare med. SKI uttalade sig i det sammanhanget inte om konceptet djupa borrhål, medan Kärnavfallsrådet gav ”ett bestämt förord” för ”alternativ som innebär ett byggt förvar inom ramen för den översta kilometern av berggrunden” framför deponering i djupa borrhål. Regeringen

fattade emellertid ett beslut i januari 2000 bland annat med innebörden att deponering i djupa borrhål skulle ”belysas med inriktning på omfattning och innehåll i det forsknings- och utvecklingsprogram som behövs för att denna metod skall kunna jämföras med den så kallade KBS-3-metoden på likvärdiga grunder” /7-3/.

Den utredning som regeringen hade efterfrågat var färdig i slutet av år 2000 /7-12/ och låg till grund för en sammanfattande bedömning som ingick i det ovan nämnda dokumentet Samlad redovisning av metod, platsval och program inför platsundersökningsskedet (Fud-K). SKB redovisade följande bedömning (s 80):

”Väsentliga osäkerheter måste klarläggas för att en deponering i djupa borrhål skulle kunna jämföras med KBS-3 på likvärdig grund. Osäkerheterna gäller främst berg- och grundvattenförhållandena i den djupa berggrunden och tekniken för deponering och återfyllning av hålen.

Den jämförande analysen mellan olika metoder ... visar att det sammantaget inte finns något som talar för att ett förvar i djupa borrhål, om det kan visas leva upp till alla krav, skulle öka säkerheten eller minska kostnaden för att slutförvara det använda kärnbränslet. SKB planerar därför inte att genomföra Fud-programmet för djupa borrhål utan koncentrera resurserna på att i en relativt nära framtid realisera ett förvar baserat på KBS-3-metoden. SKB kommer även i fortsättningen att följa den internationella utvecklingen på området.”

I ett beslut i november 2001 uttalade sig regeringen i allmänna ordalag för att SKB även fortsättningsvis skulle bevaka teknikutvecklingen avseende olika alternativ för omhändertagande av kärnavfall. Något särskilt omnämnande av deponering i djupa borrhål gjordes dock inte /7-2/.

Vid den tidpunkt, september 2001, som SKB hade att redovisa Fud-program 2001, förelåg sålunda inte regeringens ställningstagande till kompletteringen av Fud-program 98. SKB valde att redovisa hur man följde utvecklingsarbetet kring bland annat djupa borrhål. Den redovisningen återknöt till vad SKB hade redovisat i december 2000.

Granskningen av Fud-program 2001 resulterade bland annat i att både SKI och Kärnavfallsrådet menade att SKB borde fortsätta sin bedömning av olika alternativ med i huvudsak samma inriktning och omfattning som tidigare. Kärnavfallsrådet ansåg för sin del att deponering i djupa borrhål inte var en sådan realistisk metod som förutsattes i en alternativutredning enligt miljöbalken. Regeringen erinrade om sitt tidigare uttalande om att SKB även fortsättningsvis skulle bevaka teknikutvecklingen avseende olika alternativ, men nämnde inte heller vid detta tillfälle specifikt djupa borrhål /7-13/.

I Fud-program 2004 ingick en aktualiserad kortare redogörelse för kunskapsläget avseende djupa borrhål (s 319–320). Kärnkraftinspektionen ansåg att redovisningen var alltför kortfattad. Kärnavfallsrådet menade att djupa borrhål inte var en realistisk metod samt upprepade sitt tidigare ställningstagande av innebörd att SKB borde söka alternativ till KBS-3 ”inom kategorin byggda förvar inom den översta kilometern berg”. Regeringen upprepade i december 2005 sitt uttalande från december 2002 om att SKB borde bevaka teknikutvecklingen för olika alternativ, men gjorde inte heller denna gång något explicit uttalande om djupa borrhål /7-14/.

SKB följde kunskapsutvecklingen kring deponering i djupa borrhål och publicerade under år 2006 två rapporter i ämnet /7-15 och 7-16/. Även andra rapporter offentliggjordes och blev uppmärksammade i den offentliga debatten (se till exempel /7-17/). Mot bakgrund av den uppmärksamhet som konceptet blev föremål för anordnade Kärnavfallsrådet i mars 2007 en utfrågning och publicerade också en rapport från denna utfrågning /7-18/.

7.2.4 Vissa andra strategier

Separation och transmutation

Redan i det första forsknings- och utvecklingsprogrammet år 1986 enligt kärntekniklagen nämnde SKB möjligheten att genom nukleär förbränning omvandla de långlivade radioaktiva ämnena i använt kärnbränsle till stabila eller kortlivade ämnen (transmutation). SKB tillade att om denna metod alls kan förverkligas, så ”kan det endast ske inom ramen för ett långt mera utvecklat kärnenergiprogram än vad som beslutats i Sverige” /7-19, del I, s 18/. Resonemanget återkom

i 1989 års program /7-20, del I, s 18/ samt i Fud-program 92 /7-21, s 32/, vilket även innehöll en redovisning av kunskapsläget kring denna strategi. Framställningen där grundades på en särskild rapport som SKB hade låtit ta fram /7-22/. Det kan här också nämnas att Statens kärnbränslenämnd år 1991 anordnade ett så kallat Specialist Meeting on Accelerator-driven Transmutation Technology for Radwaste and other Applications /7-23/.

Redovisningar av kunskapsläget kring separation och transmutation har därefter lämnats i alla följande Fud-program. SKB har vidare sedan början av 1990-talet lämnat ekonomiskt stöd till universitet och tekniska högskolor för att möjliggöra att dessa följer utvecklingen av kunskapsläget. De myndigheter som haft huvudansvaret för granskning av SKB:s olika Fud-program har inte anfört några erinringar mot dessa kunskapsredovisningar. De har också delat SKB:s bedömning att satsning på denna teknologi inte synes vara ett realistiskt alternativ när det gäller hantering av använt kärnbränsle från de svenska kärnkraftverken.

Regeringen har inte i något av besluten med anledning av Fud-programmen åren 1986–2007 uttryckligen berört frågor om separation och transmutation.

Övervakad lagring

En strategi med innebörd att slutlig deponering av använt kärnbränsle skulle skjutas upp något eller några hundra år och att man därför borde långtidslagra bränslet finns skisserad i FoU-program 86. Tanken var att ett sådant lager skulle kunna förläggas till en geologisk formation som medgav ett djup av cirka 400 meter och där topografin skulle medge dränage genom självfall till ett större vattendrag. Det inkapslade använda kärnbränslet skulle placeras i bergutrymmen som ventilerades genom självdrag. Luften skulle torka och transportera inläckande grundvatten från avfallsutrymmen mot kallare dränerade områden /7-24/.

Vid granskningen av FoU-program 86 menade Statens kärnbränslenämnd att fortsatt arbete med strategier som för sin säkerhet kräver långsiktig granskning skulle ges låg prioritet. SKB tog fasta på denna syn vid utformningen av FoU-program 89 och lade arbete med denna strategi åt sidan /7-20, s 25–26/.

I ett remissyttrande från docent Nils-Axel Mörner, chef för enheten för Paleogeofysik och Geodynamik vid Stockholms universitet, till SKI över Fud-program 95 förordades strategin Övervakad lagring. Ett koncept med denna innebörd, Dry Rock Deposit (DRD-metoden), presenterades. Konceptet fördes på nytt fram i motsvarande yttrande över Fud-program 98. Varken SKI eller Kärnavfallsrådet kommenterade dessa tankegångar i sina respektive yttranden till regeringen.

I SKB:s samlade redovisning år 2000 av metod, platsval och program inför platsundersöknings-skedet avfärdades strategin övervakad lagring – och därmed DRD-metoden. Huvudargumenten var att metoden dels innebar att ansvaret för frågans lösning överläts på kommande generationer, dels inte uppfyllde säkerhets- och strålskyddskraven på lång sikt /7-1, s 55–56/. (Texten innehåller även referenser till det ovan nämnda remissyttrandet från Mörner över Fud-program 95.) Den uppfattningen delades av både SKI och Kärnavfallsrådet i sina respektive yttranden till regeringen över SKB:s redovisning. DRD-metoden som ett alternativ har därefter förordats av enstaka röster inom miljöorganisationerna i samband med yttranden över Fud-programmen 2001, 2004 och 2007. Varken strategin övervakad lagring eller konceptet DRD har uttryckligen nämnts i något av regeringens beslut med anledning av Fud-programmen 2001, 2004 och 2007.

8 Kunskapsläget för aktuella system inom strategin geologisk förvaring

8.1 Allmänt om system för geologisk deponering

Ett system för geologisk deponering består av

- mellanlager för det använda kärnbränslet,
- anläggning för inkapsling av det använda kärnbränslet före deponering,
- transportsystem,
- slutförvar med tunnlar, borrhål, bergrum etc, där det inkapslade använda kärnbränslet deponeras.

Dessutom behövs anläggningar för att ta hand om det radioaktiva drift- och rivningsavfall som uppkommer vid hanteringen.

Ett slutförvar kan utformas på olika sätt beroende på bland annat vilken typ av berg som det anläggs i. I Sverige har följande alternativ övervägts för deponering i urberget (granit):

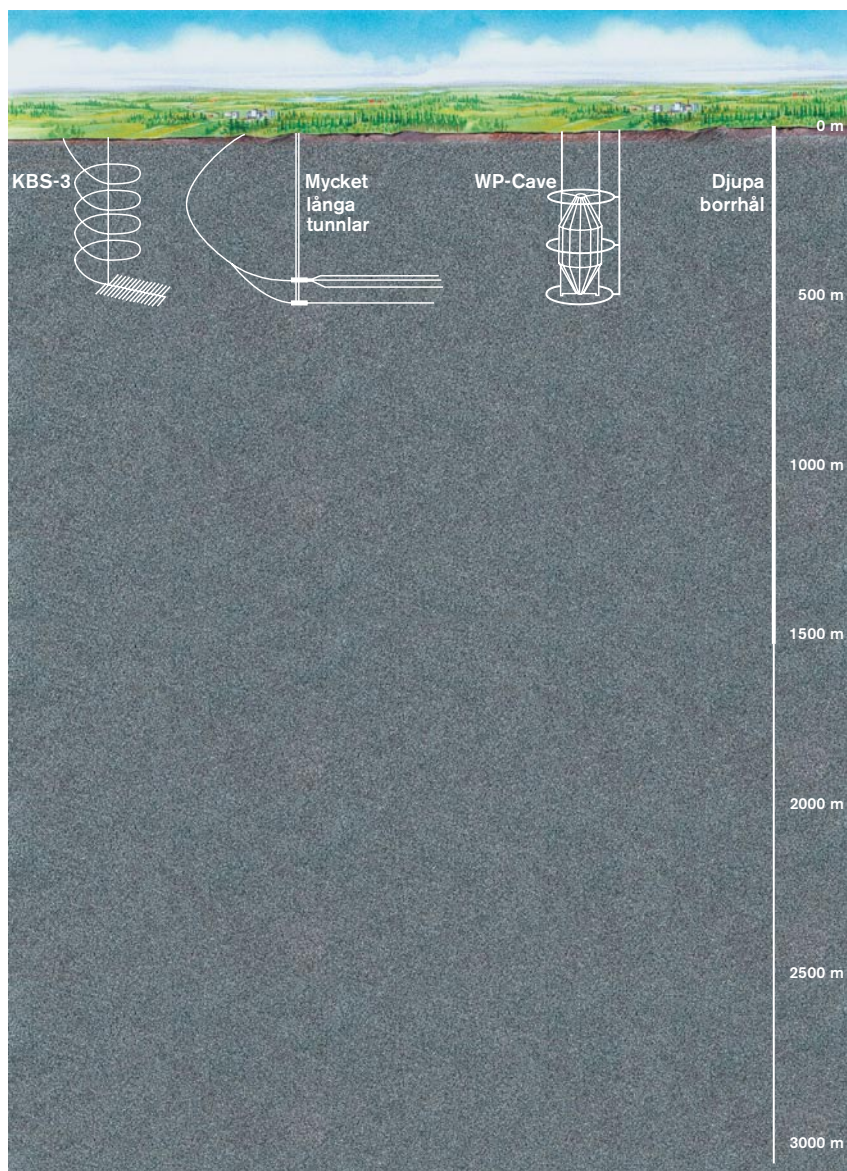
- Deponering i ett system av kortare tunnlar på 400–700 meters djup (KBS-3).
- Deponering i ett fåtal parallella flera kilometer långa tunnlar på 400–700 meters djup ("långa tunnlar").
- Tät deponering i en bergvolym inom vilken vattenomsättningen minskats genom olika ingenjörsmässiga ingrepp (WP-Cave).
- Deponering på flera tusen meters djup (djupa borrhål).

De olika systemen för geologisk deponering skiljer sig alltså i huvudsak i fråga om hur själva slutförvaret i berggrunden utformas. Mellanlager och transportsystem behövs under alla omständigheter. Samma gäller anläggning för inkapsling, även om olika typer av inkapsling (och därmed inkapslingsanläggningens utformning) kan bli aktuella vid olika utformning av själva slutförvaret.

I de tre förstnämnda systemen består slutförvaret av tunnlar, schakt och andra bergrum. Gemensamt för de två första, deponering i tunnlar av olika längd, är att utformningen av dessa baseras på krav på att temperaturen på kapselytan, med hänsyn till de tekniska barriärernas beständighet, inte får överskrida 100 °C. Det innebär att kapslarna, var och en omgivna av sin egen buffert, måste deponeras på visst minimiavstånd från varandra. I WP-Cave-systemet placeras bränslet tätt i en begränsad bergvolym, som i sin helhet omges av en buffert. Det medför dels att förvaret måste hållas öppet och luftkylas under en inledande period, dels att förvarsenheten och barriärerna närmast den utsätts för högre temperaturer. Den långsiktiga säkerheten uppnås i alla tre systemen genom samverkan mellan tekniska barriärer och den naturliga barriären (berget).

Konceptet djupa borrhål skiljer sig principiellt från de tre andra i två viktiga avseenden. För det första ska deponeringen ske i borrhål på flera tusen meters djup i stället för i tunnelsystem på några hundra meters djup. För det andra bygger den långsiktiga säkerheten i huvudsak enbart på den naturliga barriären, det vill säga berget.

De fyra systemen illustreras samlat i figur 8-1.

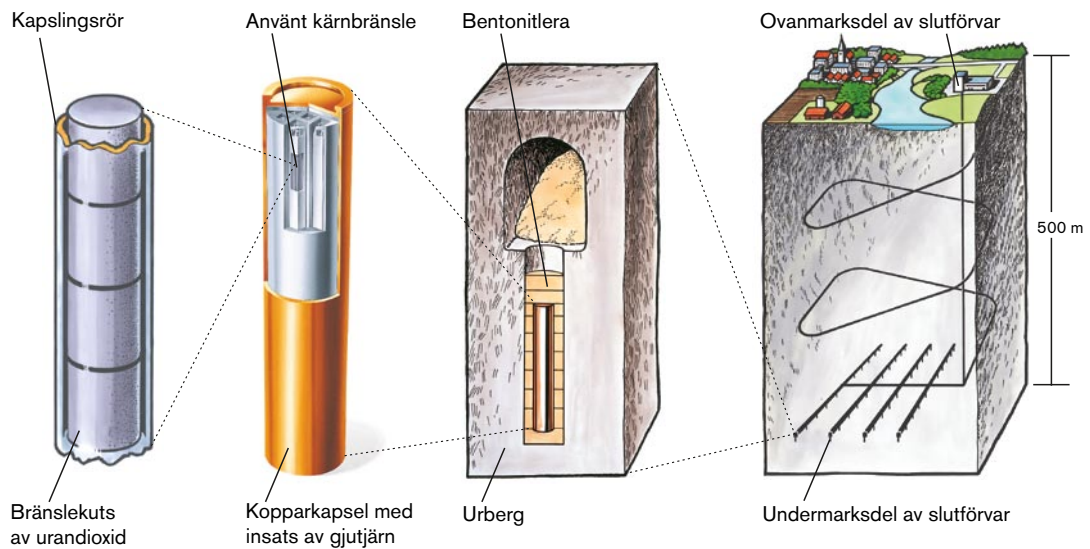


Figur 8-1. Olika system för geologisk deponering av använt kärnbränsle.

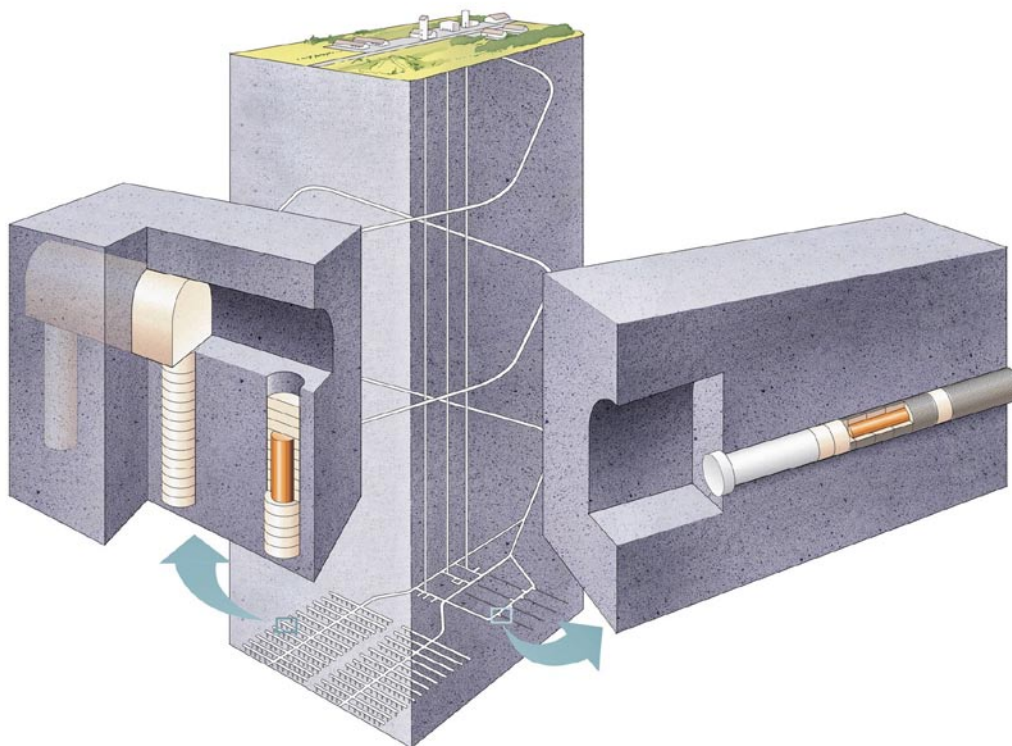
8.2 KBS-3 med varianter

Utvecklingen av KBS-3-metoden befinner sig i ett skede där tester och demonstrationer av de olika systemdelarna pågår både i pilotskala och i full skala. Detta utvecklingsarbete är baserat på vertikal deponering av kopparkapslarna, KBS-3V. En utförlig redogörelse för kunskapsläget har senast redovisats i Fud-program 2007. Av redogörelsen framgår bland annat i vilka avseenden kunskapsläget anses tillräckligt och i vilka avseenden ytterligare teknikutveckling behövs innan en anläggning kan byggas och tas i bruk. Figur 8-2 visar huvudprinciperna för KBS-3-systemet med vertikal deponering.

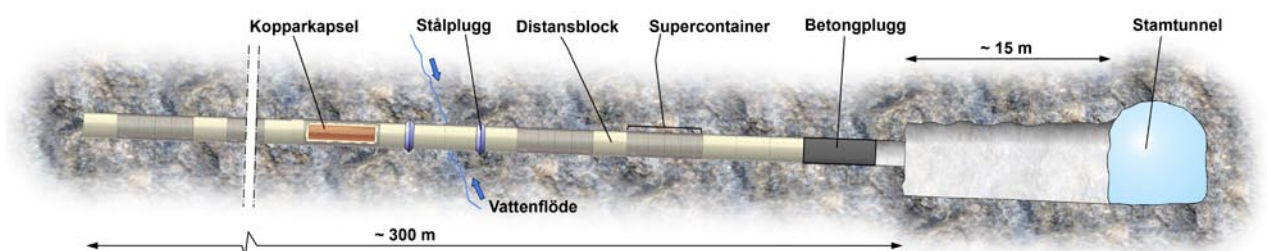
Av Fud-program 2007 framgår vidare att fortsatt arbete pågår om en alternativ förvarsutformning med horisontell deponering, KBS-3H. Skillnaderna mellan de båda alternativen illustreras i figurerna 8-3 och 8-4.



Figur 8-2. KBS-3-metoden innebär att det använda kärnbränslet kapslas in i kopparkapslar och deponeras på cirka 500 meters djup i urberget. Runt kopparkapslarna finns en buffert av bentonitlera som skyddar kapslarna mot korrosion och rörelser i berget.



Figur 8-3. Slutförvar enligt KBS-3 med vertikal (KBS-3V) respektive horisontell (KBS-3H) deponering.



Figur 8-4. Principen för utformning av ett KBS-3H-förvar.

8.3 Djupa borrhål

8.3.1 Studier sedan år 1986

Redan år 1986 – i det första Fud-programmet enligt kärntekniklagen – diskuterade SKB möjligheten att använda ett system med djupa borrhål för slutförvaring av det använda kärnbränslet. Möjligheten nämndes även i Fud-program 89, men regeringen bedömde år 1990 att detta koncept var ”mindre lämpligt”. SKB lät detta alternativ ingå i Pass-studien och i en jämförelse som redovisades i Fud-program 92. Vid den jämförelsen, som även omfattade koncepten KBS-3, långa tunnlar samt så kallade medellånga tunnlar, placerades djupa borrhål sist.

Även om SKB för närmare 20 år sedan – liksom regeringen vid denna tid – var skeptisk till konceptet djupa borrhål, har det ändå funnits skäl att fortlöpande bevaka om det efter hand skulle komma fram ny kunskap som kunde ge grund för en annan bedömning. Korta redogörelser av konceptet har därför ingått i samtliga Fud-program. SKB deltog också år 2007 i en särskild utfrågning om detta koncept, anordnad av Kärnavfallsrådet.

I följande uppställning redovisas viktigare rapporter sedan slutet av 1980-talet där konceptet djupa borrhål belyses ur skilda aspekter. Dessa rapporter har utgjort grund för SKB:s redovisningar i de olika Fud-programmen.

1989–1999

- Juhlin C, Sandstedt H, 1989. *Storage of nuclear waste in very deep boreholes: Feasibility study and assessment of economic potential*. Svensk Kärnbränslehantering AB (TR-89-39).
- Claesson J, Hellström G, Probert T, 1992, *Buoyancy flow in fractured rock with a salt gradient in the groundwater. A second study of coupled salt and thermal buoyancy*. Svensk Kärnbränslehantering AB (TR-92-41).
- Ekendahl A-M, Papp T, 1998. *Alternativa metoder – Långsiktigt omhändertagande av kärnavfall*. Svensk Kärnbränslehantering AB (R-98-11).
- SKB, 1992. *PASS – Projekt AlternativStudier Slutförvar. Slutrapport oktober 1992*. Svensk Kärnbränslehantering AB. (Översättning till engelska publicerad som TR-93-04).
- Juhlin C, Wallroth T, Smellie J, Eliasson T, Ljunggren C, Leijon B, Beswick J, 1998. *The Very Deep Hole concept: Geoscientific appraisal of conditions at great depth*. Svensk Kärnbränslehantering AB (TR-98-05).

2000–2008

- Harrison T, 2000. *Very deep borehole. Deutag's opinion on boring, canister emplacement and retrievability*. Svensk Kärnbränslehantering AB (R-00-35).
- SKB, 2000. *Systemanalys – Val av strategi och metod för omhändertagande av använt kärnbränsle*. Svensk Kärnbränslehantering AB (R-00-32).
- SKB, 2000. *Förvarsalternativet djupa borrhål. Innehåll och omfattning av FUD-program som krävs för jämförelse med KBS-3-metoden*. Svensk Kärnbränslehantering AB (R-00-28).
- SKB, 2000. *Samlad redovisning av metod, platsval och program inför platsundersökningsskede. December 2000 [”Fud-K”]*. Svensk Kärnbränslehantering AB. (Översättning till engelska publicerad som TR-01-03).
- Nirex, 2002. *Description of long-term management options for radioactive waste investigated internationally*. Nirex report No N/050, UK Nirex Ltd, Harwell, England.
- MIT, 2003. *The Future of Nuclear Power – An Interdisciplinary MIT Study*. Cambridge, Massachusetts, USA (ISBN 0-615-12420-8).
- Chapman N, Gibbs F, 2003. *A truly final waste management solution – Is very deep borehole disposal a realistic option for high-level waste or fissile materials?* Radwaste solutions July/August 2003.
- Smellie J, 2004. *Recent geoscientific information relating to deep crustal studies*. Svensk Kärnbränslehantering AB (R-04-09).

- Nirex, 2004. *A review of the deep borehole disposal concept for radioactive waste*. UK Nirex Limited June 2004 (Nirex Report no N/108).
- Grundfelt B, Wiborgh M, 2006. *Djupa borrhål – Status och analys av konsekvenserna vid användning i Sverige*. Svensk Kärnbränslehantering AB (R-06-58).
- CoRWM, 2006. *Managing our Radioactive Waste Safely – CoRWM's Recommendations to Government*. CoRWM Doc 700. Committee on Radioactive Waste Management UK.
- Marsic N, Grundfelt B, Wiborgh M, 2006. *Very deep hole concept – Thermal effects on groundwater flow*. Svensk Kärnbränslehantering AB (R-06-59).
- Åhäll K-I, 2006. *Slutförvaring av högaktivt kärnavfall i djupa borrhål – en utvärdering baserad på senare års forskning om berggrunden på stora djup*. MKG Rapport 1, 2006.
- Kasam, 2007. *Djupa borrhål – Ett alternativ för slutförvaring av använt kärnbränsle?* (Rapport från Kasam:s utfrågning den 14–15 mars 2007, tillika En fördjupning till Kasam:s rapport om kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2007 (Rapport 2007:6 från Statens råd för kärnavfallsfrågor).
- Bjelm L, 2007. *Deponering av kärnavfall i djupa borrhål!* Sammanställd (augusti 2007) på uppdrag av Kasam, med underlag från utfrågningen i Stockholm 14–15 mars 2007 (tillgänglig via www.karnavfallsradet.se).
- Beswick J, 2008. *Status of technology for deep borehole disposal*. EPS International, Contract No NP 01185, Nuclear Decommissioning Authority (Radioactive Waste Management Directorate), UK.

Det bör framhållas att de studier om deponering i djupa borrhål som har genomförts utomlands i stor utsträckning har baserats på den utformning av konceptet som togs fram av SKB i Pass-studien år 1992. I studierna från USA år 2003 och Storbritannien åren 2004 och 2008 refereras SKB:s arbeten som de mest genomarbetade och kompletta.

Mot bakgrund av den uppmärksamhet som detta förvarsalternativ rönt i den allmänna debatten i Sverige under de senaste fem åren redovisas i det följande kunskapsläget något mer ingående.

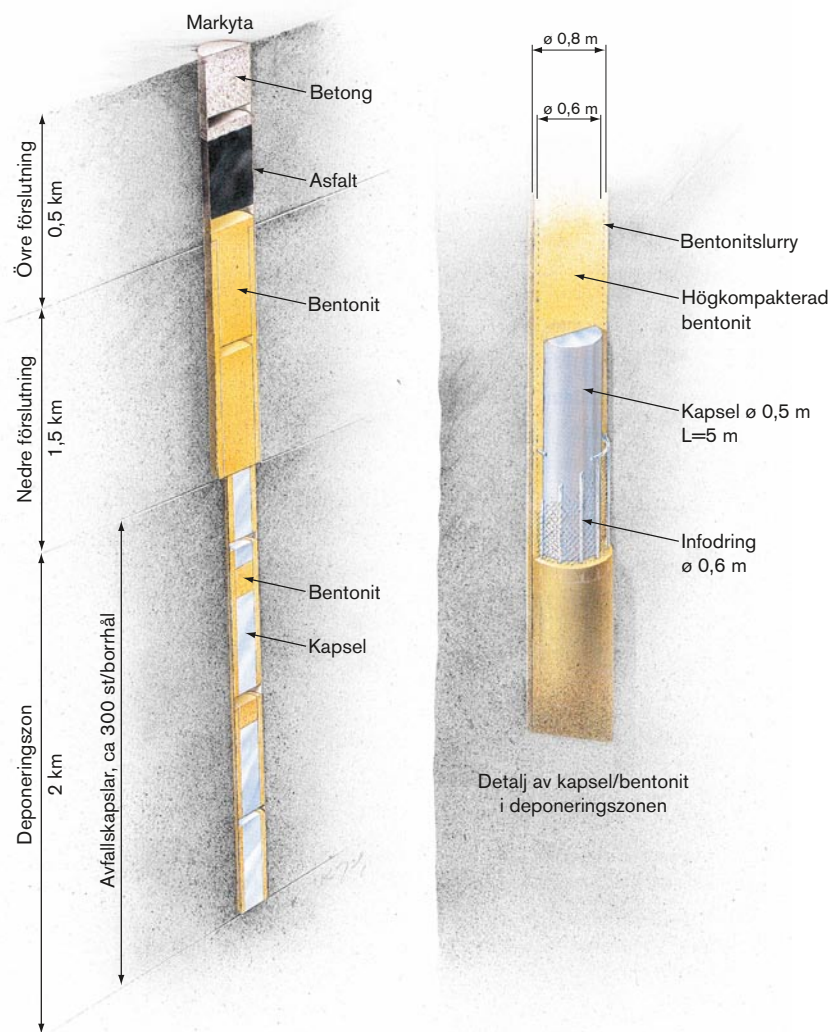
Konceptet innebär att ett antal hål borras lodrätt från markytan ned till stort djup i berggrunden. I det koncept som SKB tog fram i Pass-studien år 1992 kapslas det använda kärnbränslet in i kapslar med en ytterdiameter av 0,5 meter och längd av fem meter, alltså mindre än i KBS-3-konceptet. Kapslarna sänks ner i hålen och staplas på varandra. Denna deponering sker på ett djup av mellan två och fyra kilometer. Mellan varje kapsel placeras ett lager av bentonit. Med utgångspunkt från dagens beräkningar av totala drifttider för de svenska reaktorerna (50 år för reaktorerna i Forsmark och Ringhals, 60 år för reaktorerna i Oskarshamn) skulle det krävas cirka 18 000 kapslar, vilka skulle stoppas ner i cirka 60 djupa borrhål. Den principiella utformningen av konceptet framgår av figur 8-5.

8.3.2 Bergarbeten

Borrhålets diameter förutsattes vara en meter ner till 2 000 meters djup och 0,8 meter på nivån 2 000–4 000 meter (alltså det djup där kapslarna placeras).

Vid varje deponeringshål behövs utrustning för borrhållning och iordningsställande av hålet, för hantering av borrhållsvätska, för mellanlagring och strålskärmad hantering av kapslar, för nedföring av kapslar i hålet samt för förslutning. Den yta som krävs för denna hantering har uppskattats till cirka ett hektar per hål. Det är osäkert hur nära varandra hålen kan ligga. I tidigare studier har ett avstånd av 500 meter antagits vara tillräckligt med hänsyn till risken för ”kollision” mellan borrhål som avviker från vertikal riktning och värmeutvecklingen i det deponerade bränslet. Med detta avstånd skulle krävas en sammanlagd yta av cirka 15 kvadratkilometer för att få plats med de tidigare nämnda cirka 60 hålen.

Med ledning av erfarenheter från modern oljeborrhållning när det gäller att borra vertikalt kan det ses som troligt att avståndet mellan hålen skulle kunna minskas jämfört med vad som antagits i tidigare studier. Med ett avstånd mellan hålen på 300 meter skulle behovet av markyta minska och har bedömts uppgå till drygt fem kvadratkilometer.



Figur 8-5. Principiell utformning av förvar i djupa borrhål framtagen inom PASS-studien. Observera att figuren inte är skalenlig.

För att ytterligare reducera antalet borrhål och därmed det totala arealbehovet har det föreslagits att borrhålet grenas i ett flertal borrhål på lämpligt djup. Tekniken att grenat borrhål är vanlig i oljeborrningsindustrin där grenhålen oftast får diametern $6\frac{1}{2}$ eller $8\frac{1}{2}$ tum (165 respektive 216 millimeter). Förgreningarna är relativt lätta att åstadkomma i lösa bergarter. I hårdare bergarter ökar svårigheterna, eftersom det blir svårt att få tillräckligt tryck på borrkronan. Likaså ökar svårigheterna med ökande håldiameter på grund av att borrhållningen blir alltför styv. Grenade hål med diametern $6\frac{1}{2}$ eller $8\frac{1}{2}$ tum kan utföras i granit, men inte med grövre hål än $12\frac{1}{4}$ tum (311 millimeter). Grenade borrhål bedöms dock vara olämpliga som deponeringshål för använt kärnbränsle bland annat på grund av att:

- deponeringshålen blir för smala, eftersom diametern på grenhålen måste göras mindre än stamhållens och vida grenhål inte låter sig utföras i granit,
- övergången mellan stamhål och grenhål kan inte förses med foderrör och blir därför känslig för hålldeformation och bergutfall,
- styrningen av deponeringen till rätt gren blir komplicerad med flera grenar och många kapslar,
- risken för att kapslar ska fastna i hålet under deponering ökar markant vid grenade hål.

8.3.3 Kapsel, buffert, återfyllning

I Pass-studien föreslogs en kapsel av titan med en betongfyllning. En rad andra kapselalternativ har diskuterats men har ansetts vara mindre fördelaktiga eller osäkra. På grund av den aggressiva miljön (höga salthalter, högt tryck och hög temperatur) är det osäkert om mer kvalificerade kapselmateriäl kan leda till att bränslet förblir inneslutet under längre tid.

Kapslarna skulle omges av en buffert bestående av en blandning av bentonit och en deponerings-slurry. Funktionen hos bufferten är bland annat att hålla kapslarna på plats och att fördröja transporten av radionuklider om kapslarna förlorar sin isolerande funktion. De två översta kilometrarna av borrhålet skulle fyllas med en kombination av bentonit, asfalt och betong.

8.3.4 Långsiktig säkerhet

Den primära säkerhetsfunktionen för ett slutförvar med djupa borrhål är den fördröjning av radionuklidtransport som fås genom att grundvattnet på dessa djup antas vara huvudsakligen stillastående. På grund av de aggressiva kemiska förhållandena (hög temperatur och hög salthalt) och på grund av att det inte går att kontrollera och verifiera de tekniska barriärernas täthet efter genomförd deponering av det använda bränslet, kan man inte tillgodoräkna sig någon inneslutningseffekt av de tekniska barriärerna. Även de mekaniska förhållandena på dessa djup (höga bergspänningar) medför att de tekniska barriärernas inneslutande funktion blir svår att tillgodoräkna.

8.3.5 Nyvunnen kunskap sedan Fud-program 2007

Av förteckningen i avsnitt 8.3.1 över aktuella studier kring konceptet djupa borrhål, framgick att den senaste publicerades i Storbritannien för ganska exakt ett år sedan och på uppdrag av den statliga myndigheten NDA (Nuclear Decommissioning Authority). Studien är inriktad på borrhåstekniska frågeställningar. Det framgår av studien att frågor kring inkapslings- och deponeringsteknik skulle behöva studeras ytterligare innan det går att ta ställning till om konceptet kan vara gångbart³.

Den övergripande slutsatsen i studien är att konceptet djupa borrhål för Storbritanniens del, under vissa förutsättningar, kan ha trovärdighet, men att stora insatser skulle krävas för ett detaljerat utvecklingsarbete. Mer detaljerade slutsatser sammanfattas i 23 olika punkter. Dagens kunskaper kring borrhållning till olika djup och vid fyra tänkbara diametrar av hålet sammanfattas i en informativ tabell. I 27 olika punkter identifieras behovet av ytterligare studier samt forsknings- och utvecklingsarbete om konceptet ska bearbetas med sikte på att kunna genomföras.

Tekniken för borrhållning på stora djup har utvecklats starkt inom oljeborrhållningsindustrin under de senaste 25 åren. Erfarenheterna gäller dock hål med mindre dimensioner och i främst sedimentär berggrund. Några erfarenheter från borrhållning av djupa hål med stora diametrar och i urberg (kristallin berggrund) finns inte hos denna industri.

Bedömningar i den engelska rapporten som är av störst intresse för svensk del är bland annat problemen med att:

- sätta ner foderrör i hålen,
- cementera spalten mellan foderrören och berget samt
- ha kontroll på djupet vid nedsänkning av kapslarna för att inte riskera att dessa skadas under detta moment.

³ Utdrag ur Executive summary (p 3): *Risks are discussed and, whilst some risk is considered acceptable during the drilling phase, once the borehole had been constructed, the waste disposal phase would need to be engineered to guarantee waste could be deployed to the desired spatial position in the borehole and sealed. The waste emplacement concept and packaging are not considered in this report and would need to be the subject of other research. However, there would need to be close integration of the concept of disposal and the drilling and casing elements for such a deep borehole concept to be successful. It has been assumed for the purpose of this report that there would be no requirement to retrieve radioactive waste at some future date if disposed of in a deep borehole.*

Vidare konstaterades att enbart helt vertikala hål bör övervägas. Möjligheterna att borra sådana djupa hål har bedömts för fyra olika diametrar: 300, 500, 750 och 1 000 millimeter fri innerdiameter i foderrören. Det betyder att det borrhålets diameter skulle behöva vara 20–50 procent större. Med dagens erfarenhet bedöms det vara möjligt att med befintlig utrustning borra hål för innerdimensionen 300 millimeter till ett djup av 4 000 meter. Även hål med innerdimensionen 500 millimeter bedöms kunna borraras ned till 4 000 meter med dagens teknik och vidareutvecklad utrustning, men detta ligger utanför dagens erfarenhet. Dock bedöms det endast finnas två till tre borrhåll i världen som har tillräcklig kapacitet.

Hål för innerdimensionen 750 och 1 000 millimeter bedöms i dag inte vara möjliga att borra till djupet 4 000 meter. För dimensionen 750 millimeter bedöms det finnas möjlighet att nå ned till 3 000 meter under gynnsamma förhållanden.

8.3.6 SKB:s slutsatser

Deponering i djupa borrhål med de mindre diametrar – som analyserats i den i avsnitt 8.3.5 nämnda brittiska rapporten från år 2008, skulle kräva fler hål och därför också ta i anspråk en större markyta än enligt de tidigare bedömningar som redovisats i avsnitt 8.3.2.

SKB har bedömt, senast i Fud-program 2007 (s 394), att ingenting talar för att deponering i djupa borrhål skulle öka säkerheten och att motiv därför saknas för att genomföra något forskningsprogram för detta koncept. I den brittiska rapporten behandlas inte frågor om den långsiktiga säkerheten. SKB:s bedömning av konceptet kvarstår, men SKB avser givetvis att fortsätta att följa utvecklingsarbetet inom ämnesområdet.

Det bör tilläggas att inget land planerar att använda konceptet djupa borrhål för slutförvaring av använt kärnbränsle eller högaktivt avfall från civil kärnkraft.

9 Kunskapsläget för vissa andra strategier

9.1 Separation och transmutation

Strategin separation och transmutation utgår från att det använda kärnbränslet betraktas som en resurs eller råvara. Detta betraktelsesätt ligger till grund för den teknik med uppberedning av det använda kärnbränslet som tillämpas i ett antal länder och som – när det gäller bränsle från kärnkraftsreaktorer – i första hand syftar till att separera de klyvbara ämnen som fortfarande finns i det använda kärnbränslet och använda dem på nytt i kärnkraftsproduktionen. Restprodukterna från uppberedningen utgörs av bland annat högaktivt kärnavfall som måste förvaras åtskilt från människa och miljö, det vill säga slutförvaras. Så måste ske under långa tidsrymder, liksom vid direktdeponering av det använda kärnbränslet. I länder som tillämpar denna teknologi är utgångspunkten att strategin geologisk deponering ska tillämpas för det högaktiva kärnavfallet.

I de stora kärnkraftsländerna och inom ramen för internationella forskningsprojekt som finansieras av EU-kommissionen pågår forsknings- och utvecklingsarbete om möjligheterna att separera olika radioaktiva ämnen i det använda kärnbränslet från varandra och sedan omvandla – transmutera – dem till mer kortlivade radioaktiva produkter eller rentav stabila. Men även om detta kan genomföras i praktiken och i industriell skala, kommer det att uppstå farligt kärnavfall från dessa processer. Sådant avfall måste tas om hand för mycket långa tidsrymder, varvid geologisk deponering förefaller vara det enda alternativet.

SKB följer detta arbete sedan åtskilliga år och har sedan år 1995 i samtliga Fud-program redogjort för kunskapsläget och för hur arbetet har utvecklats.

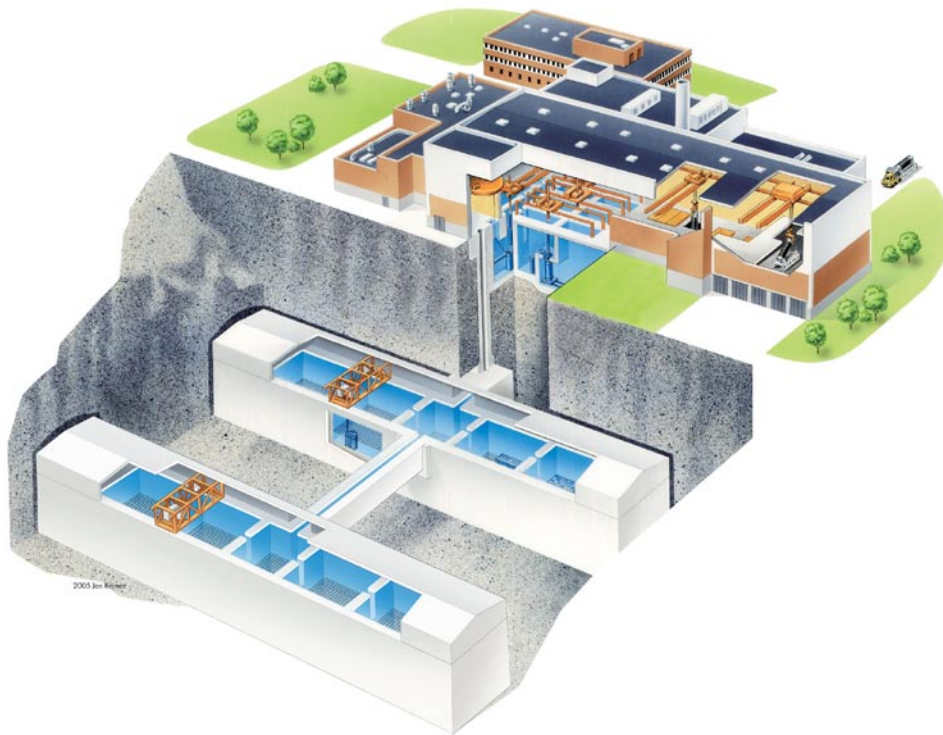
En ingående redogörelse för och bedömning av den aktuella tekniken för svenskt vidkommande ingick i den redovisning av kunskapsläget på kärnavfallsområdet som Kärnavfallsrådet publicerade år 2004 /9-1, s 323–384/. Tre olika scenarier diskuterades ur ett svenskt perspektiv:

- Ett exklusivt svenskt system för transmutation.
- Ett system där Sverige helt förlitade sig på teknik och resurser utvecklade i andra länder.
- Separation och bränsletillverkning utomlands, transmutation i Sverige.

I Fud-program 2007 /9-2, s 386/ återgav SKB de allmänna slutsatser som Kärnavfallsrådet dragit år 2004 beträffande för- och nackdelar med separation och transmutation:

”Utnyttjandet av transmutation för det svenska kärnavfallet blir en fråga för kommande generationer. Med dagens kunskap om denna teknik är det inte acceptabelt att avbryta eller senarelägga det svenska slutförvarsprogrammet, med hänvisning till transmutation som ett möjligt alternativ. Däremot stärker detta möjliga framtida alternativ kravet på att förvaret skall utformas så att återtagning av avfallet blir möjlig. Enligt de etiska principer, som bland andra Kasam ställt upp, bör varje generation ta hand om sitt eget avfall och inte tvinga framtida generationer att utveckla ny teknik för att lösa problemen. Därför är det rimligt att resurser avsätts för fortsatt forskning om transmutation. Denna forskning kan även ge utbyte, som är av värde inom andra områden, till exempel kärnfysik, kemisk separationsteknik och materialteknik. Den svenska transmutationsforskningen bör samordnas med den forskning och utveckling som sker i andra länder. Att nu avsätta resurser för fortsatt transmutationsforskning ligger också i linje med synsättet att vår generation bör ge kommande generationer bästa möjliga förutsättningar att avgöra om de vill välja transmutation, som metod för att ta hand om det använda kärnbränslet, i stället för enbart direktdeponering (enligt t ex KBS-3-metoden).”

SKB deklarerade i Fud-program 2007 sin avsikt att även framöver stödja pågående forskning vid universitet och tekniska högskolor kring separation och transmutation. Motivet är att kunna följa den internationella utvecklingen och upprätthålla en rimlig kompetens inom landet, åtminstone så länge som en stor del av elförbrukningen produceras med kärnenergi. I programmet förutsätts en viss ökning av hittillsvarande stöd så att det under perioden 2008–2010 beräknas uppgå till nivån sex–sju miljoner kronor årligen. I sina yttranden över Fud-program 2007 fick dessa planer stöd både av dåvarande SKI och av Kärnavfallsrådet.



Figur 9-1. Våt mellanlagring av använt kärnbränsle i Clab.

9.2 Övervakad lagring

Strategin övervakad lagring kan sägas vara en tillämpning av principen att samla in och förvara åtskilt från människa och miljö. Övervakad lagring under en begränsad period ingår av tekniska skäl alltid i hanteringen av använt kärnbränsle. Omfattande erfarenheter finns från flera länder och olika system har utvecklats. Dessa kan delas in i våt respektive torr lagring. Så kallad Dry Rock Deposit utgör ett koncept som innebär övervakad torr lagring under långa tidsrymder.

9.2.1 Våt lagring

Vid övervakad våt lagring sker strålskärning och kylning med hjälp av vatten. Den svenska anläggningen Clab är ett exempel på denna form av lagring. Där förvaras det använda bränslet i vattenfyllda bassänger cirka 30 meter under markytan, där vattnet utgör såväl kylmedel som strålskärning av bränslet. För att föra bort restvärmen kyls bassängvattnet genom att det cirkuleras i ett slutet system med värmeväxlare. Nuvarande planering utgår från att lagringstiden för huvuddelen av bränslet som förvaras i Clab blir 30–40 år. Det är dock sannolikt tekniskt möjligt att, med rätt drift och underhåll, förlänga lagringsperioden till 100 år, kanske något mer. Men system med våt lagring har en begränsad livslängd, förutsätter en kontinuerlig tillsyn och utgör definitionsmässigt inte en strategi för slutligt omhändertagande av det använda kärnbränslet. Figur 9-1 åskådliggör våt mellanlagring i Clab.

9.2.2 Torr lagring

Vid övervakad torr lagring svarar en lagringsbehållare eller lagringsutrymmet för strålskärmning och kylning. Torr lagring kan ske efter två olika systemvarianter:

- Det använda bränslet placeras i speciellt utformade behållare av metall eller betong, som lagras utomhus eller i speciella lagerbyggnader. Behållarna utgör strålskärm och förhindrar även spridning av radioaktiva ämnen. Vissa typer av lagringsbehållare är även godkända för transport av använt bränsle.
- Det använda bränslet placeras i tunnväggiga gastäta metallbehållare som förvaras i särskilda betongkonstruktioner. Behållaren fungerar som barriär mot spridning av radioaktiva ämnen. Strålskärmning och skydd mot yttre påverkan ges av den omgivande betongkonstruktionen och byggnaden.

De båda systemen beskrivs mer i detalj i en SKB-rapport från år 2006 /9-3/. Behållarna lagras utomhus eller i speciella lagerbyggnader. Kylningen av bränslet sker med luft, antingen med fri konvektion eller med styrd ventilation. Men även detta system utgör en form av mellanlagring i avvaktan på ett permanent och slutligt omhändertagande.

I figur 9-2 illustreras ett antal exempel på anläggningar för torr lagring.



Figur 9-2. Exempel på anläggningar för torr lagring. Överst till vänster Utomhuslagring vid Point Lepreau Generating Station (Källa: NBPower Nuclear). Överst till höger CASTOR®-behållare i lagerbyggnad vid Gorleben i Tyskland (Källa: IAEA). Nederst till vänster NUHOMS® vid Susquehanna kärnkraftverk i USA (Källa: IAEA). Nederst till höger CANSTOR®-moduler vid Gentilly-2 i Kanada (Källa: Hydro Quebec).

9.2.3 Dry Rock Deposit

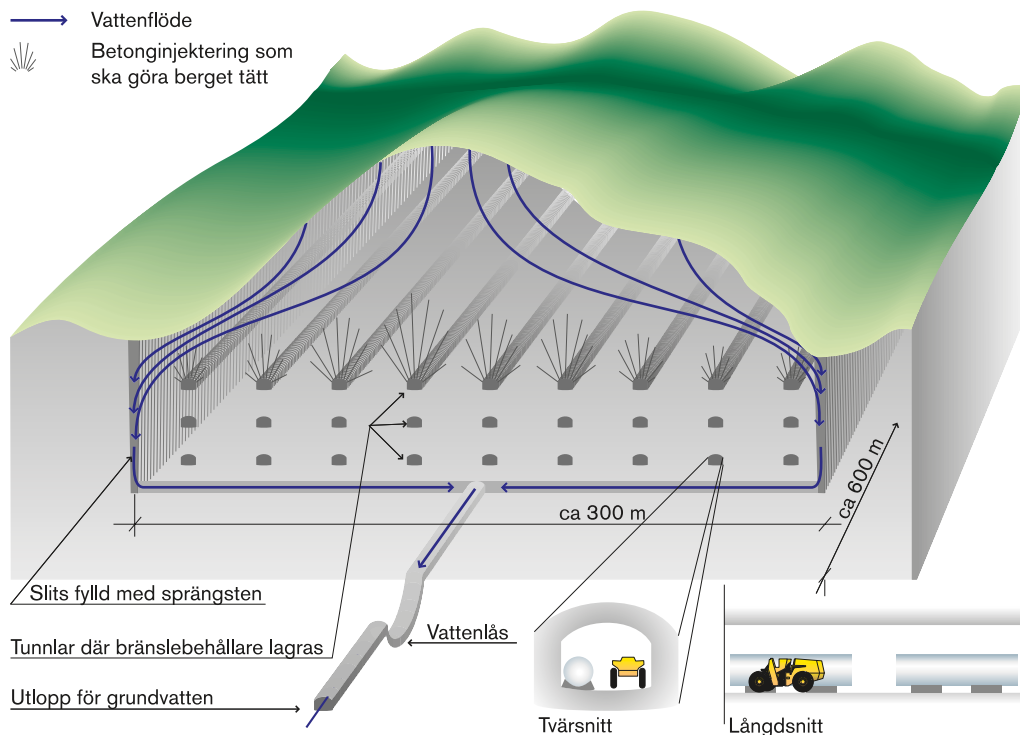
Dry Rock Deposit (DRD) är ett system för torr lagring under mycket långa tider, upp till flera tusen år. Förslagsställarna menar att mer forskning och utveckling behövs för att säkerställa att det använda kärnbränslet kan slutligt omhändertas på ett säkert sätt samt att det använda kärnbränslet därför bör förvaras på ett sådant sätt att det är lätt att övervaka tills denna forskning har gett resultat.

Diskussioner kring konceptet DRD förekom under 1980-talet. Konceptet presenterades mer i detalj i ett remissyttrande av docent Nils-Axel Mörner över SKB:s Fud-program 95 (Mörner var vid denna tid föreståndare för Enheten för Paleogeofysik & Geodynamik vid Stockholms universitet). Mörner och andra har vid olika tillfällen preciserat utformningen av systemet (se bland annat /9-4 och 9-5/).

Den huvudsakliga skillnaden mellan DRD och de system för torr lagring som finns i drift är det utrymme som omger lagringsbehållarna. Enligt konceptet placeras bränslet i täta behållare i ett självdränerande berggrum. Efter deponering stängs berggrummet. Inga insatser krävs för läns pumpning eller kylning. Tanken är att minimera behovet av underhåll och övervakning så att lagringen kan ske under lång tid. Bränslet placeras i någon form av behållare, hur dessa ska utformas finns inte beskrivet. Man får anta att de utformas med hänsyn till temperaturen, och luftatmosfären i berggrummet så att bränsle och behållare förblir opåverkade under lagringstiden.

Det självdränerande berggrummet byggs i en bergformation som skjuter upp över omgivande dalsänkor. Bergformationen omgärdas av en vertikal krosszon som dräneras via en svagt lutande horisontell tunnel. Tunneln förses med en stoftfälla där dräneringsvattnet kan kontrolleras. I det ursprungliga förslaget angavs att två spännarmerade plattor skulle gjutas över förvaret så att inget vatten kan tränga in ovanifrån. Senare har denna utformning reviderats och berget görs istället tätt genom injektering. Systemet Dry Rock Deposit illustreras i figur 9-3. Kylningen planeras ske genom naturlig cirkulation och lagringsutrymmet antas vara självdränerande.

Förutsatt att DRD-konceptet kan visas fungera som tänkt, är det möjligen den minst resurskrävande varianten av övervakad lagring vad gäller mänsklig närvaro. Någon form av övervakning behövs dock trots allt, till exempel för att motverka olovlig befattning med det använda bränslet. Vidare är det sannolikt att det med jämna mellanrum skulle behövas underhåll av behållare, bergförstärkningar och dylikt.



Figur 9-3. Dry Rock Deposit (DRD) systemet avsett för långvarig torr lagring.

SKB vill sålunda understryka att DRD-konceptet – liksom de system för våt och torr lagring som nämndes i avsnitten 9.2.1 och 9.2.2 – kräver någon form av övervakning. De uppfyller alltså inte de krav som har ställts upp för den i kärntekniklagen förutsatta slutförvaringen av använt kärnbränsle. Dessa krav innebär att vid slutförvaring ska barriärerna ge den erforderliga säkerheten utan övervakning och underhåll.

9.2.4 SKB:s slutsatser

Strategin övervakad lagring uppfyller ställda krav i ett kort tidsperspektiv. I ett längre tidsperspektiv – hundratals eller tusentals år – kan man inte förlita sig på personella resurser för att upprätthålla miljö-, säkerhets- och strålskyddskraven. Personella insatser krävs för kontroll och drift av lagret och för att förhindra olovlig befattning med kärnämne. SKB har den bestämda uppfattningen att strategin geologisk förvaring – och då särskilt KBS-3-systemet – kommer att leda till målet att på ett säkert sätt slutförvara använt kärnbränsle. Därför finns det ingen anledning för SKB att stödja forsknings- och utvecklingsarbete på en strategi som oundvikligen leder till att lösningar av ”kärnavfallsfrågan” skjuts fram till en oviss framtid.

10 SKB:s fortsatta arbete med alternativa slutförvaringsmetoder

Som nämnts i avsnitt 6.1 kommer en utförlig redovisning av ”alternativfrågan” att ingå i eller utgöra underlag för de till år 2010 planerade ansökningarna enligt miljöbalken och kärntekniklagen om tillåtlighet/tillstånd att uppföra och driva ett slutförvar för använt kärnbränsle.

Inom SKB pågår arbete med att ta fram ett antal rapporter som ger en utförlig och aktuell redovisning med resonemang om principer, strategier och system för omhändertagande av använt kärnbränsle. Det arbete som under drygt 30 års tid utförts inom SKB med att dels utveckla KBS-3-konceptet, dels granska och bedöma andra koncept kommer att beskrivas, varvid även speglas hur SKB:s arbete har påverkats genom regeringens granskning av de Fud-program som presenterats mellan åren 1986 och 2007. En särskild jämförelse i olika avseenden mellan konceptet djupa borrhål och KBS-3-systemet kommer också att presenteras.

11 Referenser

- 2-1 **SKB, 2008.** Omhändertagande av rivningsavfall i SFR. SKB dokID 1093283 version 2.0. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 2-2 **SKB, 2008.** Geovetenskapligt undersökningsprogram för utbyggnad av SFR. SKB R-08-67, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 2-3 **SKB, 2004.** Fud-program 2004. Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall, inklusive samhällsforskning. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 2-4 **SKB, 2001.** Slutlig säkerhetsrapport SFR 1. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 2-5 **SKB, 2008.** Säkerhetsredovisning SFR 1. Allmän del 1 och 2. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 2-6 **SKB, 2006.** Long-term safety for KBS-3 repositories at Forsmark and Laxemar – a first evaluation. Main Report of the SR-Can project. SKB TR-06-09, Svensk Kärnbränslehantering AB
- 2-7 **SKB, 2001.** Scenario and system analysis. SKB R-01-13, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 2-8 **Gordon A, Lindgren M, Löfgren M, 2008.** Update of priority of FEP:s from Project SAFE. SKB R-08-12, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 2-9 **SKB 2006.** FEP report for the safety assessment SR-Can. SKB TR-06-20, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 2-10 **SKB, 2006.** Geosphere process report for the safety assessment SR-Can. SKB TR-06-19, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 2-11 **SKB, 2006.** Climate and climate related conditions – report for the safety assessment SR-Can. SKB TR-06-23, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 2-12 **Avila R, Ekström P-A, Kautsky U, 2006.** Development of Landscape Dose Factors for dose assessments in SR-Can. SKB TR-06-15, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 2-13 **Avila R, 2006.** The ecosystem models used for dose assessments in SR-Can. SKB R-06-81, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 2-14 **SKB, 2006.** The biosphere at Forsmark. Data, assumptions and models used in the SR-Can assessment. SKB R-06-82, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 2-15 **Avila R, Pröhl G, 2008.** Models used in the SFR1 SAR-08 and KBS-3H safety assessments for calculation of 14C doses. SKB R-08-16, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 2-16 **SKB, 2006.** Data report for the safety assessment SR-Can. SKB TR-06-25, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 2-17 **SKB, 2008.** Model summary report for the safety assessment SFR 1 SAR-08. SKB R-08-17, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 3-1 **SKBF/KBS, 1978.** Kärnbränslecykelns slutsteg. Använt kärnbränsle – KBS-2. Del I-II. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 3-2 **SKBF/KBS, 1983.** Kärnbränslecykelns slutsteg. Slutförvaring av använt kärnbränsle – KBS-3. Del I-IV. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 3-3 **SKB, 1992.** Fud-program 1992. Kärnkraftsavfallets behandling och slutförvaring. Program för forskning, utveckling, demonstration och övriga åtgärder. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 3-4 **SKB, 1982.** Plan 82. Radioactive waste management plan. Part 1: General. SKBF/KBS TR 82-09:1, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 3-5 **SKB, 1993.** Plan 93. Costs for management of radioactive waste from nuclear power production. SKB TR 93-28, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 3-6 **SKB, 1995.** Fud-program 1995. Kärnkraftsavfallets behandling och slutförvaring. Program för inkapsling, geologisk djupförvaring samt forskning, utveckling och demonstration. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 3-7 **SKB, 1999.** Djupförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall. Preliminär säkerhetsanalys. SKB R-99-59, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 3-8 **SKB, 2001.** Fud-program 2001. Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 3-9 **SKB, 2004.** Fud-program 2004. Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall, inklusive samhällsforskning. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 3-10 **Skagius K, Pettersson M, Wiborgh M, Albinsson Y, Holgersson S, 1999.** Compilation of data for the analysis of radionuclide migration from SFL 3-5. SKB R-99-13, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 3-11 **Pettersson M, Skagius K, Moreno L, 1999.** Analysis of radionuclide migration from SFL 3-5. SKB R-99-14, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 3-12 **Karlsson F, Lindgren M, Skagius K, Wiborgh M, Engkvist I, 1999.** Evolution of geochemical conditions in SFL 3-5. SKB R-99-15, Svensk Kärnbränslehantering AB.

- 3-13 **Skagius K, Lindgren M, Pers K, 1999.** Gas generation in SFL 3-5 and effects on radionuclide release. SKB R-99-16, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 3-14 **SKI, SSI, 2001.** SKI:s och SSI:s gemensamma granskning av SKB:s preliminära säkerhetsanalys för slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall. SKI Rapport 01:14, SSI-rapport 2001:10.
- 3-15 **SKB, 2008.** Säkerhetsredovisning SFR 1. Del 1 och 2. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 3-16 **SKB, 2006.** Long-term safety for KBS-3 repositories at Forsmark and Laxemar – a first evaluation. Main Report of the SR-Can project. SKB TR-06-09, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 3-17 **Dicksson C L, Brew D R M, Glasser F P, 2004.** Solubilities of CaO-SiO₂-H₂O phases at 25°, 55° and 85°C. Advances in Cement Research, Vol 16, No 1, pp 35-43.
- 3-18 **Mäder U, Frieg B, Puigdomenech I, Decombarieu M, Yui M, 2004.** Hyperalkaline cement leachate-rock interaction and radionuclide transport in a fractured host rock (HPF project). Materials Research Society Symposium Proceedings, Vol 807, pp 861-866.
- 3-19 **Smellie J A T (ed), 1998.** Maqarin natural analogue study: Phase III, Vol I and II. SKB TR 98-04, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 3-20 **Smellie J A T (ed), 2000.** Maqarin natural analogue project: Phase IV. Reconnaissance mission report (April 28th to May 7th, 1999). SKB R-00-34, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 3-21 **Glaus M A, Van Loon L R, 2004.** Cellulose degradation at alkaline conditions: Long-term experiments at elevated temperatures. Nagra Technical Report NTB 03-08, Nagra, Wetingen, Switzerland.
- 3-22 **Mäder U K, Fierz T, Frieg B, Eikenberg J, Rüthi M, Albinsson Y, Möri A, Ekberg S, Stille P, 2006.** Interaction of hyperalkaline fluid with fractured rock: Field and laboratory experiments of the HPF project (Grimsel Test Site, Switzerland). Journal of Geochemical Exploration, Vol 90, pp 68-94.
- 3-23 **Pfingsten W, Paris B, Soler J M, Mäder U K, 2006.** Tracer and reactive transport modelling of the interaction between high-pH fluid and fractured rock: Field and laboratory experiments. Journal of Geochemical Exploration, Vol 90, pp 95-113.
- 3-24 **Soler J M, Mäder U K, 2007.** Mineralogical alteration and associated permeability changes induced by a high-pH plume: Modeling of a granite core infiltration experiment. Applied Geochemistry, Vol 22, pp 17-29.
- 3-25 **Glaus M A, Loon L R V, Schwyn B, Vines S, Williams S J, Larsson P, Puigdomenech I, 2008.** Long-term predictions of the concentration of a-isosaccharinic acid in cement pore water. Materials Research Society Symposium Proceedings, Vol 1107, pp 605-612.
- 3-26 **Glaus M A, Van Loon L R, 2008.** Degradation of cellulose under alkaline conditions: New insights from a 12 year degradation study. Environmental Science and Technology, Vol 42, No 8, pp 2906-2911.
- 3-27 **Galíndez J M, Molinero J, Samper J, Yang C B, 2006.** Simulating concrete degradation processes by reactive transport models. Journal de Physique IV France, Vol 136, pp 177-188.
- 4-1 **SKI, 2008.** SKI:s yttrande och utvärdering av SKB:s redovisning av Fud-program 2007 – Gransknings PM. SKI Rapport 2008:48.
- 4-2 **SKB, 2004.** Struktur på avvecklingsplan för kärntekniska anläggningar, guideline. SKB Rapport 04-43, juni 2004, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 4-3 **SKB, 2009.** Sammanställning av kraftbolagens avvecklingsplaner. SKB Rapport ID 1189264, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 4-4 **SKB, 2009.** Omhändertagande av rivningsavfall i SFR. SKB Rapport ID 1093283, rev. 2009, Svensk Kärnbränsleförslörjning AB.
- 4-5 **TLG Services, Inc., 2008.** Decommissioning Cost Analysis for Barsebäck Nuclear Station.
- 6-1 **Grundfelt B, Wiborgh M, 2006.** Djupa borrhål – Status och analys av konsekvenserna vid användning i Sverige. SKB R-06-58, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 6-2 **Marsic N, Grundfelt B, Wiborgh M, 2006.** Modelling of thermal effects on groundwater flow for the VDH-concept. SKB R-06-59, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 6-3 **Grundfelt B, Lindgren M, 2006.** Separation och transmutation. Belysning av tillämpning i Sverige. SKB R-06-60, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 6-4 **Statens råd för kärnavfallsfrågor, 2007.** Djupa borrhål – ett alternativ för slutförvaring av använt kärnbränsle? Rapport 2007:6, Statens råd för kärnavfallsfrågor.
- 7-1 **SKB, 2000.** Samlad redovisning av metod, platsval och program inför platsundersökningsskedet (Fud-K). Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 7-2 Regeringsbeslut 22, 2001-11-01 (Komplettering av program för forskning, utveckling och demonstration för kärnavfallens behandling och slutförvaring, FUD-program 98).
- 7-3 Regeringsbeslut 1, 2000-01-24 (Program för forskning, utveckling och demonstration för kärnavfallens behandling och slutförvaring, FUD-program 98).
- 7-4 **Wiborg M, Papp T, Svemar C, 2004.** NET.EXCEL Final Technical Report. SKB IPR-04-54, Svensk Kärnbränslehantering AB.

- 7-5 Regeringsbeslut 73, 1984-06-28 (Ansökan om tillstånd enligt 6 § lagen [1984:3] om kärnteknisk verksamhet att första gången tillföra kärnreaktor kärnbränsle avseende Forsmark 3).
- 7-6 Regeringsbeslut 74, 1984-06-28 (Ansökan om tillstånd enligt 6 § lagen [1984:3] om kärnteknisk verksamhet att första gången tillföra kärnreaktor kärnbränsle avseende Oskarshamn 3.)
- 7-7 Regeringsbeslut 21, 1990-12-20 (Program för forskning m.m. avseende kärnkraftsavfallets behandling och slutförvaring).
- 7-8 Regeringsbeslut 40, 1993-12-16 (Program för forskning m.m. angående kärnkraftsavfallets behandling och slutförvaring).
- 7-9 Regeringsbeslut 25, 1996-12-19 (Program för forskning m.m. angående kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring).
- 7-10 **Ekendahl A-M, Papp T, 1998.** Alternativa metoder – Långsiktigt omhändertagande av kärnbränsleavfall. SKB R-98-11, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 7-11 **Juhlin C, Wallroth T, Smellie J, Eliasson T, Ljunggren C, Leijon B, Beswick J, 1998.** The Very Deep Hole concept. Geoscientific appraisal of conditions at great depth. SKB TR 98-05, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 7-12 **SKB 2000.** Förvarsalternativet djupa borrhål. Innehåll och omfattning av FUD-program som krävs för jämförelse med KBS-3-metoden. SKB R-00-28, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 7-13 Regeringsbeslut 7, 2002-12-12 (Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall, FUD-program 2001).
- 7-14 Regeringsbeslut 21, 2005-12-01 (Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall, inklusive samhällsforskning, Fud-program 2004).
- 7-15 **Grundfelt B, Wiborgh M, 2006.** Djupa borrhål – Status och analys av konsekvenserna vid användning i Sverige. SKB R-06-58, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 7-16 **Marsic N, Grundfelt B, Wiborgh M, 2006.** Modelling of thermal effects on groundwater flow for the VDH-concept. SKB R-06-59, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 7-17 **Åhäll K-I, 2006.** Slutförvaring av högaktivt kärnavfall i djupa borrhål – en utvärdering baserad på senare års forskning om berggrunden på stora djup. MKG Rapport 1 2006, Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning.
- 7-18 **Statens råd för kärnavfallsfrågor, 2007.** Djupa borrhål – Ett alternativ för slutförvaring av använt kärnbränsle? Rapport 2007:6, Statens råd för kärnavfallsfrågor.
- 7-19 **SKB, 1986.** FoU-program 86. Kärnavfallets behandling och slutförvaring. Program för forskning, utveckling och övriga åtgärder. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 7-20 **SKB, 1989.** FoU-program 89. Kärnavfallets behandling och slutförvaring. Program för forskning, utveckling och övriga åtgärder. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 7-21 **SKB, 1992.** FUD-program 92. Kärnavfallets behandling och slutförvaring. Program för forskning, utveckling, demonstration och övriga åtgärder. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 7-22 **Liljenzin J-O, Skålberg M, 1992.** Partitioning and transmutation. A review of the current state of the art. SKB TR-92-19, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 7-23 **Statens kärnbränslenämnd, 1991.** Specialist Meeting on Accelerator-driven Transmutation Technology for Radwaste and other Applications, 24-28 June 1991, Saltsjöbaden, Sweden. SKN Report 54, Statens kärnbränslenämnd.
- 7-24 **SKB, 1986.** Kärnavfallets behandling och slutförvaring. Alternativa slutförvaringsmetoder. Underlagsrapport till FoU-program 86. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 9-1 **SOU 2004:67, 2004.** Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2004. Statens råd för kärnavfallsfrågor.
- 9-2 **SKB, 2007.** Fud-program 2007. Program för forskning, utveckling, demonstration av metoder för hantering och slutförvaring. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 9-3 **Jones C, Wiborgh M, 2006.** Övervakad torr lagring – Beskrivning av metoder och användning i andra länder samt bedömning av förutsättningarna i Sverige. SKB P-06-94, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 9-4 **Eggert U, Johansson A, Kvamsdal U, 1993.** The DRD method. Bilaga till ansökan om forskningsbidrag till Statens kärnkraftinspektion år 1999 (arkiverad hos SKI som Doss 14.9, Dnr 981581).
- 9-5 **Rustan A, 2000.** Kärnbränsleavfallsfrågan – Nödvändiga strategi- och metodförändringar. Elbranschen 1/2000.

I avsnitt 8.3.1 redovisas en sammanställning av viktigare rapporter som tillkommit sedan slutet av 1980-talet där konceptet djupa borrhål belyses ur skilda aspekter.

ISBN-nr 978-91-977862-5-6

CM Gruppen AB, Bromma 2009