

SKIs utvärdering av SKBs FUD-program 95

Gransknings-PM

Maj 1996

ISSN 1104-1374
ISRN SKI-R--96/48--SE

SKI Rapport 96:48

**SKIs utvärdering av
SKBs FUD-program 95**

Gransknings-PM

Maj 1996

NORSTEDTS TRYCKERI AB
Stockholm 1996

INNEHÅLL

1 INLEDNING/BAKGRUND	1
1.1 Allmänt om programmet	1
1.2 Remissinstansernas synpunkter	2
1.3 SKIs bedömning	3
2 SYSTEMSTUDIER OCH ALTERNATIVA METODER	5
2.1 Allmänt	5
2.2 Remissinstansernas synpunkter	6
2.3 SKIs bedömning	6
3 LOKALISERINGSPROCEDUR FÖR ANLÄGGNINGAR	7
3.1 Allmänt	7
3.2 Remissinstansernas synpunkter	8
3.3 SKIs bedömning	9
4 STÖDJANDE FoU	11
4.1 Inledning	11
4.2 Scenarier	11
4.3 Använt bränsle	12
4.3.1 Allmänna synpunkter	12
4.3.2 Experimentella undersökningar	13
4.3.3 Modeller för bränsleupplösning och nuklidfrigörelse från bränsle	14
4.3.4 Sammanfattande omdöme	15
4.4 Buffert och återfyllnad	15
4.4.1 Inledning	15
4.4.2 Allmänt	15
4.4.3 Buffertmaterialens egenskaper och geokemiska stabilitet	16
4.4.4 Berräkningsmodeller	18
4.4.5 Gastransport	19
4.4.6 Betong	20
4.4.7 Sammanfattande omdöme	21
4.5 Berggrunden	21
4.5.1 Allmänna synpunkter	21
4.5.2 Strukturgeologi och mekanisk stabilitet	21
4.5.3 Grundvattenkemi	24
4.5.4 Bergets förmåga att begränsa radionuklidtransport	26
4.5.5 Modellverktyg och modellutveckling	27
4.5.6 Sammanfattande omdöme	28
4.6 Kemi	29
4.6.1 Inledning	29
4.6.2 Löslighet, komplexbildning och kinetik	29
4.6.3 Sorption och diffusion	30
4.6.4 Organiska ämnen, kolloider, mikrober	31
4.6.5 Sammanfattande bedömning	32
4.7 Naturliga analogier	32
4.7.1 Inledning och bakgrund	32
4.7.2 SKBs deltagande i analogistudier	33

4.7.3 Sammanfattande omdöme	35
4.8 Biosfären	35
4.9 Övrigt avfall	35
4.9.1 Inledning	35
4.9.2 Avfall till SFR-1	36
4.9.3 annat avfall	36
4.10 Sammanfattande bedömning	38
5 KAPSELTILLVERKNING OCH INKAPSLING	41
5.1 Inledning	41
5.2 Förutsättningar och mål	41
5.3 Val av kapselmaterial	42
5.4 Utveckling och utformning av kapseln	43
5.4.1 Initial säkerhet	43
5.4.2 Korrosion av kopparkapseln	43
5.4.3 Hållfasthet	44
5.4.4 Värmeöverföring	44
5.4.5 Kriticitet	44
5.4.6 Mekanisk påverkan	44
5.4.7 Tillverkning och kontroll av tomma kapslar	45
5.5 Kapseltillverkning	45
5.5.1 Utveckling av tillverkningsmetoder	45
5.6 Förslutning av kapsel	47
5.7 Projektering och uppförande av inkapslingsanläggning	47
5.8 Pilotanläggning för kapselförslutning	48
5.9 Säkerhet, kvalitet och icke spridning av kärnvapen	48
5.10 Sammanfattande bedömning	49
6 DJUPFÖRVARING AV ANVÄNT KÄRNBRÄNSLE	51
6.1 Inledning	51
6.2 Etappindelning av djupförvarsprogrammet	51
6.3 Utförda och planerade undersökningar	52
6.3.1 Introduktion	52
6.3.2 Säkerhetsrelaterade platsegenskaper	52
6.3.3 Översiktsstudier i nationell skala	53
6.3.4 Utförda och planerade förstudier	56
6.3.5 Erfarenheter från tidigare och nuvarande planer för platsundersökningar	57
6.3.6 Metoder och instrument	59
6.3.7 Hantering och bearbetning-kvalitetssäkring av data	62
6.4 Projektering, bygge, drift och förslutning av djupförvaret	62
6.4.1 Projektering	62
6.4.2 Anläggningsutformning och byggmetoder	63
6.4.3 Utveckling av utrustning och applicering av buffert	64
6.4.4 Förslutning, övervakning och återtag	65
6.5 Transporter till djupförvaret	66
6.5.1 Inledning	66
6.5.2 Godstyper och godsmängder	66
6.5.3 Transportsätt och transportsäkerhet för radioaktivt material	66
6.6 Driftsäkerhet och icke spridning av kärnvapen	67

6.7 Sammanfattande bedömning	67
6.7.1 Genomförda och planerade undersökningar	68
6.7.2 Bygg- och driftrelaterade insatser	70
7 ÄSPÖLABORATORIET	71
7.1 Bakgrund	71
7.1.1 SKBs arbeten	71
7.1.2 SKIs yttranden - regeringens beslut 1993 över SKBs FUD-program 92	71
7.2 Mål med Äspölaboratoriet	72
7.2.1 Huvudmål och etappmål	72
7.3 Uppnådda resultat, påbörjade och planerade arbeten för etappmålen	72
7.3.1 Verifiering av förundersökningsmetoder - etappmål 1	72
7.3.2 Fastställa detaljundersökningsmetodik - etappmål 2	74
7.3.3 Pröva modeller för beskrivning av bergets barriärfunktion - etappmål 3	76
7.3.4 Demonstrera teknik för och funktion hos viktiga delar i förvarssystemet - etappmål 4	78
7.4 Tidplan för genomförande av försök	82
7.4.1 Planerade tester	82
7.4.2 Samordning med SKBs övriga verksamheter	82
7.5 Sammanfattande bedömning	83
7.5.1 SKBs etappmål vid Äspölaboratoriet	83
7.5.2 SKIs sammanfattande synpunkter på etappmålen	83
8 SÄKERHETSREDOVISNINGAR	87
8.1 Inledning	87
8.2 Metodik för säkerhetsanalys	87
8.2.1 Kunskapsläge och planerat arbete	87
8.2.2 Mall för uppläggning av fortsatta säkerhetsredovisningar (SR 95)	93
8.3 Beslutsunderlag vid ansökningar	95
8.3.1 Säkerhetsrapportering vid ansökan om tillstånd för inkapslingsanläggningen	95
8.3.2 Säkerhetsrapportering för ansökan om tillstånd för djupförvaret	100
8.3.3 Säkerhetsrapportering för ansökan om tillstånd för drift - steg 1	103
8.3.4 Övriga tillståndsansökningar	103
8.4 Sammanfattande bedömning	103
8.4.1 SKIs bedömning av metodfrågor	104
8.4.2 SKIs förslag till riktlinjer för beslutsunderlag vid ansökningar	105
9 RIVNING AV KÄRNTEKNISKA ANLÄGGNINGAR	113
9.1 Allmänt	113
9.2 Remissinstansernas synpunkter	113
9.3 SKIs bedömning	114
10 PROGRAMMETS GENOMFÖRANDE, TIDPLAN OCH KOSTNADER	115
10.1 Allmänt	115
10.2 SKIs bedömning	115

REFERENSER	117
FÖRKORTNINGAR	121
REMISSINSTANSER	123
SKI:s KONSULTER	125

1 INLEDNING/BAKGRUND

1.1 Allmänt om programmet

Kärntekniklagen lägger det primära ansvaret för en säker hantering av använt kärnbränsle och kärnavfall på tillståndshavaren, i första hand kraftreaktorägarna. Dessa skall också, enligt finansieringslagen, svara för att medel avsätts för framtida kostnader för hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall från detta. Ägare av kraftreaktor skall vidare bedriva och vart tredje år, med början år 1986, redovisa ett forsknings- och utvecklingsprogram för hantering och slutförvaring av det använda kärnbränslet och kärnavfallet. Programmet skall också omfatta de åtgärder som behövs för att riva de kärntekniska anläggningarna. Kraftindustrin har bildat ett gemensamt bolag, Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, för att bedriva verksamhet av gemensamt intresse, bl.a. FoU-programmet. I förordningen till kärntekniklagen föreskrivs att programmet skall inlämnas till SKI senast den sista september för utvärdering. SKI skall inom sex månader med eget yttrande överlämna handlingarna till regeringen.

Det nu ingivna programmet är ett i den serie som inleddes med FoU-program 86 och fortsatte med FoU-program 89. Det program som redovisades 1992 fick beteckningen FUD-program 92 (Forskning, Utveckling och Demonstration), indikerande att utvecklingsarbetet nu går in i ett tillämpningsskede.

Vid granskningen av FUD-program 92 krävde SKI i sitt yttrande till regeringen bl.a. en bättre redovisning av platsvalsprocess och planer för framtagning av konstruktionskrav för den planerade kopparkapseln. I regeringsbeslutet i december 1993 ställdes bl.a. krav på sådan kompletterande redovisning. SKBs kompletterande redovisning har därefter granskats av bl. a. SKI som konstaterade att SKBs redovisning i huvudsak innehöll den begärda kompletteringen. SKI kunde dock konstatera att ytterligare arbete återstod för SKB bl a vad gäller platsvalsprocess, konstruktionskrav för kopparkapseln och säkerhetsanalys.

I regeringens beslut i maj 1995 om SKBs komplettering av programmet framhölls bl.a. att SKB skall redovisa planer och program för framtagning av tekniska krav på barriärer, delsystem och komponenter grundade på en säkerhetsanalys av slutförvarssystemet samt för undersökning av tänkbara slutförvarsplatser. Vidare uppdrog regeringen åt SKI att på begäran av kommun, i vilken SKB genomför förstudier, från de fonder som byggts upp med stöd av finansieringslagen utbetala medel för de kostnader som kommunen har för kompetensuppbyggnad och information om slutförvaring. Medlen får utgå med högst 2 miljoner kronor per år och utbetalning skall ske till berörd länsstyrelse.

Enligt regeringsbeslutet bör de lokaliseringsfaktorer och kriterier som SKB redovisat vara en utgångspunkt för det fortsatta lokaliseringsarbetet med att finna en plats för ett slutförvar. Kommande ansökningar om tillstånd enligt naturresurslagen och kärntekniklagen om att uppföra ett slutförvar bör innehålla material för jämförande bedömningar som visar att platsanknutna förstudier bedrivits på mellan 5-10 platser i landet och att platsundersökningar bedrivits på minst två av dessa platser samt skälen för valet av dessa platser.

Av regeringsbeslutet framgår vidare att SKB inte bör binda sig för någon specifik slutförvaringsmetod innan en samlad analys av säkerhet och strålskydd har redovisats. Enligt regeringsbeslutet skall en samordning av prövningen enligt naturresurslagen, NRL, och kärntekniklagen, KTL, ske så att kommunfullmäktige i berörd kommun får tillgång till SKIs yttrande till regeringen enligt KTL, innan kommunen tar ställning enligt 4 kap. NRL. Regeringen uttalade vidare att den planerade detaljundersökningen av den tilltänkta slutförvaringsplatsen utgör ett led i uppförandet av ett slutförvar för använt kärnbränsle och kärnavfall. Detta medför krav på samordning av prövningen enligt naturresurslagen och kärntekniklagen.

Av regeringsbeslutet framgår även att miljökonsekvensbeskrivningar, (MKB), och den process genom vilken MKB tas fram utgör ett viktigt instrument i kontakter mellan myndigheter, berörda kommuner och allmänheten, och att det är viktigt att klara former för MKB-arbetet etableras. Regeringen erinrar bl. a. om att det i förordningen till KTL anges att SKI och, i frågor om ärenden som rör 19 § förordningen SSI, får föreskriva om MKB.

För den kommande tiden är det uppenbart att frågor om underlag för beslut, beslutsprocessen i sig, inklusive medverkan av berörda parter, bl.a. kommuner och allmänhet, alltmer behöver uppmärksammas. Här kommer den s.k. MKB-processen att kunna vara en viktig faktor. SKB ger en mycket kortfattad beskrivning av MKB-frågorna och det är enligt SKIs uppfattning tydligt att mer behöver göras på detta område. Som ett led i detta arbetar SKI med att ta fram föreskrifter för MKB. Enligt SKIs uppfattning kan förordningar och även lagstiftning behöva ändras. Regeringen förklarade bl. a. i det senaste beslutet om FUD-programmet att regeringen avsåg att ändra förordningen till NRL så att SKI fick ansvaret för att peka ut platser av riksintresse för slutförvaring av använt kärnbränsle.

1.2 Remissinstansernas synpunkter

SSI har bl.a. annat tagit upp frågan om FUD-granskningen och föreslår att den i sin nuvarande form skall upphöra och att granskningen fortsättningsvis skall ske i anslutning till granskningar av kommande ärenden. Enligt SKIs uppfattning bör frågor om ansökningar mm, och de frågor som naturligt kopplas till dessa, särskiljas från FUD-granskningsprocessen. SKI ser därför även fortsättningsvis ett behov av att en redovisning sker i form av ett program som innehåller de frågor som inte naturligt kan tas upp i anslutning till ansökningar. Till dessa frågor hör bl.a. kostnader för programmet och alternativ till KBS-3 metoden som på lång sikt kan vara av intresse. FUD-programmet är ett viktigt underlag för SKI i samband med att SKI ger förslag till regeringen om avgifter till kärnavfallsfonderna.

SSI anser att en ökad offentlighet bör eftersträvas, t.ex. genom att anordna offentliga möten ("hearings"). Riksantikvarieämbetet föreslår att en etisk kommitté om slutförvaring bör tillsättas. Några remissinstanser, t.ex. den lokala säkerhetsnämnden vid Forsmarks kärnkraftverk, anser att FUD-rapporten bör skrivas på ett mer lättförståeligt språk.

SKBs tidsplanering uppmärksammas av många remissinstanser, bl.a. SSI och Greenpeace, som menar att tidsplanerna är orealistiska och att mer tid behövs för att få bra beslutsunderlag i olika skeden.

En fråga som tas upp av flera remissinstanser är frågan om MKB. Genom MKB-processen kan kopplingar mellan olika frågor t.ex. mellanlagring, transport och slutförvaring belysas. En nationell samordning av MKB-processen föreslås av flera remissinstanser bl.a. SSI, kommuner och länsstyrelser. Lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk anser bl.a. att det finns systemfrågor (t.ex. koppling mellan inkapslingsanläggning och djupförvar) som inte rimligtvis kan hanteras lokalt i flera olika kommuner och vidare att alternativa lokaliseringar behöver belysas på ett enhetligt sätt. Avfallskedjan vill att ett nytt oberoende organ tar över ansvaret för MKB och att SKB skall underställas det oberoende organet.

1.3 SKIs bedömning

Den nu föreliggande rapporten FUD-program 95 kompletteras av SKBs rapport Översiktsstudier 95, Lokalisering av djupförvar för använt kärnbränsle samt en rapport om säkerhetsanalys, Mall för säkerhetsrapporter med beräknande exempel, SR-95. Båda dessa rapporter inkom i ett förhållandevis sent skede vilket har påverkat SKIs granskningsarbete. SKI har med hänvisning till arbetsbelastning m.m. hos regeringen begärt och erhållit förlängd tid för granskningen. SKIs yttrande till regeringen skall nu ha inkommit senast den sista maj 1996.

SKI har sänt SKBs rapport FUD-program 95 till sextio myndigheter och organisationer för yttrande. Bland dessa återfinns universitet och högskolor, lokala säkerhetsnämnder, kärnkraftkommunerna samt Kommunförbundet, Naturvårdsverket, Boverket och SSI. Trettiofem remissinstanser har inkommit med synpunkter. Huvuddelen av synpunkterna har på olika sätt berört beslutsprocessen både avseende platsval och metodval och endast ett mindre antal av remissinstanserna har behandlat mer renodlat tekniska frågeställningar, t.ex. barriärers funktion och säkerhetsanalytisk metodik.

SKI har vidare haft möten med KASAM för att diskutera SKBs FUD-program. Också vid ett av KASAM anordnat seminarium med Nuclear Technical Review Board, NWTRB, USA, har frågor om SKBs program diskuterats.

SKI har granskat programmet med utgångspunkt att kunna bedöma om och hur programmet förmår uppfylla det egentliga syftet med programmet, nämligen främst att finna och förverkliga lösningar för slutförvaring av det använda kärnbränslet från det svenska kärnkraftprogrammet.

SKIs yttrande till regeringen skall enligt SKIs instruktion behandlas av SKIs styrelse.

SKIs yttrande till regeringen innefattar *Sammanfattningar och slutsatser* av föreliggande *Gransknings-PM*. I Gransknings-PM gör SKI en genomgång av SKBs FUD-program 95 och tar också upp synpunkter från remissinstanserna. Vidare har SKI låtit göra en särskild rapport som ger en *Sammanställning av remissinstansernas synpunkter*.

2 SYSTEMSTUDIER OCH ALTERNATIVA METODER

2.1 Allmänt

SKB beskriver de anläggningar som behövs för en säker hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall, d.v.s. framför allt en anläggning för inkapsling av använt kärnbränsle, lokaliserad invid CLAB, och ett djupförvar för detta. Djupförvaret avses byggas i etapper med en första etapp för ca 400 kapslar (demonstrationsfas) och först om goda erfarenheter kan redovisas, en utbyggnad till fullstort förvar. Under etapp 1 skall kapslarna, om så bedöms nödvändigt, kunna återtats.

Den aktuella slutförvarsmetoden, KBS-3, innebär inkapsling av det använda kärnbränslet i koppar/stål kapslar samt deponering i ett djupförvar på ca 500 m djup. Ett separat förvar, i anslutning till djupförvaret, planeras också för annat långlivat avfall. Metoden har av myndigheter och regering godtagits som huvudinriktning vid utvecklingen av en slutförvarsmetod men ett slutligt godkännande av metoden har ännu inte skett. Även SKBs program i övrigt har huvudsakligen accepterats av SKI. Dock har SKI bl.a. krävt redovisning av konstruktionskrav för kapslar och en precisering av platsvalsprocessen.

SKI kan konstatera att steget från vetenskap till teknisk realisering är inte helt enkel, t.ex. att tillverka av kapslar med hög kvalitet, att kunna visa att en bra svetsfog kan göras, att tillverkning och applicering av bentonitbarriären runt kapslarna får de önskade egenskaperna etc. Frågor som behöver besvaras är bl.a. hur man undviker dåliga kapselpositioner i berget vid deponeringen och hur man kan genomföra en övertygande säkerhetsanalys. Det är långt kvar innan en optimering, som SKB nämner, blir aktuell. För närvarande gäller det att visa att tillfredsställande säkerhet *kan* nås. Därutöver behöver den del av djupförvaret som innehåller annat än bränsle (SFL3-5) redovisas mer utförligt av SKB och specialstuderas av SKI.

Även om KBS-3 metoden godtagits av myndigheter och regering som en huvudinriktning för fortsatt utvecklingsarbete krävs också att alternativa lösningar redovisas. SKB har redovisat alternativ, bl.a. olika utformning av tunnelsystem och djupa borrhål för deponering av kapslar. Ytterligare en metod som redovisas är s.k. transmutation genom vilken långlivade radionuklider omvandlas genom bestrålning med neutroner, vilket resulterar i mer stabila eller mer kortlivade radionuklider. Som alternativ kan också i viss utsträckning olika varianter av KBS-3 metoden ses. SKI vill framför allt se att det s.k. noll-alternativet redovisas bättre än vad som hittills skett. Noll-alternativet är vad som sker om inte det planerade programmet kan genomföras. Då måste det använda bränslet för en längre tid förvaras i CLAB. Eventuellt kan då också en övergång till torrlagring komma att övervägas. I detta sammanhang bör även den planerade lagringen av bränsle i förslutna kapslar studeras. Några remissinstanser, bl.a. SSI, uppmanar SKB att redovisa noll-alternativet.

En fråga som uppmärksammas alltmer är sambandet mellan inkapslingsanläggning och djupförvar. Även transporter mm har uppmärksammas som en del av ett *system*. SKI, liksom många remissinstanser, ser dessa samband som viktiga och har påtalat att en analys behöver göras av hela systemet. Frågan är inte ny. I regeringsbeslutet av maj 1995 (ställningstagande till SKBs komplettering av FUD-92) framgår att en analys av hela

slutförvarssystemet skall göras senast då en ansökan om tillstånd för inkapslingsanläggning (eller i anslutning till djupförvarsansökan om den skulle komma tidigare) inges.

Slutförvarssystemet planeras som ovan nämnts att byggas ut stegvis. Detta gäller både inkapslingsanläggning och djupförvar. Efter en första etapp sker utvärdering vartefter full utbyggnad kan ske.

2.2 Remissinstansernas synpunkter

Olika uppfattningar om KBS-3 metoden redovisas av remissinstanserna. SSI och Naturvetenskapliga forskningsrådet (NFR) accepterar metoden som huvudalternativ men framför att insatser också behöver göras för alternativa metoder. Matematisk-naturvetenskapliga fakulteten vid Stockholms universitet/SU (Mörner) förespråkar en utredning om förvarsmetoder, som inte ensidigt styrs av SKB, och där de vetenskapliga frågeställningarna står i centrum. Matematisk-naturvetenskapliga fakulteten vid Göteborgs universitet anser att metoden med djupa borrhål har en bättre potential än KBS-3 att klara kraven att göra bränslet oåtkomligt. Även Greenpeace anser att metoden med djupa borrhål ännu inte kan förkastas. Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen anser att SKB har alltför stark bindning till KBS-3-konceptet och att SKB bör fräntas ansvaret för slutförvaringen.

Frågan om transmutation har fått stor uppmärksamhet och bl.a. Uppsala universitet och Kungliga tekniska högskolan menar att metoden kan bli ett verkligt alternativ till KBS-3. Det finns dock även andra bedömningar. Matematisk-naturvetenskapliga fakulteten vid Stockholms universitet/SU (Pereira) samt ABB Atom AB har en kritisk inställning.

2.3 SKIs bedömning

SKI anser att KBS-3 metoden även fortsättningsvis bör vara huvudinriktningen för SKBs fortsatta arbete. SKI vill betona att många frågor om tekniska krav på barriärer, inklusive kapslar för använt kärnbränsle, återstår att bearbeta. Som framgår av regeringsbeslutet den 18 maj 1995 om SKBs kompletterande redovisning till FUD-program 92 skall SKB redovisa ett program för framtagning av tekniska krav på barriärer som tillgodoser kraven i en integrerad säkerhetsanalys för slutförvarssystemet i sin helhet. Med tanke på de osäkerheter om när och hur slutmålet, en säker slutförvaring, kan nås anser SKI att alternativa metoder skall redovisas, framför allt det s.k. noll-alternativet. SKIs uppfattning om transmutation är att metoden inte är ett realistiskt alternativ utan en mycket omfattande utvecklingsinsats som drar stora kostnader, tar lång tid, och som dessutom nödvändiggör upparbetning eller en bearbetning som liknar denna. Inte heller elimineras behovet av djupa geologiska djupförvar. SKI anser därför att SKB bör följa arbetet inom området, men att KBS-3 metoden bör vara SKBs huvudalternativ för det fortsatta arbetet.

3 LOKALISERINGSPROCEDUR FÖR ANLÄGGNINGAR

3.1 Allmänt

Lokaliseringsprocessen för inkapslingsanläggning och djupförvar pågår. Ur transport- och systemsynpunkt är det i första hand naturligt att placera inkapslingsanläggningen invid CLAB eller intill det kommande djupförvaret för använt kärnbränsle. Verksamheten i inkapslingsanläggningen har många likheter med verksamheten i CLAB och en samlokalisering med CLAB har uppenbara fördelar. SKB föreslår en placering i direkt anslutning till CLAB och en inledande studie om detta förslag har bl a diskuterats inom ramen för ett s.k. MKB-förfarande under ledning av länsstyrelsen i Kalmar län. Medverkande i en arbetsgrupp har varit, förutom länsstyrelsen, Oskarshamns kommun, SSI och SKI samt SKB. I en rapport från arbetsgruppen har förslag presenterats till vad som bör ingå i en MKB för inkapslingsanläggningen.

Lokaliseringsprocessen för djupförvaret är avsevärt mer komplicerad. Säkerheten hos ett djupförvar för använt kärnbränsle kommer att vara beroende av de tekniska barriärer som konstrueras, framför allt de tänkta koppar/stål-kapslarna, men också av geologiska faktorer (bergmekanik, hydrologi, geokemi etc) på den valda platsen. Förutom geologiska faktorer behöver man också ta hänsyn till frågor om transportmöjligheter, infrastruktur, näringsliv m.m. Den platsvalsprocedur som SKB förespråkar tar också hänsyn till dessa olika faktorer och utgår vidare från att endast kommuner som visat intresse för att inom kommunen lokalisera ett djupförvar skall komma ifråga för s.k. förstudier. Baserat på 5-10 förstudier skall sedan två platser väljas för platsundersökningar (borringar mm från ytan). En av dessa två platser väljs sedan ut för detaljundersökningar (schaktsänkning och byggande av tunnlar). Ett underlag för beslut om lokalisering är vidare den översiktsstudie i nationell skala som SKB har genomfört. I denna studie visas att vissa regioner (fjällkedjan, sedimentära bergarter mm) bör uteslutas. Enligt SKB har dock översiktsstudien begränsat värde och godtagbara platser kan i princip finnas i de flesta regioner. Hur lämplig en plats är kan endast konstateras efter en detaljerad undersökning.

Viktiga frågor att ställa beträffande lokaliseringen av djupförvaret är enligt SKB:

- vilka krav ställs på en djupförvarsplats ?
- vad är ett lämpligt förfarande (lokaliseringsprocess) för att välja plats ?
- vilka är förutsättningarna i olika delar av Sverige ?

På SKIs rekommendation angav regeringen i sitt beslut från 1995 att "de lokaliseringsfaktorer och kriterier som SKB anger bör enligt regeringens uppfattning vara en utgångspunkt för det fortsatta lokaliseringsarbetet".

En förstudie har genomförts i Storumans kommun och en annan har nyligen avslutats i Malå kommun. En lokal folkomröstning i Storumans kommun visade ett starkt motstånd mot tanken på att kommunen skulle härbärgera ett slutförvar. SKBs studier i Storumans kommun har därför avslutats. Förstudier pågår nu i kommunerna Nyköping och Östhammar.

Oskarshamns kommun överväger frågan om att acceptera en förstudie i kommunen.

Platsvalsprocessen har redan tidigare diskuterats. I granskningen av SKBs FUD-program 92 framförde SKI och många remissinstanser synpunkter i denna fråga. Frågan har olika aspekter t ex tekniskt/geologiska, samhällsliga och juridiska. I beslutet i maj 1995 konstaterade regeringen att de platsvalskriterier som SKB presenterat bör vara en utgångspunkt i det fortsatta arbetet och att SKB därvid bör beakta de synpunkter som framförts av olika myndigheter, bl.a. SKI. SKIs uppfattning är att platsvalsprocessen bör utvecklas mot en tydligare och bättre redovisad strategi. En viktig fråga i detta sammanhang är vilket beslutsunderlag som skall finnas inför beslut om att gå vidare till nästa steg i platsvalsprocessen.

Incitament för att påbörja förstudier i en kommun är enligt SKB i första hand kommunens intresse för förstudien. Enligt SKB har den ovan nämnda översiktsstudien ett begränsat värde. SKIs uppfattning är dock att befintligt dataunderlag skulle kunna utnyttjas bättre och en mer användbar översiktsstudie skulle kunna tas fram av SKB om bedömningar inte bara i nationell utan också i regional skala genomförts. Underlaget för att välja två platser för platsundersökningar kommer att bestå av resultaten från genomförda förstudier men också av den samlade kunskap som SKB under åren inhämtat om de geologiska förhållandena i Sverige. Den ovan nämnda översiktsstudien ingår även den i beslutsunderlaget. Flera remissinstanser, bl.a. SGU, betonar vikten av geologiska/tekniska kriterier i platsvalsprocessen och anser att SKB i alltför hög utsträckning betonar frivillighetslinjen i de inledande faserna av processen. Frivillighet bör dock gälla vid den slutliga lokaliseringen.

De hittills beskrivna faserna (förstudier och platsundersökningar) kräver inte prövning enligt NRL eller KTL. Enligt SKIs uppfattning är det viktigt att steget från platsundersökningar till detaljstudier baseras på en likvärdig säkerhetsanalys för de två undersökta platserna så att det blir tydligt hur valet motiveras. För nästa fas (genomförande av detaljundersökning) har regeringen uttalat att detaljundersökningen skall ses som det första ledet i att uppföra en kärnteknisk anläggning. Detta innebär att en prövning enligt KTL behöver ske redan i detta skede.

Enligt SKIs uppfattning bör prövning av detaljundersökningen och byggande av slutförvar och tunnlar samt driften av slutförvaret ske i en stegvis process. Den första prövningen är en prövning enligt både NRL och KTL och bör enligt SKIs uppfattning innebära att kommunen har vetorätt. Följande prövningar görs enligt KTL. Frågan om det kommunala vetot är av grundläggande betydelse. Flera remissinstanser har tagit upp denna fråga. Enligt SKIs uppfattning bör regeringen förtydliga vad som gäller i detta avseende.

3.2 Remissinstansernas synpunkter

Olika synpunkter på platsvalsprocessen framförs. Ett stort antal remissinstanser, Sveriges geologiska undersökning (SGU), Kungliga tekniska högskolan (KTH), Matematisk-naturvetenskapliga fakulteten vid Göteborgs universitet (GU), Chalmers tekniska högskola (CTH), Matematisk-naturvetenskapliga fakulteten vid Stockholms universitet/SU (Mörner), Svenska naturskyddsföreningen, Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen och Avfallskedjan förordar en systematiskt och vetenskapligt styrd platsvalsprocess där SKB inte utan

redovisade saksäl utesluter någon del av landet. SGU framhåller de geologiska faktorernas betydelse. KTH ifrågasätter SKBs metod att välja ut områden för förstudier och GU ifrågasätter SKBs platsvalsprocess. Enligt SU (Mörner) ignoreras negativa observationer inom för SKB intressanta områden. Naturskyddsföreningen anser att SKBs lokaliseringsfaktorer fortfarande är oprecisa, trots SKIs uttryckliga uppmaning till precisering och kvantifiering

Frågan om de geologiska faktorernas betydelse är emellertid inte okontroversiell. Bland andra Kommunförbundet påpekar att det finns många andra aspekter som måste vägas in i samband med platsvalet.

Från kommunalt håll har man synpunkter på platsvalsprocessen. De lokala säkerhetsnämnderna vid Oskarshamns kärnkraftverk och vid Studsviks kärntekniska anläggningar påpekar att beslutet om att tillåta platsundersökningar kommer att bli av yttersta vikt. Säkerhetsnämnderna föreslår bl.a. att samtliga förstudier bör vara avslutade och rapporterade i en nationellt samordnad MKB innan frågan om eventuell platsundersökning ställs samt att SKI och SSI bör granska förstudiernas innehåll utifrån tekniska och säkerhetsmässiga grunder samt bedöma om materialet i rapporterna är av hög och jämförbar kvalitet.

Säkerhetsnämnderna säger vidare att platsundersökningsprogram skall föreligga och att båda de kommuner som SKB önskar göra undersökningar i skall offentliggöras samtidigt tillsammans med en reservkandidat om någon kommun skulle säga nej till fortsatt medverkan.

Östhammars kommun och lokala säkerhetsnämnden vid Forsmarks kärnkraftverk menar att nya för platsvalsprocessen viktiga resultat från Äspöförsök, tillgängliga år 2002, bör utgöra kunskapsunderlag för ställningstagande och ev deltagande i en platsundersökning.

Oskarshamns kommun uppmärksammar också frågan om vetorätten. Kommunen önskar en öppen dialog om vetorätten, hur den skall tillämpas och hur den kommunala vetorätten skall betraktas i relation till den frivilliga process som nu inletts.

Regeringsuttalandet om att påbörjandet av en detaljundersökning skulle kräva tillstånd enligt kärntekniklagen ifrågasätts av ABB Atom AB. Även Folkkampanjen anser att denna ordning är olämplig eftersom den innebär att SKB får tillstånd att bygga djupförvaret innan platsens lämplighet har undersökts.

Greenpeace föreslår en oberoende platsvalskommission.

3.3 SKIs bedömning

SKI vill som många remissinstanser betona vikten av att ha en väldefinierad och tydlig platsvalsprocess. I beslutet av den 18 maj 1995 betonade regeringen att de platsvalsfaktorer som SKB angivit bör vara en utgångspunkt för det fortsatta lokaliseringsarbetet. SKI har efterlyst en utveckling och precisering av dessa faktorer och konstaterar att detta arbete till stora delar återstår.

SKI vill också peka på sambanden mellan inkapslingsanläggning och platsvalsprocess för

djupförvaret. Som Oskarshamns kommun och lokala säkerhetsnämnden vid Studviks kärntekniska anläggningar framhållit är hela platsvalsprocessen av stor betydelse inför beslut om platsundersökningar. SKI anser att de förslag om förstudier och förutsättningar för platsundersökningar som redovisats ovan skall beaktas.

SKI anser att frågan om platsval är direkt kopplad till den systemanalys som enligt regeringsbeslutet av den 18 maj 1995 skall redovisas i anslutning till en ansökan om att uppföra inkapslingsanläggningen (om denna ansökan skulle komma först). En väsentlig del av denna analys utgörs av en utvärdering av den valda metoden för slutförvaring och berör också av frågan om MKB-förfarandet.

Frågorna om platsval och metodval tas upp till diskussion i kapitel 6 och 8 i denna rapport.

4 STÖDJANDE FOU

4.1 Inledning

Detta kapitel kommenterar dels den redovisning av kunskapsläget som SKB ger i kapitel 5 av FUD-program 95 och dels programmet för stödjande FoU enligt kapitel 11. SKB framhåller i inledningen till kapitel 5 att detta gjorts relativt omfattande för att tillmötesgå önskemålen från remissgranskningen av FUD-program 92 om en bättre redovisning av kunskapsläget.

Liksom i FUD-program 95 är detta kapitel uppdelat på ett antal avsnitt för de olika ämnesområdena. Samma indelning följs som i kapitel 5 av SKBs program utom för 5.1 (Metoder för säkerhetsanalys) som kommenteras i kapitel 8. I det sista avsnittet av detta kapitel, 4.10, ges ett sammanfattande omdöme av SKBs program för stödjande FoU. Sammanfattande omdömen för olika ämnesområden ges i slutet av respektive avsnitt.

4.2 Scenarier

SKB redovisar i FUD-program 95 kunskapsläget för scenarier i avsnitt 5.2, medan program för fortsatt FoU på detta område tas upp under Säkerhetsanalysmetoder (avsnitt 11.7.1). Övergripande kommentarer till avsnitt 11.7.1, samt till SR 95 finns i kapitel 8 (Säkerhetsredovisningar) i denna PM. Nedan ges några mer detaljerade kommentarer till SKBs arbete med scenarier.

SKBs arbete med att utveckla scenariometodik håller hög klass och har lett till väsentliga framsteg sedan FUD-program 92, anser SKI. Till exempel har SKB provat två olika metoder för att åskådliggöra hur olika processer och barriärers egenskaper samverkar i ett slutförvar. Det som beskrivs i detta sammanhang är det s.k. processsystemet för slutförvaret. I korthet utgör en logisk beskrivning av processsystemet en förutsättning för att kunna identifiera alla väsentliga kopplingar mellan olika processer och för att genom beräkningar eller på annat sätt kunna analysera effekten av olika scenarier. SKI finner det lovvärt att SKB provar olika metoder och angreppssätt, eftersom det ger en insikt i fördelar och nackdelar med olika metoder.

I fortsättningen ämnar SKB använda den s.k. RES-metoden (RES = Rock Engineering System). Motiven för valet av metod framgår dock inte tydligt ur FUD-program 95, anser SKI. Denna åsikt framförs även av Greenpeace. SKB menar att den andra prövade metoden, som bygger på s.k. influensdiagram (d.v.s. PID-metoden; PID = Process Influence Diagram), är komplex och inte ger den snabba överblick som skulle vara önskvärd. SKI håller med om RES-metoden nog kan vara snabbare, men anser också att det inte nödvändigtvis är samma verktyg som skall användas för att ge snabb överblick och för att detaljerat bearbeta komplexa problem så att de kan förenklas på det sätt som RES-metoden förutsätter. SKI vill också understryka vikten av att en vald metod ska ge spårbarhet i scenarioarbetet. Valet av metod spelar mindre roll så länge alternativa metoder medger att samma kvalitet kan uppnås och dokumenteras i arbetet med säkerhetsanalys. SKI anser att metoderna förmodligen kompletterar varandrar, men att ingen av dem ännu är färdigut-

vecklad eller prövad i någon verklig säkerhetsanalys. Därför rekommenderas SKB att inte låsa sig vid en metod.

I SR 95 finns en diskussion om hur SKB, genom att beskriva processsystemet uppdelat i flera delar, skall kunna använda RES-metoden på ett hanterligt sätt. SKB uttrycker vikten av att välja de viktiga "styrande" (eller "dominerande") s.k. diagonalelementen. SKI efterlyser en bättre och mer långtgående analys av betydelsen av val av diagonalelement, och att SKB tydligare behöver motivera sina val av diagonalelement. Vidare behöver SKB konkretisera hur de olika delarna av processsystemet kopplar till varandra, liksom hur delanalyserna skall integreras vid analysen av hela systemet.

Enligt beskrivningen i SR 95 pågår en grundlig genomgång och dokumentation av de olika systemdelarna, där arbetet med fjärrzonen kommit längst. SKI menar att arbetet går i rätt riktning, men att mycket arbete kvarstår med att definiera RES-matriser och att dokumentera dessa och de tillhörande beskrivningarna av FEPs ("Features, Events and Processes"). I arbetet med RES-matriserna har hittills två olika signifikansskalor använts. Enligt SKI bör SKB vara konsekvent i valet av signifikansskala för att underlätta analysen av hela systemet.

I SR 95 (kapitel 9) beskrivs hur scenariometodik kan tillämpas, och uppställningen i tabeller med Scenario, Initierande händelser, Konsekvenser och Analysmetod finner SKI som ett översiktligt och spårbart sätt att härleda analyser och beräkningar. Däremot framgår inte av beskrivningen i FUD-program 95 vilken metodik som kommer att användas för att välja enskilda beräkningsfall, t.ex. vid parametervariationer i datormodellkedjor. SKI anser att även för val av beräkningsfall krävs en strategi och en dokumenterad metodik.

För ytterligare synpunkter från remissinstanser, liksom SKIs sammanfattande bedömning hänvisas till avsnitt 8.2 i denna PM.

Avslutningsvis vill SKI framhålla att det är på detta område som det under den gångna 3-5-årsperioden de snabbaste framstegen gjorts inom säkerhetsanalysen. Inte bara SKB utan också SKI har bidragit starkt till utvecklingen på området, där ännu mycket återstår att göra. Det är också viktigt att ha i åtanke att dessa hjälpmedel inte är någon absolut förutsättning för en godtagbar säkerhetsanalys. Däremot är det meningen att dessa metoder skall underlätta och effektivisera arbetet med säkerhetsanalyser och granskning av dessa. SKIs kommentarer skall därför ses mera som rekommendationer än som kritik i frågor som skulle kunna ha någon avgörande säkerhetsmässig betydelse.

4.3 Använt bränsle

4.3.1 Allmänna synpunkter

I allmänhet anses det använda bränslet i sig själv utgöra en innersta barriär mot spridning av radionuklider från en läckande kapsel i ett slutförvar. Bränslet i form av urandioxid är ett keramiskt material med från början hög stabilitet mot upplösning. Att tillgodoräkna sig denna stabilitet i en säkerhetsanalys är dock inte helt enkelt. För det första är använt bränsle från moderna reaktorer ett komplext material med stor kemisk och fysikalisk heterogenitet.

För det andra gör den kraftiga joniserande strålningen från bränslet att vatten sönderdelas (radiolys) varvid bränslets kemiska omgivning påverkas, t.ex. genom bildning av en oxiderande miljö. Båda dessa faktorer bidrar till att minska bränslets beständighet som barriär, vilket alltså måste tas hänsyn till vid säkerhetsanalysen.

Verksamheten i Sverige har sedan 1977 varit fokuserad på experimentella undersökningar av bränslet, främst studier av olika radionuklidens frigörelsehastighet under olika betingelser. Arbetet, som av naturliga skäl måste ske strålskyddat i speciella laboratorier, drar stora kostnader. Internationellt samarbete med framförallt Canada och USA har därför varit en viktig förutsättning för dessa studier.

Målet för verksamheten under kommande sexårsperiod anges av SKB vara

- förbättring av kunskapen rörande frigörelse av radionuklider från bränslet;
- förbättring av befintliga frigörelsemodeller inför kommande säkerhetsbedömningar;
- utveckling av en realistisk frigörelsemodell inför ansökan om detaljundersökningar och bygge av djupförvar.

4.3.2 Experimentella undersökningar

SKB har koncentrerat arbetet på lakningsstudier av använt bränsle. Den beskrivning som ges i FUD-program 95 tar särskilt upp olika analysmetoder för de låga halter av radionuklider som är aktuella i dessa sammanhang. Bland de metoder som nämns anser SKB att tekniken med masspektrometri och induktivt kopplad plasma (ICP-MS), vilken togs i drift vid Studsvik 1992, som ett stort framsteg. Vidare redovisas mera i detalj försök att studera strontiums rörlighet i bränslet, något som är av betydelse för tolkning av lakningsdata och för modellbeskrivning av nuklidfrigörelsen.

Liksom i FUD-program 92 ger SKBs beskrivning här en splittrad och ofullständig bild av kunskapsläget. SKI är dock enig med SKB om betydelsen av de resultat som presenteras utom möjligen vad gäller de lakförsök som utförts i närvaro av bentonit. Mycket talar för att de kemiska förhållandena vid nuklidfrigörelse från bränsle i ett slutförvar mera kommer att påverkas av korrosionsprodukter från kapseln än av närvaron av bentonit. SKI vill därför påminna om uppmaningen från sin granskning av FUD-program 92 om att det är hög tid att förvissa sig om att de kemiska miljöer som används experimentellt och som förutsätts vid modellbeskrivningen är relevanta för säkerhetsanalysen. I SKBs program aviseras även mätningar i sådana miljöer, t.ex. vad avser redoxförhållanden och salthalt. Studier av nya fasta faser ingår också i programmet, liksom fortsatta studier i flödesreaktorer av kinetiskt betingad upplösning. Korrosionsstudier planeras där man samtidigt kommer att försöka mäta viktiga parameterar såsom pH och redoxpotential.

SKI har inga invändningar mot detta program annat än att det f.n. är svårt att uttala sig om vilka frågor som bör prioriteras eller bör ha undersökts mera fullständigt inför kommande säkerhetsanalyser. Denna svårighet har att göra med att det hittills saknats ett klagande av å ena sidan säkerhetsanalysens krav på modellbeskrivningen av nuklidernas frigörelse, och å andra sidan av modellernas krav på underbyggnad/parameterar och därmed på den experimentella verksamheten. Det är alltså möjligt att idag tillgänglig kunskap är tillräcklig för en säkerhetsanalys, men det är inte klarlagt att så är fallet.

SKB har nyligen låtit göra en sammanställning av egenskaper hos använt bränsle som kan vara av betydelse för modellbeskrivningen, bl.a. gäller detta bränslets fysiska struktur, dess yta i kontakt med omgivande vatten samt fördelningen av viktiga nuklider i bränslet och mellan olika fasta faser. Denna sammanställning utgör enligt SKI en god utgångspunkt för det kommande arbetet på modellsidan, men den borde ha tagits fram tidigare.

4.3.3 Modeller för bränsleupplösning och nuklidfrigörelse från bränsle

Sedan SKB 91 har SKB synbarligen inte satsat några större resurser på utveckling av modeller för bränsleupplösning och nuklidfrigörelse. SKI påtalade vid granskningen av FUD-program 92 att utveckling av realistiska modeller borde vara en förutsättning för effektivt experimentellt arbete. Vidare anser SKI att det oftast är lämpligt att utveckling av mer komplicerade och realistiska modeller bör ske parallellt med arbetet på de förenklade och pessimistiska modeller som vanligen används i säkerhetsanalysen. En förklaring till fördröjningen kan vara att förskjutningen i SKBs hela program, eftersom SKB i FUD-program 92 angav som övergripande mål att utveckla modellerna inför den säkerhetsanalys som "planeras till 1996". Den nuvarande förskjutningen med ett år räcker enligt SKIs uppfattning knappast till för att ta igen den förlorade tiden.

SKI ser positivt på det arbete som SKB lagt ned på studier av naturliga analogier för bränsle, t.ex. när det gäller bildning av olika oxidfaser. Bra exempel på modellarbete i detta sammanhang är f.ö. studierna av uranförekomsten i Cigar Lake (se avsnitt 4.7).

I sitt program för modellbeskrivning av nuklidfrigörelse tar SKB upp planer på experimentella bestämningar av termodynamiska data för lösligheten av vissa aktinider och fissionsprodukter. SKI kommenterar denna verksamhet i avsnitt 4.6.

Nu tillgängliga modeller avser SKB att förbättra så att de inkluderar mekanismer för radiolys och för bildande av sekundära fasta faser samt för bildandet av koncentrationsskillnader (-gradienter) som driver transporten till och från bränslets yta. Detta är enligt SKI en något tveksam väg om den inte utgår från en mer realistisk totalbild av de fenomen som styr nuklidfrigörelsen.

Greenpeace nämner aktiniders löslighet som ett område där det behövs betydande utveckling av mätmetoder. Greenpeace anger också utfällning av sekundära faser som ett område som måste ges mycket hög prioritet.

I avsnitt 11.2.3 av FUD-program 95 (Realistisk modell för frigörelsen från bränslet) förväntar man sig att finna programmet för utvecklingen av den realistiska modell som SKI efterlyser ovan och efterlyste redan 1992-93. Det är därför förvånande att under denna rubrik bara finna avisering av studier och försök att mera noggrant bestämma graden av radiolys och av i vilken utsträckning bildade oxidanter förbrukas genom oxidation av olika komponenter i bränslet. En förbättrad radiolysmodell är visserligen nödvändig, eftersom osäkerheterna här är mycket stora, men bättre mekanistiska modeller för frigörelse av alla radionuklider från använt bränsle, även de i separata faser och "korngränser" är minst lika viktiga. En fullständigare målinriktning av programmet på denna punkt hade varit önskvärd. Även Greenpeace är kritiskt på denna punkt och anser att SKB inte bör gå vidare med nya säkerhetsanalyser förrän nya modeller publicerats och granskats.

4.3.4 Sammanfattande omdöme

Enligt SKIs uppfattning ger beskrivningen av detta ämnesområde i FUD-program 95 ingen rättvisande bild av kunskapsläget, av vad SKB åstadkommit och förmodligen inte heller av det kommande programmet. Samma kritik som SKI riktade mot området i FUD-program 92 kvarstår till största delen. Framför allt gäller detta den hittillsvarande bristfälliga integreringen av experimentellt program och modellarbete. Vilka krav som bör ställas i dessa avseenden är dock svårt att uttala sig om utan en bedömning utifrån säkerhetsanalysens behov av realism i använda modeller och data. Detta är av betydelse också med tanke på de stora kostnader som SKB avser att lägga ner på detta område. De enskilda insatserna på området är annars överlag av hög teknisk och vetenskaplig standard.

4.4 Buffert och återfyllning

4.4.1 Inledning

SKI kommenterar här avsnitten 4.3.4, 5.4 och 11.3 i SKBs FUD-program 95.

Ett underlag för SKIs granskning av bentonitfrågor utgörs av konsultrapporter från professor Göran Sällfors, Chalmers Tekniska Högskola (CTH), professor Elen Roaldset, Norges Tekniska Högskola (NTH), samt dr Randy Arthur, Quantisci, USA. SKI refererar i tillämpliga delar till dessa i sin granskning. För de olika konsulternas fullständiga synpunkter samt bakomliggande detaljerade resonemang hänvisas till bakgrundsrapporterna som finns samlade i SKI-Rapport 96:44. Remissinstansernas synpunkter återges i löpande text.

4.4.2 Allmänt

Säkerhetsfunktionerna för ett slutförvar kan enligt SKB delas upp i tre nivåer: nivå 1: isolering, nivå 2: fördröjning och nivå 3: recipentförhållanden, där de olika funktionerna påverkas av platsval, förvarets layout samt utformning och dimensionering av de tekniska barriärerna. SKI vill framhålla att denna beskrivning är en förenkling i pedagogiskt syfte som inte ger full rättvisa åt den roll de olika nivåerna spelar i SKBs program och inte heller lyfter fram den komplexa växelverkan som sker mellan barriärer och funktioner på olika nivåer. Det skulle här vara önskvärt om SKB bättre kunde motivera sin fördelning av satsningar på olika säkerhetsfunktioner.

SKIs konsult Arthur efterlyser tydligare mål för SKBs forskningsinsatser inom det aktuella området för att kunna stämna av när kunskapsunderbyggnaden är tillräcklig för att kunna motivera ett ställningstagande.

Upptagna referenser i SKBs material återspeglar inte hela den bredd på kunskap som dock finns i det vetenskapliga samhället, vilket även påtalats av Roaldset och Sällfors som dessutom påpekar att det saknas referenser till originalarbeten i vissa rapporter. SKI anser att det är hög tid att SKB vinnlägger sig om en förankring i det övriga forskningssamhället av de forskningsresultat som tas fram inom bentonitområdet (vilket f.ö. gäller generellt för även för andra viktiga områden i SKBs program). På så sätt kan man i görligaste mån

undvika diskussioner i ett sent skede (i licensieringsfasen) av frågor som borde ha kunnat få en lösning tidigare i processen.

Detta är också viktigt när man startar den typ av optimering som SKB indikerer i sitt program för nästkommande period. En optimering kan enligt SKI endast ske när de flesta grundläggande frågor av betydelse är lösta och man nått en god förståelse av exempelvis bentonit och dess uppträdande i ett slutförvar. En optimering måste givetvis bygga på de resultat som säkerhetsanalysen ger, i vilken bl.a. betydelsen av de olika barriärernas funktioner kan belysas och jämföras.

Kunskapen om vattenmättade buffertmaterial är god och SKB har kommit långt inom detta område. Beträffande omättade förhållanden har SKB inte kommit jämförelsevis lika långt, vilket även återspeglas i de planer SKB har för de nästkommande åren. Enligt ovan förda diskussion begränsar detta också möjligheterna för en optimering redan idag. SKI anser att detta är en principiellt viktig fråga som SKI avser att följa upp i diskussioner med SKB.

SKI kan konstatera att man vid laboratorie- och fältförsök inte utfört dessa så att kunskap har kunnat nås om spridningen i experimentella data. SKI efterlyser bättre hantering av osäkerheter inom bentonitområdet, exempelvis genom variation av ingångsparametrar till försöken. Försöksresultaten bör på detta sätt få mer allmängiltig betydelse. Val och utnyttjandet av olika angreppssätt i dessa avseenden behöver således motiveras.

Sällfors konstaterar att stora framsteg förvisso har gjorts när det gäller modellering av den vattenmättade buffertens mekaniska, termiska och hydrauliska egenskaper. Modelleringen är dock så komplex och kräver kännedom om så många ingångsparametrar att ytterligare arbete krävs, främst inom två områden, nämligen verifiering genom experiment och statistisk analys.

Vad verifiering beträffar, så är den enligt Sällfors till dags dato tämligen begränsad, även om de resultat som erhålls verkar mycket rimliga. Ytterligare jämförelse bör göras med laboratieförsök, där direkta jämförelser kan göras med t.ex. tryck, temperatur och flöden. Sällfors anser inte att de planerade försöken i full skala i Äspö kan tjäna som underlag i detta avseendet, eftersom det där troligen främst kommer att handla om buffertmaterial i omättat tillstånd.

Den statistiska analysen behöver enligt Sällfors inte nödvändigtvis vara särskilt avancerad. Någon form av punktskattningsmetod bör kunna användas för att ge troliga fördelningar för de resultat som är av intresse. För vissa parametrar bör beräkningar kunna utföras för de mest sannolika värdena, samt för någon form av antaganden för "värsta fall".

4.4.3 Buffertmaterialens egenskaper och geokemiska stabilitet

SKB är för närvarande i färd med att sammanställa hittills vunna kunskaper och erfarenheter från sin forskning om buffertmaterial. Syftet enligt SKB är att uppnå enhetliga definitioner och metodbeskrivningar, d.v.s. SKB avser att på detta sätt erhålla en gemensam kunskapsbas. SKI anser att detta är bra och att detta kommer att minska

behovet av diskussioner om de grundläggande antaganden som gjorts utan man kan direkt fokusera på frågor som rör säkerheten. SKI ställer sig däremot tveksam till att det skulle vara möjligt att utnyttja denna sammanställning för optimering i olika sammanhang. Om detta görs så bör underlaget för optimeringen tydligt redovisas och diskuteras.

SKB nämner förutom ovan indikerade kunskapsbas även vikten av en analys av de enskilda processerna (samverkan med berget, kapsel, beständighet) samt en analys av kopplade processer (funktion i slutförvaret). Inte minst den sistnämnda är viktig enligt SKIs åsikt. Emellertid behandlas kopplade processer nästan inte alls i föreliggande FUD-program 95.

Kunskapsuppbyggandet av bentonitlerors egenskaper har delvis skett iterativt, men det är också lika viktigt att applikationen av framtagen kunskap sker stegvis och i iterativ form. Inte minst gäller det i optimeringsfasen att se till att kopplingen till övriga viktiga frågor bibehålls och säkerställs.

Arthur pekar på vikten av fortlöpande integration av resultaten ifrån olika rapporter och att dessa kontinuerligt behöver integreras och stämmas av med säkerhetsanalysens behov. Arthur understryker betydelsen av att utnyttja resultaten från redan genomförda säkerhetsanalyser rörande de tekniska barriärerna, som ett stöd för beslut om framtida forskningsinsatser inom området. Tydligare mål med koppling till säkerhetsanalys rekommenderas av Arthur, vilket även SKI anser.

Beträffande smektitens omvandling till illit lägger SKB stor vikt vid den modell som bygger på Pyttes teorem. Sällfors, Roaldset och Arthur påpekar samtliga att denna modell har sina begränsningar och att det även finns andra modeller som beskriver omvandlingsprocessen på ett annat sätt. SKI anser att detta ställer krav på SKB att ytterligare utvärdera tillämpligheten av vald modell. Ett annat fenomen som ingående behandlas är risken för den saltanrikning som kan ske i bufferten. Anrikningen kan minskas om bentonit med hög vattenmättnadsgrad används. Enligt Sällfors bör denna fråga ges erforderligt utrymme i de planerade fältstudierna, vilket även delas av SKI.

KTH kommenterar SKBs redovisning om möjligheten att använda olika blandningar av bentonit och ballast vid återfyllning av tunnlar, bergrum och schakt. Detta förutsätter, enligt KTH, att materialet kan garanteras ha homogena egenskaper för att kunna ingå i en teknisk barriär. Om geologiska förhållanden uppvisar en stor variation blir det svårt att uppfylla detta krav. Vidare måste kompressiviteten hos materialet säkerställas för att förhindra utsvällningen från deponeringshålen. Detta problem bör enligt KTH ägnas speciell uppmärksamhet i samband med testen av prototypförvaret i Äspölaboratoriet. SKI vill understryka vikten av att detta uppmärksammas av SKB.

SKI är även tveksam till SKBs uttalande att återfyllnad med bergkross som ballast inte utgör något problem i 100 000-års perspektivet om lämplig bentonitsort väljs. Det saknas idag tillräcklig kunskap för att kunna välja denna lämpliga bentonitsort. SKB anger själva att någon % kalium i ballastmaterialet påverkar illitomvandlingen kraftigt. Egenskaperna har framförallt undersökts i laboratorieskala och under korta tidsrymder. Enligt SKI

behövs här flera försök i större skala och under längre tidsrymder, innan detta verkligen har visats. SKB behöver dessutom formulera en kravspecifikation på bergkrossens sammansättning för att kunna diskutera frågan ytterligare. Även Arthur diskuterar frågan och varnar för eventuell förekomst av kaliummineral i bergkross som återfyllnads-material.

Uppsala universitet (UU) anser att behovet av lämplig berggrundsmiljö i närområdet till förvaret bör kunna skapas genom lämpligt ballastmaterial av basisk sammansättning. Man bör enligt UU även överväga hydrotermal-kemisk konvertering av naturlig bentonit som en lämplig metod för att erhålla en optimal buffring av kapselutrymmet. Industriella processer finns idag tillgängliga för sådan tillverkning.

Inventeringen av olika buffertmaterial visar enligt SKB att initial smektithalt bör ligga på 50% för att man ska vara på säkra sidan när det gäller omvandling av smektit till illit. SKB påpekar själva att montmorillonithalter på 70/80% av specificerad bentonitsort är att föredra, vilket även Roaldset och SKI anser.

Roaldset understryker vikten av att ytterligare utreda betydelsen av pH för adsorptions- och desorptionsprocesser. Arthur understryker dessutom även vikten av redoxförhållandena och dess betydelse för att uppnå en stabil kemisk miljö. Arthur saknar också insatser med syfte att förstå bentonit-porvattenkemin, vilket skulle kunna vara av betydelse för uppskattning av källtermen (frigörelsen av radionuklider) i säkerhetsanalysen.

Buffertmaterialets värmeledningsförmåga har undersökts i fält och jämförts med teoretiskt framtagna data. Resultaten visar på god överensstämmelse nära vattenmättnad, men inte vid omättade förhållanden vilket är en brist som också SKB själva påpekar. Här återstår fortfarande forskning, något som även indikeras i SKBs program.

Arthur är tveksam till att korttidsexperiment med bentonit-vatten reaktioner kan anses vara representativa för den geokemiska miljö som kan bli aktuell i långa tidsperspektiv. I sin rapport rekommenderar han nya experiment som bättre belyser långtidsegenskaperna.

SKB bedömer att naturliga analogier ska kunna ge kompletterande belägg för modellens riktighet m.a.p. temperaturbetingad omvandling av montmorillonit, eftersom processen är mycket långsam och inte går att genomföra i form av laboratorieexperiment. SKI kan för närvarande inte ta ställning till detta, utan avvaktar SKBs kommande redovisning.

4.4.4 Beräkningsmodeller

Modeller för termo-hydro-mekaniska processer (THM-modeller) i mättad och omättad buffert har tagits fram. Även här har enligt SKB modeller för vattenmättad buffert varit mest framgångsrika, vilket bl.a. kommer att framgå när nu pågående långtidsförsök skall avslutas och utvärderas inom ett år. Roaldset och Sällfors påpekar dock att modellen behöver underbyggas bättre, bl.a. med någon form av statistisk analys av osäkerheter

eller spridning i beräkningsresultat, samt genom verifiering mot verkliga laboratorieförsök.

THM-modellen för omättad buffert uppvisar enligt SKB fortfarande stora brister, en åsikt som delas av SKI och dess konsulter. Bl.a. behövs enligt Roaldset ytterligare laboratoriedata för att kalibrera modellen samt en bättre förståelse för grundläggande styrande processer (och de antaganden som görs). Storskaleförsök vid Äspölaboratoriet, liksom deltagande i de internationella studierna VALUCLAY och DECOVALEX, kommer förmodligen att förbättra förståelsen och beräkningsmodellerna, men om det är tillräckligt återstår att se.

Sällfors efterlyser en tydligare målformulering vad avser de fenomen som modellen ska kunna beakta och till vilken grad olika kopplade problem ska kunna hanteras. Även kraven på noggrannheten och precisionen i resultaten behöver diskuteras och förtydligas, vilket även SKI instämmer i.

För omättade förhållanden, d.v.s. avseende processer i samband med upptag av vatten i buffert och återfyllnad, återstår att klargöra och förstå flera förlopp och förhållanden som styr vattenutbyte mellan berget i närområdet och bufferten, liksom också omfördelningen av vatten i bufferten. Idag finns framtagna en preliminär version av en s.k. generell mikrostrukturell modell, GMM, som åskådliggör vattenmättnad och efterföljande homogenisering. SKBs åsikt att mer detaljerade beskrivningar behövs delas av SKI. Sällfors anser att modellen nog kan utvecklas så att man kan se förändringar i mikrostrukturen kanske till följd av svällning eller kompression och i viss mån genomströmning av gas. Att utveckla modellen så att den kan användas som prognosinstrument är Sällfors mycket tveksam till. SKI anser att frågan behöver beläggas ytterligare genom insatser av SKB.

Även Arthur framför åsikter om GMM-modellens tillämpbarhet i olika sammanhang. Arthur anser således att man skulle kunna integrera transport- och geokemiska modeller med GMM-modellen och på detta sätt erhålla en allmän arbetsmodell för bedömningen av buffert och återfyllnad i slutförvarsmiljö.

4.4.5 Gastransport

Gastransportförmågan hos vattenmättad och svälld bentonit är enligt SKB känd medan effekten av upprepad gastrycksökning och gasgenomströmningar kräver ytterligare laboratorieförsök. SKI utgår från att SKB även ämnar visa att upprepade gasgenomsläppscykler inte leder till permanent öppna transportkanaler genom bentoniten. Detta skulle innebära flöden som inte är diffusionsstyrda, vilket enligt SKI mening i så fall behöver analyseras vidare.

KTH anser att bentonitens förmåga att förhindra gastransport och dess uppträdande i de fall gas passerar genom bentoniten bör vara ett viktigt forskningsfält för SKB även i fortsättningen. Det finns enligt KTH behov av att tillämpa tvåfasströmning på problemkomplexet gas/grundvattenströmning genom såväl den högkompakterade bentoniten som

genom bentonit/ballastblandningen och speciellt hur salta vatten i kombination med gas påverkar bentonitbarriärerna.

Sällfors tar i detta sammanhang upp två kritiska frågor som inte behandlats i FUD-program 95:

- Är antalet och storleken på de möjliga transportvägarna tillräckliga för att möjliggöra gastransport i den omfattning som behövs för att inte svälltrycket skall uppnås eller överskridas?
- Om inte befintlig strömningskapacitet för gas är tillräcklig kan då leraggregat förflyttas så att kanalernas areal ökas utan att man närmar sig svällningstrycket?

Svaret på dessa två frågor är avgörande för om eventuell gas kan avgå utan att trycket stiger till sådana nivåer att bentonitbufferten runt kapseln spricker upp och mer permanenta skador uppstår även på omgivande berg. Detta är enligt Sällfors och SKI inte tillräckligt utrett och borde ingå i det fortsatta arbetet.

Sällfors saknar i FUD-program 95 uppgifter om transportkapaciteten för gas i bentonit. I det fall man har en uppfattning om vilka mängder gas som kan tänkas bildas, borde frågan om transportkapacitet åtminstone beröras enligt Sällfors, detta för att visa huruvida den är tillfredsställande utredd eller ej. SKI delar denna åsikt och ställer sig frågan om inte ytterligare experiment i större skala behövs för att belysa denna process.

Sällfors påpekar också att inget sägs om gastransport i omättat material, även om det kan antas utgöra ett mindre problem då transportkapacitet för gas torde vara högre i en omättad jord än i en mättad jord. Under rubriken "Program för stödjande FoU" anges beträffande gastransport att försök med låga gasflöden och upprepade cykler av genombrott skall utföras för att bl.a. bättre kvantifiera gastransportkapaciteten.

Det är enligt Sällfors rimligt att även utföra försök med relativt höga flöden för att utröna sambandet mellan gastryck, flöde och genombrott eller någon form av "piping" kanalbildning som skulle kunna äventyra buffertens integritet.

4.4.6 Betong

Under byggande och drift kommer ofta betong till användning som konstruktions- och förstärkningsmaterial.

Greenpeace anser att SKB fortfarande inte redovisat lämpligheten av olika material i detta sammanhang, vilken åsikt även delas av SKI.

Arthur påpekar betydelsen av att väga in den påverkan som cementmaterial kan få på omvandlingen av smektit till illit.

Enligt SKI har SKB ännu inte kommit särskilt långt i utvärderingen av inverkan av betong och andra material på den långsiktiga säkerheten i ett slutförvar. Enligt SKI bör

man i görligaste mån undvika att onödigtvis introducera främmande material i förvarsmiljön. Inför förslutningen kan det annars visa sig nödvändigt att avlägsna vissa olämpliga material.

4.4.7 Sammanfattande omdöme

SKBs arbete med att utveckla modeller som beskriver buffertens och återfyllnadens funktion och långtidsegenskaper har varit framgångsrikt, generellt sett. SKI efterlyser dock en bättre integrering av hur eventuella förändringar i lermaterialets kemiska egenskaper påverkar dess barriärfunktioner. Vidare förtjänar frågan om gastransport i buffert och återfyllnad uppmärksamhet, t.ex. när det gäller validerande experiment i större skala.

4.5 Berggrunden

SKB redovisar kunskapsläget om berggrundens barriärfunktion vid ett slutförvar i avsnitt 5.5 i FUD-program 95, medan programmet för den fortsatta verksamheten redovisas i avsnitt 11.4.

4.5.1 Allmänna synpunkter

Matematisk-naturvetenskapliga fakulteten vid Göteborgs universitet menar sig ha förtroende för den geovetenskapliga forskning som bedrivits inom SKB, men saknar ett konstruktivt sammanhang för denna forskning. Utan en tydlig diskussion om kriterier för metodval och lokalisering riskerar den geologiska forskningen att bli hängande i luften.

SKI:s åsikt är att SKBs sammanfattande redovisning av kunskapsläget om berggrundens barriärfunktion vid ett djupförvar är bra och i vissa fall djupgående. SKI saknar dock en tydlig diskussion om vilka kunskaper som enligt SKB är tillfyllest, och var SKB ser att ytterligare insatser behöver göras för att få tillräcklig kunskap för att analysera säkerheten hos ett djupförvar. SKBs FUD-program 95 tar frågor där ytterligare forskningsinsatser behövs. Kopplingen mellan uppräknade insatser, och behov och krav från säkerhetsanalys och platskaraktärisering, är emellertid enligt SKI i flera fall otydlig. SKI efterlyser tydliga och konkreta mål och kopplingar till avnämare för de insatser SKB avser att genomföra inom detta område.

4.5.2 Strukturgeologi och mekanisk stabilitet

SKB har som övergripande huvudmål med sin verksamhet inom detta område att kvantifiera och utreda konsekvenserna av långsiktig tektonisk påverkan inklusive jordskalv och glaciationscykler. Programmet listar enligt SKB viktiga delmål som behöver uppfyllas för att uppnå huvudmålet. I programmet redovisas SKBs insatser mycket kortfattat och ofta i vaga ordalag såsom att "ta fram diskussionsunderlag", "vidareutveckla", "öka förståelsen", "sammanställa erfarenheter" etc., vilket gör det svårt för SKI att bedöma kvaliteten på SKBs planerade insatser.

SKB redovisar kort läget på de av SKB i FUD-program 92 uppställda målen för FoU-arbeten inom området berggrundens stabilitet. SKI kan konstatera att SKB har kommit en bit på väg att genomföra sina planer, men fortfarande återstår en del insatser, vilket även aviserats i FUD-program 95. SKI vill dock framhålla att SKIs yttrande till FUD-program 92 innehöll flera synpunkter som borde ha påverkat programmet. SKI har emellertid vissa svårigheter att se hur SKB tagit hänsyn till alla dessa givna synpunkter i det nu föreliggande programmet.

Greenpeace kommenterar SKBs val av värdbergart för ett slutförvar. Greenpeace anser att SKB fortfarande inte har visat att basiska bergarter (t.ex. gabbro) är olämpliga som värdbergart och att de därför behöver utredas ytterligare.

Greenpeace anför att SKBs arbeten med geodynamiska och mekaniska processer omfattar ett mycket komplext område, där SKB är i forskningsfronten. Området kan uppta stora delar av en institutions verksamhet under 10-15 år, menar Greenpeace som uppmuntrar SKB till fortsatta aktiviteter. Greenpeace framhåller också att erhållna resultat bör ha stor betydelse för utformningen av ett slutförvar.

KTH kommenterar SKBs påpekande om det stora behovet av att öka kunskapen om de stora svaghetszonernas mekaniska egenskaper. KTH menar att det är angeläget att SKB ökar insatserna inom detta forskningsområde liksom inom området bergspänningar och deras variation i anslutning till förkastningarna, bl.a. för att ge relevant underlag till modelleringsarbetet rörande berggrundens stabilitet. SKI delar denna uppfattning.

Pågående arbeten inom ramen för DECOVALEX-projektet som behandlar kopplade termo-hydro-mekaniska processer har exempelvis identifierat en rad osäkerheter i kunskaper som behövs för att genomföra denna typ av analyser. Det finns bl.a. osäkerheter i de teoretiska antagandena, svårigheter att efterlikna långa tidsförlopp och omsätta försöksresultat från laboratorieskala till storskaliga fältförsök. Vidare saknas även viktiga data om mekaniska egenskaper hos sprickzoner. SKI ser det som viktigt att analysera de osäkerheter som finns, t.ex. genom att sätta dem i relation till övriga osäkerheter, samt att utreda hur de bör beaktas i framtida analyser. En betydelsefull faktor är t.ex. att förstå bergets mekaniska egenskaper under långa tidsrymder och hur förändringar i dessa påverkar grundvattenflödet. SKB har i sitt FUD-program 95 identifierat en del utvecklingsbehov inom detta område. SKI menar att dessa utvecklingsinsatser bör genomföras.

SKB ämnar genomföra en studie av tidigare sedimentära bergarters utbredning och mäktighet, vilket, enligt SKI, bör öka kunskapen om bergartsbildande processer i allmänhet, men även öka förståelsen för t.ex. varför sprickmineraliseringar ser ut som de gör idag. SKI har däremot svårt att avgöra hur framgångsrik SKB kommer att vara i diskussionen om vertikala lastsituationer och deras konsekvenser på Baltiska skölden för perioden ca 400 miljoner år till 200 miljoner år sedan (Devon-Trias) i relation till förekommande islaster under senare tid, d.v.s. från ca 1 miljon år sedan (kvartärtid) fram till nutid. Enligt SKI handlar det om två helt olika tidsförlopp (miljontals år i sedimentationsfallet och tiotusentals år i lastfallet) för de olika lastfallen, olika storlek

på områden som blir påverkade, samt även olika bakomliggande processer som leder fram till de olika lastsituationerna. SKI vill inte heller utesluta helt andra lastsituationer än vertikala som betydelsefulla i sammanhanget, t.ex. sidoförskjutningar. SKI avser att ta upp en diskussion med SKB i denna fråga.

SKI instämmer i vikten av att vidareutveckla metoder för identifiering av subhorisontella strukturer (ung. flackt sluttande sprickplan) i berggrunden och vill hänvisa vidare till SKIs granskning av FUD-program 92 och de synpunkter som framfördes då. Greenpeace pekar på det stora behovet att ta fram lämplig metodik för ändamålet liksom på behovet av att karakterisera strukturenas mekaniska egenskaper.

SKB avser att göra insatser inom bergmekanik både på teorisidan (om kryprörelser etc) och på praktiska sidan med att genomföra bergspänningsmätningar (i Laxemar djupborrhål), vilket SKI anser vara bra och befogat.

SKI vill dock framhålla, vilket även framfördes i SKIs granskning av FUD-program 92, att det är viktigt att föreslagna arbeten konkret diskuterar riskerna för ett slutförvar och dess ingående komponenter, t.ex. påverkan på bentonit, kapsel, grundvattenströmning m.m. Starka kopplingar finns här till den scenarieanalys, som behöver genomföras inom ramen för en säkerhetsanalys.

SKB diskuterar förekomsten av diskontinuiteter (sprickor och sprickzoner) och deras förskjutningsbelopp och hur viktiga egenskaper kan variera och ändras med tiden, exempelvis i samband med kommande istider. För att kunna sammanställa och statistiskt bearbeta data över förskjutningsbelopp över diskontinuiteter ställs enligt SKI även krav på att ha kontroll över rörelseriktningar och rörelsetillfälle.

SKI vill även understryka vikten och betydelsen av att SKB vidareutvecklar kvantitativa kriterier för klassificering av diskontinuiteter i berggrunden, och hur dessa kriterier kommer att tillämpas för att bl.a. bedöma respektavstånd till förvarsdelar, kapselpositioner m.m. SKI anser också att arbetet som genomförs av SKB behöver stämmas av med SKI regelbundet.

SKB har under längre tid utvecklat en glaciationsmodell med vars hjälp SKB bl.a. ska kunna bedöma olika effekter (t.ex. klimat- och istidseffekter) och hur de varierar med tiden. KTH anser att SKB har gjort en förtjänstfull satsning på att utveckla en istidsmodell över Skandinavien. Här finns behov av och ett önskemål om att tillskapa ett internationellt projekt där flera forskargrupper kommer samman och får möjlighet att testa sina istidsmodeller och antaganden på olika fallstudier. Det finns, enligt KTH, behov av att integrera istidsmodelleringen med analyser av grundvattenströmning (regionalt) och berggrundens stabilitet, vilket SKI håller med om.

SKI anser att området är viktigt och avser att närmare följa upp SKBs arbeten inom detta område, men ser idag positivt på de av SKB indikerade utvecklingsinsatserna. SKI vill dock understryka betydelsen av att SKB verkligen anger och diskuterar exempelvis ingångsdata, använda teoriers tillämpbarhet samt brister och osäkerheter, liksom att dessa

sätts i sitt sammanhang såväl i bedömningen av användbarheten av framtagna modeller, som i bedömningen av erhållna resultat.

Frågor om neotektonik och postglaciala rörelser har ofta diskuterats i samband med granskningen av SKBs FoU-program, så även denna gång. SGU anför att det numera är känt att den senaste isavsmältningen, åtminstone i de norra delarna av såväl Sverige som Finland och Norge, åtföljdes av mycket kraftiga förkastningsrörelser och tillhörande stark seismisk aktivitet. SGU menar att sannolikheten för att förkastningsrörelser i framtiden skall träffa ett djupförvar, eller att ett djupförvar skall skadas allvarligt av åtföljande jordbävningar, får bedömas som liten. Den stora betydelsen ligger snarare i deras påverkan på berggrundens vattenledande förmåga. Även Greenpeace pekar på betydelsen av att uppmärksamma de hydrologiska aspekterna.

Stockholms universitet/SU (Mörner), menar att SKB totalt ignorerar nya rön vad gäller ung tektonik, geodynamik och berggrunds-rörelser som kan komma att påverka ett slutförvar.

NFR anser att sannolikheten för att förkastningsrörelser uppstår i ett berglager bör belysas tydligare av SKB. Detta är viktigt enligt NFR, därför att mekanisk förstörelse orsakad av rörelser i berggrunden tycks vara den enda möjligheten för att radionuklider ska kunna spridas från slutförvaret. NFR menar också att SKB bör satsa medel på att studera eventuella pågående rörelser i urberget, samt risken för uppkomsten av nya förkastningar, och detta i högre utsträckning än vad som framgår av FUD-program 95.

SKI anser att dagens kunskap inte tillåter säkra förutsägelser för unga rörelsers uppträdande t.ex. i samband med nedisningar, vilket ställer krav på SKB att genomföra ytterligare analyser om bakomliggande mekanismer samt analysera rörelsernas betydelse ur säkerhetssynpunkt.

Frågan om det utsprängda och återfyllda förvaret i sig utgör ett horisontellt svaghetsplan har berörts av SKI och andra remissinstanser vid olika tillfällen och SKI kan konstatera att SKB nu ämnar utreda frågan.

4.5.3 Grundvattenkemi

SKB redovisade i FUD-program 92 kunskapsläget inom området grundvattenkemi, och tar i FUD-program 95 (avsnitt 5.5.5) upp den nya kunskap som erhållits sedan dess. SKI framförde i FUD-program 92 att SKBs insatser inom detta område har rätt inriktning, men att fokuseringen på frågor av säkerhetsanalytisk betydelse skulle behöva framgå bättre av programbeskrivningen. SKI vill också nu framhålla vikten av kopplingen till säkerhetsanalysen.

KTH anser att användningen av s.k. principalkomponentanalys uppenbarligen är ett utomordentligt verktyg att särskilja vatten av olika ursprung. SKI ser positivt på SKBs insatser att med matematiska/statistiska metoder klassificera vattenkemiska data, liksom strävan att utnyttja hydrologiska data. SKI saknar dock i FUD-program 95 en beskrivning

av fortsatt kvalitetsklassning av vattenkemiska data.

SKB skriver att hydrokemiska, geologiska och geohydrologiska undersökningar och utvärderingar tillsammans utgör kärnan i en platskaraktisering. SKB beskriver vidare ett integrerat program för dessa insatser i avsnitt 9.4 i FUD-program 95. SKI vill poängtera väsentligheten i integrationen mellan områdena. Insatserna för att modellera och visualisera hydrologi-kemi-isotopdata ser SKI som ett sätt (av flera) att på ett integrerat sätt utnyttja informationen från platskaraktiseringarna.

SKI uppmanar SKBs fortsatta arbeten med att undersöka och beskriva hydrokemiska förhållanden i lågkonduktivt berg, och att vidareutveckla provtagnings- och analysteknik. Arbetet avser att besvara frågor om jämviktsmodellens användbarhet vid beskrivning av kemin hos systemet grundvatten/berg. SKI håller med om att detta även förutsätter arbete på modellsidan.

SKI framhöll i granskningen av FUD-program 92 det värdefulla i att fastställa bergets förmåga att bibehålla reducerande miljö på förvaringsdjup, även efter den störning som sker i samband med deponeringen samt störningar orsakade av yttre händelser såsom en istid. SKB har sedan dess undersökt bl.a. inverkan av bakteriell syre- respektive sulfat-reduktion. SKI vidhåller vikten av att undersöka och förstå vad som styr redoxförhållandena på förvaringsdjup. I det fortsatta programmet för verksamheten vid Äspö finns REX (Redoxförsök i detaljskala) beskrivet, vilket SKI finner värdefullt. SKI saknar dock planer för fortsatt arbete på modelleringssidan.

Sedan granskningen av FUD-program 92 har förståelsen av vad som kan hända med grundvattenströmningen i samband med en nedisning ökat betydligt. Det kan t.ex. numera inte uteslutas att oxiderande grundvatten kan tränga ned till förvaringsdjup under dessa förhållanden. SKI uppmanar SKB att ta fram metoder för att om möjligt konstatera och karakterisera sådana förändringar av redoxförhållandena.

SKI har tidigare, bl.a. i granskningen av FUD-program 92 framfört att SKB bör utveckla sin metodik för provtagning av grundvatten från borrhål. Såväl SKBs som SKIs egna analyser av grundvattendata från Äspö har visat att kontaminering med spolvatten och sammanblandning av vatten med olika kemisk sammansättning försvårar utvärderingen av de vattenkemiska förhållandena. SKI vill därför understryka att SKB nu måste sammanställa erfarenheterna från Äspö och utveckla ett ändamålsenligt program för provtagning av ostörda vattenprover inför planerade platsundersökningar.

Stockholms universitet/SU (Mörner) framför att SKBs arbeten med djupborrning vid Laxemar visar att ung, postglacial vattencirkulation nått ner till minst 950 m och troligen ända till 1450 m. SU framför vidare att dessa resultat kontrasterar mot SKBs beskrivning i FUD-program 95 att de kemiska förhållandena på stort djup, 1000 m, varit stabila i ett tidsperspektiv av 100 000 år eller längre.

SKI ser positivt på att SKB har startat ett paleohydrologiskt program för att öka förståelsen av bl.a. grundvattenflöde och geokemiska förhållanden i ett regionalt

perspektiv. SKBs slutsats att förekomst av "gammalt" grundvatten med hög salthalt är entydigt med stagnanta grundvattenförhållanden tyder dock på en bristande samordning av hydrogeologisk utvärdering i regional skala och den geokemiska utvärderingen. SKI framförde redan i granskningen av FUD-program 92 att förekomst av gammalt grundvatten med hög ålder i ett utströmningsområde, som t.ex. Äspö, kan bero på att vattnet transporterats långa sträckor i ett regionalt grundvattensystem.

4.5.4 Bergets förmåga att begränsa radionuklidtransport

Under denna rubrik tar SKB i sitt program (avsnitt 11.4.3) upp huvudsakligen regionala flödes- och transportvillkor, samt vissa fysikaliska och kemiska processer som kopplas till det grundvatten-hydrauliska systemet. Detta kommenteras av SKI nedan. Kunskapsläget för bergets förmåga att begränsa radionuklidtransport beskrivs i avsnitt 5.5.6. Radionuklidtransport tas även upp i avsnitt 11.5 (Kemi) och 11.8 (Naturliga analogier) i FUD-program 95, och kommenteras därför även av SKI i avsnitt 4.6 och 4.7

Genomgången av processer och parametrar som styr radionuklidtransport i berget i avsnitt 5.5.6 är bra, men beskrivningen av variabler som skall predikteras (t.ex. grundvattenflöde, porositet, dispersion, retardation) är alltför allmän, enligt SKIs mening. En tydligare beskrivning behövs för vad som krävs av olika modeller vad gäller upplösning, rumslig variation, behov för olika analyser etc. Som ett konkret exempel kan nämnas frågan om vilken precision som behövs i analysen av grundvattenmodelleringen för att kunna användas i analysen av radionuklidtransporten i närområdet.

SKB anger att man inlett analyser av höjddatabasen för att bestämma hydrauliska gradienter i regional skala. SKI vill uppmantra SKB att fortsätta detta arbete och koppla det till analyser av regionala grundvattenflödessystem. Möjligheten att utnyttja information om inströmnings- och utströmningsområden i regional skala som en plats-vals faktor i ett tidigt skede av lokaliseringen av ett djupförvar är mycket intressant och bör utredas närmare.

Som ett komplement till de planerade mellanhålsförsöken (TRUE) vid Äspölaboratoriet avser SKB att utveckla en spår-försöksmetod som kan genomföras från ett borrhål. SKI ser positivt på att SKB utvecklar in situ-metoder för att i detaljskala bestämma parametrar för transport av lösta ämnen. SKI vill dock uppmana SKB att även utveckla metoder för spår-försök som kan användas i samband med ytbaserade platsundersökningar. Internationella erfarenheter har visat att upprepade spår-försök, i olika skalor och riktningar, kan ge värdefull information om transportvägar och deras egenskaper, vilket framfördes av SKI i granskningen av FUD-program 92. SKIs egna analyser av platsundersökningsdata från Äspö har visat att det är mycket svårt att bestämma bergets transportegenskaper med utgångspunkt från enbart hydrauliska tester (t.ex. pumpförsök).

SKB avser att bevaka kunskapsläget angående geogastransport, såväl ur radionuklidtransportaspekter som vad gäller möjligheter att nyttja informationen om geogas som ett tecken på sprickor och sprickzoner. Lunds universitet menar att studier av geogas är ett utmärkt sätt att karakterisera sprickförekomst och transportvägar för att utröna en plats lämplighet. Universitetet föreslår pilotstudier för att undersöka om den för malmprospek-

tering internationellt och kommersiellt använda geogasmeter skulle kunna bidra med väsentlig information för lokalisering av ett lämpligt testområde för djupförvar.

SKI framförde i granskningen av FUD-program 92 att frågan om geogasens betydelse som transportmekanism behöver utredas närmare. SKI menar att SKBs ambitionsnivå borde vara högre, än att endast bevaka kunskapsläget. SKI finner det positivt att SKB genom verksamheten vid Äspö ökar den allmänna kunskapsuppbyggnaden angående gasmigration och tvåfasflöde.

Ett centralt forskningsområde är enligt SKB (FUD-program 95, avsnitt 5.5.6) att vidareutveckla metoder för beskrivning av sprickors geometri och deras hydrauliska och retarderande egenskaper. Metoder för sprickkaraktisering prövas bl.a. i samband med de spårämnesförsök som planeras vid Äspölaboratoriet. SKI stödjer detta viktiga arbete men vill samtidigt betona att SKB också måste utveckla metoder för rutinmässig karaktisering av sprickors egenskaper i samband med en platsundersökning. Detta gäller t.ex. bestämning av sprickfyllnadsmineral och mineralomvandlingar från borrhärdar och med hjälp av olika loggingmetoder. SKI vill här, liksom i granskningen av FUD-program 92, uppmana SKB att utreda hur bergets geokemiska heterogenitet, t.ex. mineralogisk variation, påverkar transporten av radionuklider.

4.5.5 Modellverktyg och modellutveckling

SKBs fortsatta program inom modellverktyg och modellutveckling bedrivs främst inom arbetet med säkerhetsanalys (avsnitt 11.7.2) och vid Äspölaboratoriet (kapitel 12). Kompletterande insatser beskrivs i avsnitt 11.4.4. SKIs mer övergripande kommentarer redovisas i kapitel 8, vilket kompletteras med detaljkommentarer nedan.

SKBs program omfattar utvecklingsarbete inom bl.a. områdena grundvattenmodellering, radionuklidtransport och bergmekanisk modellering. KTH efterfrågar ett övergripande synsätt vad gäller kopplingar mellan de tre koncepten, och menar att utvecklingen för de tre koncepten tycks drivas parallellt, utan att deras relevans till huvudproblemet i sammanhanget, d.v.s. att modellera radionuklidtransporten har klargjorts. SKI håller med KTH om att det finns starka kopplingar mellan de olika områdena, och att det inte framgår tydligt av SKBs program hur denna integration kommer att genomföras.

Det är bra att SKB diskuterar behovet av alternativa konceptuella modeller för beräkningar av grundvattenströmning. FUD-program 95 innehåller en bra principiell beskrivning av alternativa konceptuella modeller för beräkningar av grundvattenströmning. Programmet för fortsatt utveckling och tillämpning av dessa modeller beskrivs dock mycket kortfattat och svepande vilket gör det svårt att bedöma planerade insatser. SKI anser att SKB inför kommande platsundersökningar bör tydliggöra sin strategi för tillämpning av olika grundvattenströmningsmodeller och dess roll i säkerhetsanalysen. Viktiga frågeställningar är t.ex. om valda modeller är relevanta för säkerhetsanalysen behov och på vilket sätt platsundersökningarna bör utformas för att ge tillräckliga data för olika modeller.

Ett flertal konceptuella modeller för grundvattenströmning och transport har prövats inom den internationella arbetsgrupp som är knuten till Äspölaboratoriet (Äspö Task Force). SKI förutsätter att SKB kommer att göra en samlad utvärdering av erfarenheterna från detta viktiga arbete, och att resultaten integreras i SKBs program för utveckling av modeller och platsundersökningsmetodik.

SKBs paleohydrogeologiska program finns beskrivet i avsnitt 5.5.8 Modellverktyg och modellutveckling. I programmet för perioden 1996-2001 sägs i avsnitt 11.4.4 att det paleohydrogeologiska programmet ska genomföras, genom vidareutveckling av glaciationsmodellen, samt genom att regional modellering exemplifieras för Äspö-Laxemarområdet. SKI ser som sagts ovan positivt på att SKB har startat ett paleohydrologiskt program. Beskrivningen ger dock inte, menar SKI, rättvisa åt de insatser som SKB planerar för att t.ex. utreda blandningsprocesser mellan salt och sött grundvatten och att öka kunskapen om grundvattenomsättning och förekomsten av stagnant vatten, samt att data från Laxemar (det djupa borrhålet KLX 02) och Äspö kommer att användas för jämförelser med den grundvattenmodellering i regional skala som SKB genomför. SKI vill framhålla det väsentliga i ett integrerat paleohydrogeologiskt program, och anser att beskrivningen i FUD-program 95 ger ett splittrat intryck.

SKB planerar vidareutveckling av den stokastiska kontinuummodellen, HYDRASTAR, som utgör SKBs huvudalternativ för beräkningar av grundvattenflöde. Mot bakgrund av SKBs ambitioner att pröva alternativa modeller anser SKI att SKB också bör utveckla diskreta nätverksmodeller för detta ändamål. Beräkningar av radionuklidtransport i fjärrområdet genomförs bl.a. med en s.k. strömrörsmodell, FARF31, med en kraftigt förenklad beskrivning av bergets heterogenitet i förhållande till de tredimensionella hydrologimodellerna. Användningen av strömrörsmodeller kan medföra fel eller osäkerheter vars betydelse för beräkningsresultaten måste redovisas i säkerhetsanalysen. SKI ser positivt på att SKB planerar att utveckla FARF31 för att kunna hantera varierande transportegenskaper (flödesvätt sprickyta och longitudinell dispersion). Samtidigt vill SKI uppmana SKB att följa utvecklingen av mer avancerade transportmodeller.

4.5.6 Sammanfattande omdöme

SKI ser positivt på SKBs sammanfattande redovisning av kunskapsläget om berggrundens barriärfunktioner. Det saknas dock en tydlig diskussion av vilka kunskaper som enligt SKB är tillfyllest, och var SKB ser att ytterligare insatser behövs innan säkerhetsanalys av ett djupförvar. SKBs FUD-program 95 tar upp frågor där ytterligare forskningsinsatser är nödvändiga. Kopplingen mellan uppräknade insatser, och behov och krav från säkerhetsanalys och platskaraktärisering är emellertid, enligt SKI, i flera fall otydlig. SKI efterlyser tydliga och konkreta mål och kopplingar till avnämare för de insatser SKB avser att genomföra inom detta område.

Ett exempel på en fråga som SKB rekommenderas att särskilt uppmärksamma är stabiliteten hos redoxförhållandena på förvarsdjup i samband med nedslagningar.

Slutligen vill SKI påminna om att många synpunkter som framfördes i samband med granskningen av FUD-program 92 fortfarande är relevanta i sammanhanget, och att om de

inte tagits om hand hittills, således behöver vägas in i SKBs framtida planer.

4.6 Kemi

4.6.1 Inledning

Målet för verksamheten på kemiområdet är enligt SKB att:

- mäta och uppdatera grunddata för beräkning av lösligheter och komplexbildning
- bestämma hur kolloider, organiska komplexbildare och mikrober påverkar rörligheten hos radionuklider
- bestämma radionuklidernas minskade rörlighet (retention) i berg och återfyllnad p.g.a. sorption och diffusion
- utvärdera kemisk inverkan av cement och mikrober i slutförvar.

SKB anser i FUD-program 95 att arbetet på detta område har kommit en bra bit på väg när det gäller djupförvar för använt kärnbränsle och att omfattningen därför kunnat minskats något. Undersökningar har inriktats mer mot tillämpningar, medan allmänna och grundläggande studier av löslighet, komplexbildning och diffusion har koncentrerats till projektet för annat avfall (se avsnitt 4.9).

SKI har inga större invändningar mot SKBs sätt att prioritera denna verksamhet under förutsättning att de grundläggande studierna rörande radionuklidernas, särskilt aktinidernas, kemi kan hållas på en livskraftig nivå inom landet. En satsning på tillämpningar inom säkerhetsanalysen är viktig av flera skäl. Kemin i säkerhetsanalysen är ett område där det är särskilt svårt att använda sig av sig realistiska modeller, eftersom möjligheterna till interaktioner av olika slag i praktiken är outtömliga. Det är å andra sidan ofta lätt att finna förenklande ansatser som i varje fall inte leder till underskattning av konsekvenserna för de flesta scenarier. Konceptuella svårigheter finns dock när det gäller koppling kemi-transport, som bör få en bättre belysning. Detta gäller bl.a. bergets heterogenitet och utvecklingen av kemin i systemet av konstgjorda barriärer, inklusive bränslet. Inte minst är satsningar på dessa och angränsande områden nödvändiga för en analys av osäkerheterna.

Den utökade satsningen på slutförvar av övrigt avfall är välmotiverad och har efterlysts av SKI både i samband med granskning av säkerhetsrapporten för SFR-1 och i yttrandet över FUD-program 92. SKI vill dock erinra om att resultat från framtida säkerhetsanalyser kan komma att leda till nya omprioriteringar.

4.6.2 Löslighet, komplexbildning och kinetik

Vid beräkning av lösligheter och andra faktorer som påverkar radionuklidernas rörlighet i barriärsystemet används termodynamiska data och modeller. SKB har under lång tid stött utvecklingen på området, både när det gäller mätning av nya termodynamiska data och i samband med den internationella granskning och sammanställning av data som sker i OECD/NEAs regi. Detta arbete har gått långsammare än vad som förutsågs vid starten för ca 10 år sedan. Tillgången på data är knapp i många fall, vilket kan bli besvärande vissa kritiska grundämnen, bland dem neptunium och teknetium. SKB har dock även i dessa fall

gjort viktiga insatser som avrapporterats sedan FUD-program 92.

Undersökningar av plutonium är det område som SKB prioriterar för närvarande. SKB anger dock att andra ämnen kan bli aktuella i den mån säkerhetsanalyser pekar ut osäkerheter i databaserna. SKI anser att en sådan prioritering utifrån säkerhetsanalysens behov är särskilt viktig nu när viktiga redovisningstidpunkter närmar sig.

SKB har vidare låtit utföra experiment för att fastställa att vissa viktiga reaktioner inte hindras p.g.a. långsam reaktionshastighet, vilket enligt SKI är ett bra exempel på studier som bör utföras för att kunna undvika diskussioner i ett sent skede i samband med en verklig säkerhetsanalys.

Slutligen instämmer SKI med SKB om att medfällningsreaktioner är svåra att utnyttja i säkerhetsanalysen, åtminstone för radionuklider som kan spela en mera avgörande roll.

SKIs bedömning är att SKB på detta område gjort viktiga insatser, men vill framhålla betydelsen av fortsatta studier, vilket också är nödvändigt för att upprätthålla en god kompetens på detta område inom landet.

4.6.3 Sorption och diffusion

Sorption på mineralytor i berget och diffusion genom buffert och från vattenförande sprickor in i bergmatrisen utgör de fördröjningsmekanismer som utnyttjas i säkerhetsanalysen.

Greenpeace framför att det råder osäkerhet om hur sorptionsdata skall användas och om deras giltighet för de förhållanden som råder i berget. Även själva K_d -konceptet är föremål för kritik, menar Greenpeace.

SKI har inget att invända mot hur dessa fenomen beskrivs och används av SKB. När det gäller sorption har ofta den s.k. K_d -modellen kritiserats för att ge en alltför enkel beskrivning av sorptionsjämvikter. SKI instämmer dock med SKB i att denna modell sannolikt är den enda användbara i transportmodeller för radionuklider under överskådlig tid framåt. Genom ett försiktigt val av sådana sorptionsdata borde man uppnå att denna barriärfunktion inte överskattas. De mera avancerade modellerna för sorption (t.ex. ytkomplexering, jonbyte) bör enligt SKI användas för att uppskatta variationer i K_d som funktion av de kemiska betingelserna, som i sin tur varierar i tid och rum. Storleken hos dessa variationer och deras betydelse är ännu ganska okända faktorer, där kunskapen behöver förbättras. På samma sätt förhåller det sig med en eventuell samvariation av sorptionsdata och andra transportparametrar såsom grundvattenflöde, matrisdiffusivitet och s.k. flödesvätt yta.

SKBs anger att det finns bra och användbara sammanställningar av parametrar som beskriver sorption och matrisdiffusion, men att komplettering kan bli nödvändig i och med att ny teknik för provtagning och mätning utvecklas. SKI anser att sådana kompletteringar också blir nödvändiga med tanke på att dessa data bör betraktas som platsspecifika vid säkerhetsanalyser som görs i samband med lokalisering av ett slutförvar.

I SKBs planer ingår också att fortsätta mätning av parametrar för transport av cesium och strontium i bentonitbufferten. SKI stöder denna verksamhet, och erinrar om att behovet av dessa mätningar påtalades i SKIs granskning av FUD-program 92.

4.6.4 Organiska ämnen, kolloider, mikrober

Naturligt förekommande organiska komplexbildare såsom humus och fulvosyror har sedan länge betraktats som en svårighet när det gäller att tillgodoräkna sig den barriärfunktion som sorptionen utgör. SKB har följt detta område från början samt bidragit till experimentella och teoretiska studier av komplexbildning med dessa organiska ämnen. Framförallt är det sorptionen av trevärda aktinider som påverkas, vilket nyligen också bekräftats i en doktorsavhandling. Enligt SKB är dock halten av komplexbildare i djupa grundvatten så liten att nedsättningen av radionuklidsorptionen är begränsad eller till och med försumbar. I det fortsatta programmet anger SKB att man ämnar fortsätta med kartläggningen av naturliga halter humus- och fulvoämnen. Identifiering av övriga organiska ämnen i grundvatten samt från material i förvaret ingår också i programmet.

KTH menar att det är viktigt att klarlägga inverkan av andra hydrofila organiska ämnen än humus- och fulvosyror på transport av radionuklider. Vidare anser man att halten av dessa ämnen kan komma att öka på djupet genom grundvatten som dras neråt mot förvaret så länge detta hålls dränerat.

SKI instämmer med SKB om den att den troliga effekten av humus- och fulvosyror normalt är begränsad på det sätt som SKB anger. SKI vill dock erinra om att halterna av komplexbildare är en platsspecifik egenskap, samt uppmanar SKB att identifiera och analysera scenarier som kan leda till förhöjning av dessa halter.

Kolloidal transport är ett annat fenomen som skulle kunna minska effekten av bergets barriärfunktion. Försök har visat att kolloider kan ta upp och transportera radionuklider. Enligt SKB är emellertid halten av kolloidala partiklar så låg i djupa grundvatten att inverkan på transporten inte sker i någon nämnvärd omfattning. I SKBs planer ingår att området bevakas och att halterna följs upp. Bildning av kolloidala partiklar i närområdet och möjligheten till transport av dessa med gasbubblor kommer att utredas.

KTH anser att studier av kolloiders, partiklars och mikrobers effekt på spridningsprocesserna börjar ge resultat, och att det är viktigt att de fortsätts. SKI, som har följt utvecklingen på området genom egna insatser på modellsidan, instämmer med SKB i att kolloidal transport i normalfallet sannolikt inte medför några svårigheter. Samtidigt vill SKI peka på att det i samband med vissa scenarier kan uppträda väsentligt högre halter av partiklar i grundvattnet. SKI uppmanar SKB att analysera sådana fall närmare för att kunna klarlägga behovet av ytterligare fördjupad kunskap på området.

Mikrober i ett djupförvar är ett svårgreppbart fenomen, eftersom ändamålsenliga studier av området kräver samverkan mellan vitt skilda vetenskapliga discipliner. SKB anser att området är väsentligt och att det varit prioriterat för deras del sedan 1992. Enligt SKB kan mikrober främst ha betydelse som katalysator för sådana kemiska processer som kan inverka på miljön i djupförvaret. Härmed avses främst möjligheten till reduktion av sulfat till svavel eller sulfid, vilka skulle kunna medverka till korrosion av kopparkapseln. Av de tänkbara mikrobiellt påverkbara processer som SKB anger anser även SKI att reduktion av sulfat bör ägnas särskild uppmärksamhet. Detta har också observerats av NFR.

SKBs påstående att bakteriernas livsmiljö begränsas i bentonitbufferten så att deras betydelse i sammanhanget blir obetydlig, förefaller för NFR att inte vara så väl underbyggd.

Enligt KTH är det glädjande att sulfatreduktionen och sulfatreducerande bakterier uppmärksammas. Greenpeace ifrågasätter SKBs slutsats att bakteriell transport kan försummas, särskilt med hänsyn till att alla typer av bakterier ännu inte kunnat beskrivas.

SKIs uppfattning är att SKB visserligen medverkat till ett genombrott på området mikrober i slutförvar, men att fortfarande mycket återstår att göra. Den sammanställning som SKB gjort av kunskapen på området är ett bra exempel på den integrering av olika discipliner som är nödvändig för att på ett effektivt sätt uppfylla de krav som kan ställas av säkerhetsanalysen. Den tilltalande modell som angetts för begränsad livsmiljö för sulfatreducerande bakterier i bentonitbufferten kan behöva diskuteras ytterligare, t.ex. med hänsyn till förekomst av olika bakteriestammar. SKI vill för övrigt peka på att mikrobiologin i ett slutförvar genomgår stora förändringar så länge systemen hålls öppna. De material som förs ner i förvaret är inte heller sterila. Detta är, enligt SKI, exempel på områden där fortsatta insatser kan visa sig nödvändiga.

4.6.5 Sammanfattande bedömning

SKI anser liksom i sin granskning av FUD-program 92 att SKBs program på området radionuklidkemi är väl sammansatt med förankring i både geokemi och säkerhetsanalys. Av denna anledning har SKI inga anmärkningar mot programmets inriktning i stort. Samtidigt vill SKI göra SKB uppmärksam på att studiet av radionuklidernas (särskilt aktinidernas) kemi bör fortsätta med oförminskade insatser för att behålla kompetensen inom landet på en tillräcklig nivå. SKI instämmer i att studiet av kemiska faktorer som inverkar på radionuklidtransporten (sorption, diffusion, komplexbildning och kolloider) bör gå mot tillämpningar, d.v.s. de bör få mer uttalad inriktning mot specifika platser och scenarier. I det sammanhanget får inte heller glömmas bort att eventuella korrelationer bland dessa faktorer kan behöva tas omhand i säkerhetsanalysen. Mikrober i slutförvar är ett relativt ungt område, där det av allt att döma kommer att behövas många insatser.

4.7 Naturliga analogier

4.7.1 Inledning och bakgrund

Det finns enligt SKB en betydande mängd resultat från undersökningar av naturliga analogier som kan användas till att bedöma ett djupförvars långsiktiga säkerhet. Informationen har SKB hittills använt mera sporadiskt till egna säkerhetsanalyser som KBS-3 och SKB 91 med huvudsaklig tillämpning avseende förhållanden i närområdet. SKB refererar även till en bok där angivna och liknande exempel på analogier beskrivs.

SKB kommer framgent att prioritera medverkan i tre större analogiprojekt: Jordanien, Oklo och Palmottu medan projekten Alligator Rivers, Poços de Caldas och Cigar Lake nu är avslutade. Målet för analogiundersökningarna är att ta fram underlag för att pröva (validera) antaganden och modeller för att beskriva långsiktiga processer viktiga för djupförvarets säkerhet. Genom SKBs fortsatta medverkan i EUs Natural Analogue Working Group (NAWG) erhålls en expertprovning av såväl kvaliteten på resultaten som deras användbarhet i säkerhetsanalysen.

I sin granskning av FUD-program 92 framförde SKI en rad allmänna synpunkter på studier av naturliga analogier, vilka fortfarande är giltiga:

- Studier av naturliga analogier är en av de viktigaste metoderna för validering av antaganden och modeller i säkerhetsanalysen, särskilt med hänseende till storskalighet i tid och rum.
- Vid dessa studier är det alldeles nödvändigt att förvissa sig om hur resultaten kan överföras och tillämpas på slutförvarets miljö.
- Studierna måste därför ofta omfatta inte endast de detaljerade mekanismerna utan också en brett upplagd systemstudie av den historiska utvecklingen av platsen för analogin.
- I vissa avseenden kan platsen för ett slutförvar i sig själv användas som naturlig analogi.

Dessa principer tillämpas i de flesta studier av naturliga analogier, inklusive dem där SKB deltar.

Sammanfattningsvis ansåg SKI att SKBs dittills gjorda satsningar på studier av naturliga analogier var lovvärda och att de borde fortsätta. Erfarenheterna från stora och tvärvetenskapliga projekt (Poços de Caldas och Alligator Rivers) pekar på vikten av att hela tiden fokusera verksamheten på valideringsbehoven. De säkerhetsanalytiska aspekterna, främst när det gäller modellbeskrivning och eventuella skillnader i geokemisk miljö, måste beaktas redan från början vid planering av nya projekt.

SKI anförde också att SKB i sitt program inte berört användningen av s.k. antropogena analogier (utnyttjande av arkeologiska fynd och andra lämningar av mänsklig verksamhet) på samma sätt som de naturliga analogierna. SKI menar att dessa möjligheter inte får glömmas bort med särskild tanke på studier av processer som kan förekomma i ett slutförvar för låg- och medelaktivt avfall.

4.7.2 SKBs deltagande i analogistudier

Cigar Lake

Analogistudien i Cigar Lake i norra Saskatchewan, Kanada har utförts under ledning av av AECL. SKBs samarbete med AECL inleddes 1989 och är nu avslutat och avrapporterat. Analogin består av en 1,3 miljarder år gammal uranmalmförekomst, omgiven av lera, på 430 m djup i en sandstensformation. Runt malmkroppen finns en tydlig redoxfront bildad genom radiolys i malmen och den omgivande leran, där oxiderande ämnen bildas kontinuerligt i mätbara mängder. Likheten mellan analogin och ett slutförvar för använt bränsle är påtaglig.

Några slutsatser som SKB drar från projektet är att

- redoxförhållandena i det djupa grundvattnet har minskat lösligheten för uran och förhindrat dess spridning
- den låga hydrauliska konduktiviteten hos leran i och omkring malmen har bromsat frigörelsen av lätttrörliga nuklider
- radiolysen har haft en måttlig inverkan, trots den långa exponeringen.

Redoxförhållandena kan enligt SKB beskrivas med gängse geokemiska modeller och frigörelsen ur närområdet (av lätttrörliga ämnen) har kunnat beskrivas med masstransportmodeller som används inom säkerhetsanalysen. Den modell som tagits fram för att behandla

radiolysen av grundvatten i kontakt med malm bör enligt SKB även kunna tillämpas på använt bränsle i en skadad kapsel.

SKI är enigt med SKB om att Cigar Lake-projektet utgör det hittills bästa exemplet på en naturlig analogi där de bästa förutsättningarna erbjudits att genomföra en integrerad utvärdering. De uppenbart goda möjligheterna till intern validering av koncept och modeller har utnyttjats.

Jordanien

Förekomsten av hyperalkaliska källor i Maqarin (aktiva) och i centrala Jordanien (fossila) studeras som analogi till betong i ett djupförvar. Några av SKB angivna mål inom projektet är bl.a. att undersöka hur det hyperalkaliska vattnet har påverkat bergets tillgänglighet för indiffusion av radionuklider och även pröva beräkningsmodeller som kopplar masstransport med kemisk reaktion och används för att bedöma inverkan av cement i ett förvar.

Oklo

Undersökningar bedrivs på tre olika platser i Gabon där man hittat rester av naturliga reaktorer: Oklo (dagbrott), Okelobondo (underjordsgruva) och Bangombé (prospekteringsområde). Reaktorzonen i Bangombé är SKBs primära intresseområde där man (franska CEA) inom planerade program (fas II) vill koncentrera sig på kvantitativ utvärdering av processer som påverkar retention eller migration av radionuklider. Ett par målsättningar värda att nämna är att förbättra kunskapen om de naturliga materialens förmåga att hålla kvar radionuklider och att identifiera långsamma processer (tusentals år) som skulle kunna påverka transport av radionuklider.

SKI menar att de fortsatta arbetena i Oklo förhoppningsvis skall kunna ge viktig kunskap om de processer som påverkar transport av radionuklider och att dessa erfarenheter kan komma till användning även för genomförande av platsundersökningar för ett slutförvar med direkt koppling till erforderlig säkerhetsanalys.

Palmottu

Fortsättningen av analogiundersökningarna i Palmottu önskar man från finsk sida bedriva som ett internationellt projekt med stöd från EU. Fördelen med Palmottu är att här förekommer ungefär samma berggrund och förhållanden i övrigt som är allmänna i Sverige. Man avser i planerat program bl.a. att ge en kvantitativ beskrivning av uran-torium-förekomsten i granitiskt berg och att granska den relativa betydelsen av de processer som kontrollerar vattenflöde i kristallint berg. Man planerar även att undersöka och modellberäkna inverkan av geokemisk oxidation och reduktion på rörligheten hos radionuklider i kristallint berg och att utreda betydelsen av olika mekanismer för retardation av radionuklider samt även att undersöka betydelsen av upprepade nedisningar på bergets egenskaper. Den förvärvade kunskapen och data från studierna avser SKB att använda till att utveckla och förfina modeller som används inom funktions- och säkerhetsanalys.

Remissinstansernas synpunkter

Greenpeace påpekar i sitt remissyttrande att SKB inte är uppriktiga och talar om att de flesta som arbetar med analogier, speciellt författarna till den av SKB refererade boken, framhåller att det finns betydande problem att genom analogistudier direkt överföra/tillämpa dessa på ett slutförvarsscenario. SKI vill också erinra om dessa svårigheter, som det numera bör vara en självklarhet att beakta när naturliga analogier utnyttjas i säkerhetsanalyser.

4.7.3 Sammanfattande omdöme

Gemensamt för de större analogistudierna är enligt SKIs mening att de är multidisciplinära projekt där viktig erfarenhet och kunskap kan inhämtas. Projekten Cigar Lake och Oklo är bra exempel på framgångsrika internationella samarbetsprojekt. De direkt användbara resultaten kan tyckas begränsade i förhållande till insatserna, men detta kan anses uppvägas av den höjning av den allmänna kunskapsnivån som analogiprojekt kan bidra med. Liksom vid granskningen av FUD-program 92 anser SKI att SKBs gjorda satsningar på studier av naturliga analogier har varit framgångsrika varför SKI rekommenderar ett fortsatt arbete med naturliga analogier och att dessa bör planeras utifrån en brett upplagd valideringsstrategi.

4.8 Biosfären

Redovisningen av frågor om biosfären är mycket kortfattad i FUD-program 95. SKB framhåller att för tider fram till nästa istid kan platsspecifika data bedömas ge underlag för en någorlunda meningsfull prognos av stråldoser från slutförvaret. För tider därefter kommer osäkerheten i konsekvensbedömningar av slutförvaret att vara mycket stora eftersom bl.a. generiska biosfärdata kan komma att användas. SKB konstaterar att osäkerheterna då kan var mycket stora med ett konfidensintervall på flera storleksordningar, men att detta kan vara acceptabelt om frågan är att visa att dosgränser inte överskrids. Sådana osäkerheter medför dock att en eventuell optimering av strålskyddet blir meningslös. SKB redovisar i FUD-program 95 hur olika delmål i FUD-program 92 har nåtts.

Endast två remissinstanser tar upp frågan om biosfären. Statens lantbruksuniversitet, SLU, pekar framför allt på att ett skogsekosystem är vad som kommer att finnas ovanför slutförvaret och föreslår därför att SKB skall satsa på studier av detta. SLU föreslår vidare att erfarenheter från olyckan i Tjernobyli skall utnyttjas.

SSI påpekar att huvudinriktningen bör vara att utgå från dagens biosfär. SSI framhåller att man avser att redovisa de tolkningar som kan vara rimliga när det gäller bedömningar av hälso- och miljöaspekter i en avlägsen framtid. SSI önskar vidare att SKB förbereder sig för en redovisning av miljömål.

SKI konstaterar sammanfattningsvis att biosfärfrågorna fått en mycket kortfattad behandling av både SKB och av remissinstanserna. I detta sammanhang vill SKI dock påminna SKB om att även andra säkerhetsindikatorer än dos kan behöva utvecklas, vilket även framfördes vid SKIs granskning av FUD-program 92.

4.9 Övrigt avfall

4.9.1 Inledning

En säker och ändamålsenlig hantering och slutförvaring av det kärnkraftavfall som de svenska reaktorerna ger upphov till kräver utveckling, projektering, uppförande och drift

av ett flertal anläggningar. I dag finns delar av detta system redan i drift, medan andra delar fortfarande är under planering. De olika typer av kärnavfall som måste tas omhand är, förutom använt kärnbränsle, driftavfall från kärnkraftverken, rivningsavfall, vissa hårdkomponenter och alfakontaminerat (långlivat) avfall. Även radioaktivt avfall från industri, forskningsverksamhet och sjukhus skall hanteras och slutförvaras i dessa anläggningar. Systemet för hantering av detta övriga avfall inkluderar följande slutförvar:

- Slutförvar för radioaktivt driftavfall *SFR-1* (togs i drift 1988)
- Slutförvar för rivningsavfall och långlivat låg- och medelaktivt avfall *SFL-3*
- Slutförvar för rivningsavfall från CLAB och inkapslingsstation, *SFL-4*
- Slutförvar för hårdkomponenter, *SFL-5*

Detta kapitel tar närmast upp ämnen diskuterade i kapitlen 5.9 och 11.9 i SKBs FUD-program 95.

4.9.2 Avfall till SFR-1

SKB inleder med vad som gäller för SFR-1s drifttillstånd, att en förnyad säkerhetsanalys skall genomföras vart tionde år, liksom inför förslutningen av anläggningen och att ett särskilt kontrollprogram skall vidmakthållas för inhämtande av platsspecifik kunskap.

SKB konstaterar att behov av ökad kunskap om långtidsegenskaper för vissa avfalls-material och tillsatsmedel har identifierats. För organiska material är dagens kunskap om dess långtidsegenskaper begränsad. Detta gäller framför allt nedbrytningsprodukter från cellulosa och deras komplexbildning med t.ex. plutonium. SKB planerar för kunskapsöverföring mellan SFR-1 och SFL 3-5 programmen.

SKI vill erinra om att dessa studier utgör ett villkor för den fortsatta driften av SFR-1. Detta krav är i sin tur en följd av SKIs och SSIs uppföljande granskning av långtids-säkerheten för SFR-1. Detta har SKI redan påpekat i granskningen av förra FUD-programmet.

SKB redovisar inte hur kommande säkerhetsanalyser för SFR-1 skall utformas, t.ex. hur scenarieanalysen ska utformas, eller om nya modeller för radionuklidtransport i närområdet kommer att tas fram. SKI anser att information om detta är ett minimikrav för nästa redovisning av programmet.

4.9.3 Annat avfall

Med annat avfall menar SKB långlivat låg- och medelaktivt avfall, som skall slutförvaras i anläggningarna SFL 3-5. SFL 3-5 förvaren kommer enligt SKB att ligga på ett djup av ca 500 m och ca 1 km från SFL 2. Avfallet till SFL 3 kommer att placeras i betongkokiller eller ståltunnor beroende på typ av avfall. Dessa kommer i sin tur att placeras

i betongfack i en bergsal. Utrymmet mellan betongfacken och avfallsbehållarna kommer att fyllas med porös betong. Utrymmet mellan den yttre betongkonstruktionen och bergsalsväggarna kommer att fyllas ut med bentonit och en sand/bentonit blandning. En sand/grus blandning fylls slutligen upp till bergsalens tak. Avfallet till SFL 4 är preliminärt tänkt att inneslutas i kubiska stålbehållare som placeras i ett tunnelsystem med en betongbotten vilande på grus och som försluts med sand. I SFL 5 placeras avfallet i en stål-betong konstruktion, som i sin tur placeras i stora betongkonstruktioner inne i tre bergsalar. Vid förslutningen fylls området mellan berget och den yttre betongkonstruktionen upp av sand.

SKB redovisar den förstudie av funktionen hos barriärerna i SFL 3-5 som har gjorts. Förstudien omfattar en preliminär säkerhetsanalys av ett slutförvar för långlivat låg och medelaktivt avfall. En fullständig scenarionanalys har inte gjorts av SKB utan man har begränsat sig till en studie av ett förenklat referensscenario baserat på ett reducerat influensdiagram (enligt PID-metoden, se avsnitt 4.2). De preliminära beräknade radionuklidutsläppen från närområdet till brunn indikerar att dosen inte överstiger 0.1 mSv/år. Gasutveckling i förvaren diskuteras och hur snabbt detta kan ske redovisas också. I denna studie har dock diskussionsresultaten inte tagits med som möjlig orsak till radionuklidtransport från förvaren.

En inventering och karaktärisering av avfallet för deponering i SFL 3-5 har också gjorts inom ramen för förstudien. SKB påpekar att inventeringen inte är slutgiltig utan grundar sig på antaganden om vad som bl.a. kommer att produceras i framtiden. Som framgår av de preliminära antagna värdena är SFL 5 den helt dominerande vad gäller aktivitetsinnehåll. Det mesta av aktiviteten kommer från Ni -63 under de första 1000 åren och Ni-59 för tiden därefter.

SKB planerar en fortsättning av förstudien kallad fas II. I denna kommer en sammanställning av radionuklidinnehåll och kemisk databas att ingå. Vidare kommer analyser av alternativa scenarier, sammanställning av barriärernas egenskaper, olika designalternativ och utveckling av transportmodeller att ingå.

SKI uppskattar att SKB nu har gjort en första säkerhetsanalys, även om den är preliminär. Som också SKB påpekar, återstår flera scenarier att analysera t.ex. långsiktiga förändringar av barriärerna, konsekvenser av gasutveckling och istidsscenarier. SKI instämmer med SKB i att mycket arbete återstår att göra.

Greenpeace påpekar att de scenarier som återstår att analysera tycks vara de mest kritiska för hela säkerhetsanalysen. Man bör se till att detta arbete håller jämna steg med den för använt kärnbränsle.

SKB kommenterar i FUD-program 95 att, "den beräknade frigörelsen av radionuklider är så låg att enbart närområdet skulle räcka som barriär. Resultaten tyder på att det utförandet av förvaret som föreslagits är ändamålsenligt". SKI anser att detta endast kan gälla för de givna förutsättningar som ställts upp i referensfallet. Andra scenarier, som är lättare att förvara, kan komma att visa sig ge större dosutsläpp. SKBs egna beräkningar

med s.k. omrörd tank och med försämrade barriärer är en indikation på detta. Det är därför viktigt att strikt visa barriärernas långtidsegenskaper. Det är nu framför allt mycket viktigt att SKB inte "tappar fart" då det gäller det fortsatta arbetet som påbörjats i den preliminära säkerhetsanalysen, d.v.s. att deras egen föreslagna fortsättning av förstudien, fas II, ges hög prioritet.

SKI välkomnar SKBs satsning på den preliminära säkerhetsanalysen avseende slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall. Det är viktigt att SKB fortsätter att konkretisera och fullfölja sitt program på detta område, särskilt med tanke på de krav som finns på att redovisa det totala slutförvarssystemet.

4.10 Sammanfattande bedömning

Fortfarande gäller i stora drag den bedömning av SKBs stödjande FoU som SKI gjorde baserat på FUD-program 92. SKBs forskningsinsatser är övervägande av hög klass och intar ofta en position bland de främsta av sitt slag. På de flesta områden bedrivs verksamheten i internationellt samarbete, vilket ger förutsättningar för en bred vetenskaplig förankring av resultaten.

I kontrast mot den allmänt positiva bilden av SKBs insatser står vissa brister i uppfyllandet av krav som måste ställas på ett program av detta slag när resultaten väl ska omsättas i praktiken. Detta gäller inte bara själva utförandet och byggandet av anläggningar utan i ännu större utsträckning behovet av kompletta och väl integrerade säkerhetsanalyser. Under den närmaste tioårsperioden planerar SKB att bygga inkapslingsanläggning, utföra åtminstone en fullständig platskaraktärisering samt påbörja byggandet av djupförvar. Säkerhetsanalyser behövs inför beslut om dessa verksamheter och det är därför nödvändigt att SKB försäkras om att den forskning som bedrivs under tiden fram till respektive beslutstidpunkter är tillräckligt ändamålsenlig. Därmed menas att forskningen mer än förut behöver styras av säkerhetsanalysens behov. Vidare behöver de resurser, personella och kunskapsmässiga, som skapas organiseras så att det gynnar den nödvändiga integreringen av olika kunskapsområden. Exempel härpå är kopplingen mellan metoder för platsundersökning och utvärdering av en plats. Slutsatsen är att för att en sådan styrning ska kunna ske måste denna i sin tur vara baserad på preliminära säkerhetsanalyser. Återkommande säkerhetsanalyser borde därför i själva verket vara en naturlig del av ett effektivt FoU-program.

En annan väsentlig punkt är att SKB bör förvissa sig om att fördelningen av resurser på olika områden sker optimalt t.ex. med hänsyn till betydelsen av olika barriärer i slutförvaret. Av naturliga skäl bör SKI avstå från att närmare kommentera just denna punkt: det måste i första hand vara SKBs ansvar att fördela resurserna mellan olika områden. SKIs ansvar är att förvissa sig om att de metoder och motiv som SKB använder sig av för denna fördelning är rationella och välgrundade. Även i detta fall är det svårt eller omöjligt att göra prioriteringar och förteckna frågor som kräver sin lösning utan att genomföra integrerade säkerhetsanalyser.

För att återgå till de olika ämnesområdena så är den kritik som SKI framför av det slaget att den inte på någon enskild punkt betyder att inriktningen är grovt felaktig eller att hittillsvarande resultat skulle peka på oöverstigligena hinder mot möjligheten att bygga säkra

anläggningar. Liksom tidigare ställer SKI sig dock tvivlande till om nödvändig kunskap och erfarenhet verkligen kan uppnås av SKB inom den korta tid som står till förfogande enligt SKBs planer. Å andra sidan är det helt klart att mycket av denna nödvändiga kunskap redan finns tillgänglig på andra håll än inom SKB. Återigen är bedömningen av sådana tänkbara brister i kunskap svår att göra utan tillgång till den erfarenhet som en fullständig säkerhetsanalys ger.

Utveckling av metoder för analys av *scenarier* har gått starkt framåt under den senaste treårsperioden. En hel del arbete återstår dock innan dessa metoder utvecklats till goda redskap för att säkerställa fullständighet och kvalitet hos säkerhetsanalyser. SKB rekommenderas att inte låsa sig till en enda metod för att åskådliggöra och analysera systemet av samverkande processer i ett slutförvar.

SKI är kritisk mot den redovisning som ges av programmet för *bränslestudier*. Integrering av experiment och modellutveckling utifrån säkerhetsanalysens behov har kommit igång sent, och SKI uppmanar SKB att driva på detta arbete för att kunna optimera insatserna på experimentsidan.

Arbetet med utveckling av modeller som beskriver *buffertens* och *återfyllnadens* funktion i slutförvaret har varit framgångsrikt, generellt sett. SKI efterlyser dock en bättre integrering av frågor som rör eventuella förändringar av buffertens kemiska egenskaper med den övriga kunskapsbasen. Vidare förtjänar frågan om gastransport i buffert och återfyllnad större uppmärksamhet.

SKBs redovisning av kunskapsläget rörande *bergets* funktion som barriär i ett slutförvar har god bredd och är i vissa fall djupgående. SKI saknar dock i många fall kopplingen mellan planerade insatser och de krav som ställs av platskaraktärisering och säkerhetsanalys. SKB rekommenderas särskilt att uppmärksamma stabiliteten hos redoxförhållandena i vattenförande sprickor på förvarsdjup under istider, och att ta fram metoder för att om möjligt konstatera och karaktärisera förändringar i denna säkerhetsfaktor.

SKI anser att SKBs program på *kemiområdet* är väl sammansatt med en förhållandevis god förankring i både geokemin och säkerhetsanalysens behov. SKB uppmanas att fortsätta sina satsningar på radionuklidernas kemi, att fullfölja sina planer på tillämpning av vunna resultat inom säkerhetsanalysen och att fortsätta insatserna på mikrober i slutförvar.

SKI anser att SKBs insatser på studier av *naturliga analogier* varit framgångsrika, och SKI rekommenderar fortsatt arbete på detta området grundat på säkerhetsanalysens behov.

Vad gäller *biosfärsfrågor* konstaterar SKI att dessa fått en mycket kortfattad behandling av både SKB och remissinstanserna. I detta sammanhang vill dock SKI påminna SKB om att även andra säkerhetsindikatorer än stråldos kan behöva utvecklas, vilket även framförts vid SKIs granskning av FUD-program 92.

Vad gäller hanteringen av *övrigt avfall* välkomnar SKI SKBs satsning på den preliminära säkerhetsanalysen avseende slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall. Det är viktigt att SKB fortsätter konkretisera och fullfölja sitt program på detta område, särskilt med tanke på de krav som finns på att redovisa det totala slutförvarssystemet.

I detta sammanhang kan det vara lämpligt att föra fram några principer som bör följas vid bedömning av all säkerhetsforskning. Först och främst måste det gå att fatta beslut även om ett väsentligt område inte anses "färdigforskat". Ett beslut måste dock grundas på *tillräcklig* kunskap i den meningen att ytterligare tillförd kunskap inte kan förväntas leda till annorlunda beslut. Vanligen innebär detta att beslutet grundar sig på förenklade antaganden som med rimlig visshet leder till en överskattning av konsekvenser eller risker. Den fortsatta forskningen kan då ha som mål att förfinas metoderna för konsekvensberäkning för att medge mindre marginaler och därmed konstnadsbesparingar.

Det vore dessutom ovetenskapligt att inte medge att fortsatt forskning *efter* byggande och idrifttagande av t.ex. ett slutförvar skulle kunna leda till mer eller mindre långvariga omvärderingar av t.ex. livslängd och funktioner hos barriärerna. (Detta gäller även om det sannolikt kommer att vara motsatsen som oftast kommer att gälla: ökad kunskap borde leda till att den bevisbara säkerhetsgraden ökar.) Ett sådant ifrågasättande kan komma att vara av mer eller mindre permanent karaktär. Vissa av dessa frågor kommer att kunna lösas enkelt genom justering av tillgängliga modeller eller med nya beräkningar. Andra frågor kan komma att kräva långvariga och kostsamma experimentella studier för att visa att farhågorna i själva verket var överdrivna. Dessutom kan det ju aldrig uteslutas att nya rön gör att rollen hos olika barriärer måste omvärderas för oöverskådlig tid.

Alla säkerhetsfrågor är alltså inte fullständigt lösta eller kanske inte ens kända den dag ett slutförvar börjar byggas. Teknik och vetenskap fortsätter att utvecklas även efter det att besluten är fattade. I Sveriges omvärld kan t.o.m. förutses en alltmer intensiv FoU på detta område under årtiondena närmast efter år 2000. I det perspektivet vore orimligt att inte också fortsättningsvis bedriva aktiv forskning för att följa och utnyttja de nya rön som kommer fram, inte bara för att identifiera potentiella säkerhetsproblem. Det måste också finnas en beredskap att förnya säkerhetsanalysen. Krav på detta kommer att ställas, dels på återkommande analyser under förvarets drifttid och dels på en analys inför slutligt tillslutande av förvaret.

SKI vill därför uppmana SKB att presentera de åtgärder som behöver vidtagas för att bibehålla en kraftfull och effektiv forskningsorganisation, som kan företa fristående säkerhetsgranskning och säkerhetsanalyser, och som följaktligen är oberoende av byggande och drift av de framtida anläggningarna.

5 KAPSELTILLVERKNING OCH INKAPSLING

5.1 Inledning

I detta kapitel kommenterar SKI kapitel 6 och 7 i SKBs FUD-program 95.

Enligt de planer som SKB redovisar skall inkapslingsanläggningen vara klar inför slutdeponeringen som påbörjas 2008. Planerna är att anläggningen ska byggas i anslutning till CLAB i Oskarshamn. SKBs mål är att inkomma med en ansökan om tillstånd enligt kärntekniklagen och naturresurslagen att uppföra anläggningen vid årsskiftet 1997/98. Byggstart planeras äga rum två år senare. En projektplan för uppförande redovisas i FUD-program 95. Sedan FUD-program 92 har planer på uppförandet av en pilotanläggning för utveckling och teknik för förslutning och kontroll av kapseln tillkommit.

I FUD-program 95 har SKBs referenskapsel ändrats på så sätt att den stålcylander som tidigare skulle vara den lastbärande komponenten i kapseln har ersatts med en gjuten insats i stål. SKB bedömer att problemet med val av fyllnadsmaterial i kapseln därmed undanröjts. En första provgjutning har genomförts som visar att detta kan vara ett möjligt sätt att tillverka en kapselinsats, men mycket utveckling kvarstår innan en fullstor kapselinsats kan tillverkas som uppfyller de krav som kan komma att ställas.

I FUD-program 92 var det i redovisad text svårt att följa motiven för olika beslut. Detta gäller även för FUD-program 95.

Inkapslingsprocessen är i FUD-program 95 kortfattat beskriven, vilket även var fallet i föregående FUD-program. Det är förståeligt att alla detaljerade synpunkter inte kan redovisas i forskningsprogrammet, men SKI anser att mer detaljerade planer bör tas fram än de som hittills redovisats. SKI önskar även fortsättningsvis succesivt ta del av sådant material.

5.2 Förutsättningar och mål

Avsnittet omfattar beskrivning av utvecklingen av den kapsel som bränslet ska inneslutas i under långa tidsrymder, samt projekteringsplaner för inkapslinganläggningen. SKB anför att kapseln ska vara tät och ha en tillräcklig mekanisk och kemisk stabilitet så att håll inte uppstår på kapseln under förvaringstiden. SKI menar att det blir en krävande uppgift för SKB att lösa tillverknings- och kvalitetskontrollproblem före sekelskiftet.

SKI kan konstatera att SKB har tagit fram en plan för hur arbetet med kapseln skall utvecklas. Detta anser SKI vara positivt. Det återstår dock en hel del utveckling på området och stora insatser torde krävas för att hålla tidplanen. Det finns också ett önskemål från SKI att vissa frågor belyses noggrannare. Om materialval, tillverkningsprocesser och procedurer för oförstörande provning (OFP) fungerar så som SKB tänkt sig kan tidplanen hållas. SKI ser dock betydande svårigheter att uppnå tillfredställande resultat inom samtliga angivna målområden.

SKI menar att valet av syrefri koppar med 50 ppm fosfor verkar vara acceptabelt under förutsättning att kapseln kan framställas med en tillräckligt fin kornstorlek hos kopparn. De flesta tillgängliga specifikationer är gjorda för material som antar kornstorlekar mindre än 100 μm . Vid tillverkning av stora komponenter med grova dimensioner kan det vara svårt att erhålla finare strukturer, vilket SKB också erfarit. Enligt SKIs uppfattning kan materialet i tillverkade kapslar därför inte anses uppfylla en sådan standardspecifikation. En utredning om vilka materialegenskaper som behövs för att uppfylla kraven i en sådan specifikation kan därför behöva genomföras.

5.3 Val av kapselmateriäl

SKB har, som tidigare nämnts, föreslagit syrefri koppar med en tillsats av 50 ppm fosfor som kapselmateriäl. Fosfor påstås höja rekristallisationstemperaturen hos (ren) koppar, och därmed ge en finare struktur. SKI menar att SKB bör utreda vilken betydelse fosfor har vid varmbearbetning som troligen är den tillverkningsmetod som SKB planerar använda vid kapseltillverkning. SKB har genomfört tester som visar att syrefri koppar med en tillsats av fosfor har en bättre krypduktilitet än syrefri koppar utan fosfor. Orsaken till detta är inte helt klarlagd. SKI anser att denna fråga ska utredas, och att SKB bör ta reda på om förbättringen även gäller krypbrottgränsen.

SKB anger kornstorleken maximalt 250 μm som lämplig att använda i kopparkapseln. Denna kornstorlek har ännu inte testats av SKB. SKI skulle vilja att den materialprovning som hittills genomförts på en mindre kornstorlek även utförs på den slutgiltigt erhållna kornstorleken med avseende på kryp och korrosion. SKI anser därför att SKB bör förvissa sig om att fosfors positiva effekt på krypduktilitet även gäller vid den större kornstorleken, samt mekanismen för detta, så att hänsyn till effekten kan tas vid utveckling av kvalitetskontrollen.

Användning av en grövre kornstorlek kan ställa högre krav på begränsningar avseende föroreningar, eftersom anrikning sker i korngränserna. Detta innebär att en liten korngränsarea (stora korn) ger ett material med högre föroreningshalt i korngränserna, vilket får effekt även för lokal korrosion. En grov struktur ger dessutom allmänt sett sämre egenskaper än en fin struktur. Ett exempel på strukturberoende egenskaper är sträckgräns som har bärlighet på hållfastheten.

SKI har observerat från ett arbete av Benjamin et al. (1988) att det finns antydningar till spänningsskorrosion i fosfordesoxiderad koppar vid 80°C i syntetiskt grundvatten. Kornstorleken vid dessa försök var 45 μm och testtiden var tre dagar, alltså en mycket kort tid. Testet bör därför upprepas för längre tider. SKI anser att SKB bör redovisa sin uppfattning om förekomst av spänningsskorrosion i materialet vid långa tider för kornstorlekar på 250 μm (Slow Strain Rate Testing).

Varmsprickning eller rödskörhet är ett problem inom kopparindustrin, särskilt när det gäller wiretillverkning. Detta är ett fenomen som undviks genom att man håller en syrehalt på 200 till 300 ppm i kopparn som oxiderar lågsmältande ämnen i korngränserna. Om syrefri (oxygen free, OF) koppar används saknas denna möjlighet. Om det finns något annat sätt att undvika risken för varmsprickning, och om detta är något problem för koppar i denna

applikation, bör SKB redovisa detta.

5.4 Utveckling och utformning av kapseln

Här redovisar SKB krav och konstruktionförutsättningar för kapselns storlek m.m. och vad kapseln bör tåla under olika hanteringsskeden i inkapslingsprocessen.

5.4.1 Initial säkerhet

Kapseln skall, enligt SKB, vara tät, tåla kemiska och mekaniska påfrestningar och bör ha så liten skadlig inverkan som möjligt på övriga barriärer. Målet för SKB är att kapseln ska tillverkas, fyllas, förseglas och kontrolleras så att mindre än 0,1% av det totala antalet tillverkade kapslar har defekter som kan leda till tidigt läckage. Korrosionsbeständigheten skall annars vara så hög att läckage inte inträffar under de första 100 000 åren efter deponering. SKI noterar att det är en stor utmaning att försöka uppnå dessa mål. Val av material, tillverkningsmetod och förslutningsmetod som påverkar kapselns mekaniska och kemiska egenskaper, samt även transport och hantering kan ge upphov till sådant som kan påverka kapselns integritet. SKI konstaterar dock att det kan vara bra att ha ett högt uppsatt mål som driver utvecklingen framåt men man måste också vara realistisk och ödmjuk inför alla problem med kapseln som återstår att lösa.

5.4.2 Korrosion av kopparkapseln

Korrosionsegenskaperna hos koppar är väl utredda, enligt SKB, som också drar slutsatsen att det är mycket osannolikt att allmän eller lokal korrosion skall vara begränsande för kapselns livslängd i djupförvaret. Samtidigt medger dock SKB att förutsättningarna för bakteriell korrosion och möjligheten till lokal sulfidkorrosion är frågor som kan behöva utredas ytterligare. När det gäller bl.a. dessa frågor hänvisar SKB, å andra sidan, till nya undersökningar som tyder på att dessa slag av korrosionsangrepp trots allt inte skulle påverka kapselns livslängd på något avgörande sätt.

SKB har utrett frågan om vattenkemins roll för korrosion av kopparkapseln och gör bedömningen att kapselns livslängd inte påverkas i någon större utsträckning av de lokala variationer som kan accepteras för valet av förlägningsplats. Vad gäller inverkan av radiolys anser SKB att den är försumbar och att förekomsten av spänningskorrosion under förvarförhållanden är osannolik.

Uppsala universitet framför att korrosionsegenskaperna hos koppar i sulfidisk miljö borde undersökas ytterligare, t.ex. om kärnbildning för lokal korrosion kan bero på utskiljning av kopparsulfid i korngränser.

SKI:s konsulter Bowyer och Hermansson anser att kunskapsbasen när det gäller korrosion är otillräcklig, varvid särskilt framhålls att den vetenskapliga grunden för kopparkorrosion begränsas till det enkla systemet vatten-koppar vid låga temperaturer. Det är därför nödvändigt att utöka denna kunskap till mera komplicerade system. Bowyer och Hermansson påpekar att det inte bara är syre och sulfid som korroderar koppar utan att

också andra ämnen såsom klorid och komplexbildare kan medverka till korrosion i närvaro av svagare korroderanter än t.ex. syre.

SKI har stött egen oberoende forskning inom området kopparkorrosion t.ex. när det gäller beräkning av allmän och lokal korrosion i djupförvaret och sammanställning av termo-dynamiska data för koppar i form av s.k.-Pourbaix-diagram. SKI kan därför i stora delar verifiera uppfattningen att det *hittills* inte framkommit något som skulle tala emot en mycket lång livslängd hos kopparkapslarna från korrosionssynpunkt. Med tanke på kapselns mycket viktiga roll som barriär, både för kortare och längre tidsrymder, är det dock synnerligen viktigt att alla tänkbara korrosionsmekanismer utreds så grundligt det rimligen är möjligt. Därför uppmanar SKI SKB att fullfölja sina studier av korrosionsförlopp där kunskapsbasen ännu är ofullständig. Detta gäller då särskilt mikrobiell korrosion, spänningskorrosion och lokal korrosion i sulfidmiljö.

5.4.3 Hållfasthet

SKB har redovisat hållfasthetsegenskaper för kapseln vid jämn belastning. Även effekter av ojämn belastning på kapseln och ovalitet hos den slutgiltiga kapseln bör belysas. Såväl risk för krypning under dessa förhållanden som eventuell krypning på kapseln bör också utredas eftersom det är viktigt att avståndet mellan inner- och ytterkapsel elimineras. Å andra sidan skulle för kraftig krypning innebära en godsfortunning av kapseln varför även detta bör inkluderas i utredningen.

Krypprovning bör göras med den struktur som den slutligt valda kapseln kommer att ha.

5.4.4 Värmeöverföring

Det värsta tänkbara fallet av värmebelastning av kapseln bör utredas tillsammans med högsta spänningspåckänning för att visa att otillfredsställande strukturförändringar inte inträffar (såsom krypning och försvagning av kornen).

5.4.5 Kriticitet

SKI förväntar sig att kapseln konstrueras så att det utbrända bränslet förblir underkritiskt och att detta verifieras genom beräkningar som är relevanta för den valda utformningen.

5.4.6 Mekanisk påverkan

Yttre mekanisk påverkan på kapseln från bentoniten och omgivande berg är omnämnt av SKBi FUD-program 95, men mekanisk påverkan på kapseln innan den blivit placerad i slutförvaret måste också utredas. SKB bör vara uppmärksam på kopparkapselns känslighet för mekanisk påverkan på grund av materialets mjukhet. Påverkan kan medföra att det skyddande oxidskiktet skadas och därmed försämras korrosionsskyddet som i sin tur kan påverka kapselns livslängd i slutförvaret. SKI framförde dessa synpunkter redan vid granskningen av FUD-program 92.

5.4.7 Tillverkning och kontroll av tomma kapslar

I kapitel 7.4.1 i SKBs FUD-program 95 säger man att det är viktigt att bestämma acceptabla gränser för materialets mikrostruktur, ytfinhet och porositet, hållfasthetsegenskaper samt kontroll av tillverkningssvetsar. SKI anser att dessa specifikationer har uppenbara inbördes samband. Tillverkning, testmetoder och tillämpningskrav kan inte specificeras utan att de angivna egenskaperna är kända. Genomförande torde ske i form av en iterativ process med en inte självklar utgångspunkt. Klargörande kan eventuellt ske när tillverkningsmöjligheterna för innerkapseln är fastställda och utifrån detta fastlägga tillverkningskraven för hela kapseln. Kraven på ytfinhet m.m. beror snarare på bedömningar ur korrosionsynpunkt än ur hållfasthetsynpunkt, men det är nödvändigt att fastställa nämnda egenskapers inverkan på krypegenskaper m.m. vid jämna och ojämna belastningsfall i slutförvaret.

SKB presenterar inga förslag i programmet för hur lyftanordningarna för kapseln ska utformas. Det är inte självklart hur de ska se ut med tanke på att kapselns ytterhölje består av koppar. Anordningen bör konstueras på ett sådant sätt att den kan bära kapseln utan att plastiskt deformation sker i sådan omfattning att kapselns integritet äventyras. Återtagning av kapslar bör också beaktas i detta sammanhang.

Korrosionstester kan bli nödvändiga för föreslagna utformningar av kapsel och lock som utsätts för belastning (simulerat eller verkligt). Dessa tester skulle kunna ge en uppfattning om hur en eventuell plasticering påverkar strukturen och därmed livslängden hos kapseln.

5.5 Kapseltillverkning

5.5.1 Utveckling av tillverkningsmetoder

Kopparkapseln

Provtillverkning av kapslar har påbörjats; kopparkapslar har tillverkats dels genom extrudering och dels genom valsning, pressning och längssvetsning. SKI kan konstatera att extruderade rörämnen till kapseln, cylindrar, har tillverkats framgångsrikt. Kornstorleken hos dessa cylindrar är emellertid på detta stadium grov och inhomogen.

Två kapslar har tillverkats genom rullpressning av valsade plåtar. Strukturen i dessa är även den inhomogen. Valsning är en process som kan vara svår att tillämpa för serieproduktion i stor skala. SKB behöver därför redovisa för- och nackdelar med andra eventuellt tillgängliga metoder. Hittills har endast enstaka tillverkningsförsök gjorts. SKB behöver visa att det är möjligt att tillverka ett stort antal godkända kapslar i en befintlig/nybyggd industrianläggning.

Av fyra kapslar som hittills tillverkats har en skrotats p.g.a. dåligt svetsresultat som i sin tur berodde på alltför grov kornstorlek. De övriga tre, varav två utgörs av extruderade rör och en består av en valsad och svetsad kapsel, har inte fullständigt analyserats med avseende på struktur m.m. Botten och lock har svetsats på åtminstone det ena av de extruderade rören. SKB har i andra sammanhang antytt att man nu har tagit fram en felfri kapsel, vilket alltså inte är helt relevant. Extrusions- och valsningsförsöken har visat att detta kan vara en framkomlig väg, men någon fullständig analys av det som hittills tillverkats har ännu inte

gjorts. Ytterligare insatser på området bör enligt SKI ges högsta prioritet.

SKI noterar att avspänningsglödning är specificerat för de valsade rören. I beaktande av de låga och variabla spänningarna som förekommer ställer SKI sig frågande till om detta kommer att leda till kritisk korntillväxt.

En god yta på kopparämnet är nödvändig, dels ur korrosionssynpunkt men också ur kontrollsynpunkt. Eriksson (1995) rapporterar att ytsprickor förekommit på koppargöt som levererats för extrudering. Frågor som behöver besvaras är om dessa sprickor oxideras under värmningen inför extrusionen och om detta kan leda till defekter i det extruderade ämnet. Det är viktigt att dessa sprickors uppkomst förhindras eller att de tas bort före extrusionen.

Gjuten innerkapsel

Om en gjuten insats, som nu är SKBs referenskapsel, utvecklas måste hänsyn tas till de egenskaper som ett material i gjuten form får. Det är också nödvändigt att belägga att önskvärda egenskaper erhålls i den gjutna komponenten. Ett kontrollprogram för att detektera defekter i gjutgodset som uppkommit på grund av krympning, svetsning eller andra orsaker måste också tas fram. Vidare bör en termisk belastningsmodell som visar var krympspänningar uppkommer i den gjutna insatsen samt redovisning av acceptansgränser för sådana defekter utarbetas.

Det slutliga valet av material för den inre kapseln har SKB dock ännu inte gjort. Tekniska problem som kan tänkas uppstå vid tillverkningen är ännu inte beaktade. En fråga som SKB bör besvara är om risken för galvanisk korrosion är större om man har en omfattande mängd gjutstål i kontakt med ädlare metaller som koppar och zircalloy i jämförelse med en stålcylander som innerkapsel. SKBs gjutna referenskapsel skall enligt planerna förslutas genom att locket sätts fast med bultar.

SKB har under våren provgjutit en första insats (halv kapsellängd) i gjutstål där resultaten verkar lovande men en hel del utvecklingsarbete återstår.

Relaterat till alla osäkerheter och frågor som föreligger för SKBs referenskapsel anser SKI att SKB bör utreda för- respektive nackdelar med att använda en gjuten innerkapsel.

Innerkapsel av stål

Stålcyllindrar har tillverkats och framgångsrikt placerats i en kopparkapsel. Om SKBs slutsats blir att en insats i form av en stålcylander ska användas anser SKI att en tillförlitlig och användbar metod skall utvecklas för förslutning av det inre locket, och som ger en stark och tät fog. Med detta alternativ till innerkapsel finns enligt SKI en rad frågor som SKB behöver besvara, t.ex. om en eventuell förvärmning till 250 °C före svetsning kan tolereras ur säkerhetssynpunkt eller om det finns ett alternativt materialval. Möjligheterna till inspektion av denna svets och om denna kan tillverkas utan efterkontroll behöver också besvaras. Andra frågor att besvara är hur man väljer för stålrörsinsatsen ett lämpligt fyllnadsmaterial och hur SKB försäkras sig om att kapseln är fylld.

Alternativa tillverkningsmetoder för kopparkapsel

Ytterligare tre alternativa tillverkningsmetoder av kopparhöljen har utretts av SKB, men några praktiska försök med dessa metoder har ännu inte gjorts. Detta kan tolkas som att

SKB anser sig klara av att tillverka kopparkapslar enligt de metoder som nu prövats. SKI menar att mycket arbete återstår för SKB, innan man kan tillverka en kopparkapsel som uppfyller de kriterier som säkerhetsanalysen kan komma att ställa på kapselns funktion. SKI anser också att man även framledes bör ha en beredskap för övergång till alternativa tillverkningsmetoder.

Den tidigare föreslagna kopparkapseln med blyinnehåll kvarstår som reservalternativ enligt SKB. SKI kan dock konstatera att om det är svårt att tillverka en kopparkapsel med 50 mm tjocklek så borde det vara ännu svårare att tillverka en med 100 mm tjocklek varför ett nytt reservalternativ bör övervägas av SKB.

Kvalitetssäkring och kontroll vid tillverkning har enligt SKB påbörjats. SKB menar att man kontrollerar och dokumenterar tillverkningen så noga som möjligt i syfte att få fram underlag till kvalitetshandbok och kontrollprogram för en framtida tillverkning. SKI anser att det är viktigt att kvalitetssäkringsarbetet pågår under hela utvecklingsprocessen.

5.6 Förslutning av kapsel

Målet för förslutningstekniken är att högst 0,1% av alla tillverkade kapslar ska innehålla icke detekterade defekter "som kan medföra initial otäthet eller leda till tidigt kapselbrott". SKBs huvudinriktning sedan många år är elektronstrålesvetsning. Framgångsrika försök har gjorts men någon felfri svets har ännu inte gjorts. Den svetsfog som erhållits är bred och grovkornig. Utveckling av svetsfogens design pågår i syfte att erhålla en bättre svets. SKI noterar att elektronstrålesvetsning med reducerat vacuum inte är helt utvecklad, och att ett omfattande utvecklingsprogram krävs. Metoder för att reparera svetsar samt reparationskriterier bör också tas fram. SKI anser vidare att SKB skall visa att problemen med driftstörningar (överslag) kan kontrolleras så att ingen skada uppstår på kapseln eller dess innehåll i inkapslingsanläggningen.

Utveckling av kontrollmetoder och acceptanskriterier för såväl kapseln som själva fogen bör ges hög prioritet. Minst två olika kontrollmetoder (av de metoder som SKB omnämner i FUD-programmet) bör utvecklas för att kunna kartlägga defekter av olika natur. Redovisning av alternativa förslutningsmetoder bör också fortsätta.

5.7 Projektering och uppförande av inkapslingsanläggning

Projekteringen är indelad i fyra delar

- förprojektering (skede D)
- konstruktion (skede C)
- detaljkonstruktion (skede B)
- dokumentation (skede A)

Dessa projekteringskedan är kopplade till kapselutvecklingen. Projekteringskedet D innefattar det arbete som ska ligga till grund för tillståndsansökan för inkapslingsanläggningen. Anläggningsbeskrivning och systembeskrivningar tas fram som underlag till den

preliminära säkerhetsrapporten och miljökonsekvensbeskrivningen. Detta underlag omfattar bl.a. säkerhetsanalyser samt en särskild rapport som omfattar en beskrivning av kapsels funktion i olika hanteringssteg inklusive slutförvaring och härledning av konstruktionsförutsättningar och egenskapskrav. I denna rapport ska SKB även redovisa tillverkning, tillverkningskontroll, inkapslingsprocess och förslutningskontroll.

Under skede C som pågår fram till år 2000 görs alla förberedelser inför byggstart. Under detta skede skall kapseln vara i stort sett färdigutvecklad. Kravspecifikationer för transportbehållare och hanteringsutrustning ska utarbetas.

Under skede B byggs inkapslingsanläggningen, och anläggningens slutgiltiga utformning i detalj fastställs. Avslutande provtillverkningar sker hos leverantörer. SKIs bedömning är att anläggningsprojekteringen verkar vara rimlig, men att den detaljerade utformningen av inkapslingsprocessen starkt beror på kapseln slutgiltiga utformning. SKB bör vara beredd på att modifieringar kan bli nödvändiga.

5.8 Pilotanläggning för kapselförslutning

Förslaget att bygga en pilotanläggning och de erfarenheter som SKB där kommer att kunna tillgodogöra sig kommer att ge ett värdefullt underlag inför byggandet av inkapslingsanläggningen. SKB får här också en möjlighet att kartlägga orsakerna till eventuella driftstörningar. Byggande av en pilotanläggning ger även SKB värdefulla erfarenheter för att förstå och lära sig förslutningsprocesserna samt testa metoder för bearbetning av färdig svets och oförstörande provning. Anläggningen är även viktig för träning och upplärning av blivande operatörer. SKI ser pilotanläggningen som en viktig del i kapselutvecklingsprogrammet och stöder helt SKBs planer på att bygga pilotanläggningen.

5.9 Säkerhet, kvalitet och icke spridning av kärnvapen

SKB har planerat att först presentera en preliminär säkerhetsrapport (PSR) som baseras på projekteringen under det tidigare beskrivna skede D. Rapporten ska beskriva säkerhetsfrågor för hanteringsprocessen och tänkbara konsekvenser av missöden. En slutlig säkerhetsrapport (SSR) planerar SKB inlämna för den färdiga anläggningen med de slutliga anläggnings- och systembeskrivningarna som underlag. Efter inaktiv provdrift planerar SKB att komplettera SSR inför provning enligt KTL.

SKI anser att djupförvaret bör vara godkänt av myndigheterna innan SKB påbörjar förslutning av kapslar med använt kärnbränsle. Enligt SKIs uppfattning bör därför provningen av tillstånd om aktiv provdrift samordnas med provningen enligt KTL av ansökan om tillstånd för drift av steg 1 av djupförvaret (se kapitel 8 i denna PM).

SKI anser vidare att ett kontrollprogram för kapsel och inkapslingsanläggning bör tas fram parallellt med kapselutveckling och konstruktion av inkapslingsanläggning. Det innebär att ett förslag till kontrollplan bör finnas med i ansökan som SKB planerar att inkomma med

vid årsskiftet 1997/98. Kvalitetssäkring bör göras så att man får en korrekt dokumentation, men också så att SKB kan försäkra sig om att kapslarna verkligen uppfyller specifikationen. Kontroll av kapslar bör t.ex. ske innan de fylls med bränsle samt någon form av slutlig kontroll innan de lämnar inkapslings-anläggningen för vidare transport till djupförvaret.

SKI vill poängtera att tidplanen inte får bli styrande. Tidplanen är underordnad krav på kvalitet och redovisning så att SKB och SKI kan förvissa sig om att säkerhetsaspekterna beaktas i alla led av processen. SKI vill också peka på kopplingen till planer för djupförvaret. Dessa frågor behandlas mer utförligt i kapitlen 6 och 8 i denna PM.

Icke-spridning av kärnvapen hanteras enligt IAEA-regler om kontroll av klyvbart material, och övervakning ska ske genom SKI och Euroatom.

5.10 Sammanfattande bedömning

SKI kan konstatera att utvecklingen av kapseln nu har kommit i gång på allvar inom flera områden. Exempel på detta är tillverkningsteknik av såväl kopparkapsel som innerkapsel samt förslutning och kontroll av kapseln, vilket SKI anser vara positivt. Det finns emellertid ett antal frågor som bör belysas närmare och det krävs dessutom massiva insatser för att tidplanen skall kunna hållas. SKI konstaterar vidare att sedan FUD-program 92 har endast mindre insatser gjorts på alternativa tillverkningsmetoder för kopparkapslar. SKB satsar nu på utveckling av referenskapseln. Beredskapen för oväntade bakslag är dock begränsad.

SKI anser att mycket arbete återstår innan kapseln är färdigutvecklad. Programmet för kapsel och inkapsling är skrivet i allmänna ordalag. Det finns inga eller få konkreta detaljmål redovisade i relation till preliminär tidplan. Ett detaljerat program bör därför tas fram inför byggstart av inkapslingsanläggningen. Det är många aktiviteter som SKB skall hinna med varför det kommande arbetet måste planeras noggrant. Det är en stor uppgift som SKB har framför sig för att kunna nå sitt mål att påbörja deponering av kapslar till år 2008.

För val av material och tillverkningsprocess anser SKI att det är viktigt att de material som väljs för kapselproduktionen testas, med avseende på korrosion och krypning, i det tillstånd och struktur som materialen kommer att få genom den valda tillverkningsprocessen. Exempel på detta är kornstorlek och förekomst av fosfor och föroreningar i "grundmassa" och korngränser.

SKI anser vidare att fosfors betydelse för krypduktilitet och krypbrottgräns i syrefri koppar skall redovisas.

Beträffande innerkapselns konstruktion bör SKB vara uppmärksam på de egenskaper strukturen får beroende på om innerkapseln är gjuten eller om den utgörs av en stålcylinder.

Den tillverkningsmetod som slutligen väljs måste visa sig vara reproducerbar i den skala som SKB beslutar sig för i djupförvarsprogrammet. Detta gäller dels tillverkningen av de tomma kapslarna och dels processen i inkapslingsanläggningen avseende förslutning, bearbetning och oförstörande provning.

SKI anser vidare att SKB måste ta fram tillverkningskriterier för samtliga delmoment avseende krav på hållfasthet, ovalitet, tillåtna defekter, ytfinhet, lämplig struktur etc. Ett system för hantering av fyllda kapslar bör också tas fram. Koppar är ett mjukt material som lätt kan få hanteringskador. Det är därför viktigt att kapslarna hanteras på rätt sätt innan de placeras i djupförvaret så att anvisningar som skulle kunna försämra tillståndet inte tillåts uppkomma.

Koppars känslighet för korrosion bör utredas ytterligare särskilt när det gäller spänningskorrosion, lokal korrosion i sulfidmiljö, mikrobiell korrosion samt inverkan av specier i återfyllnadsmaterialet i slutförvaret. Andra frågor som behöver besvaras är huruvida kopparkapseln påverkas av lokalt höga restspänningar och om dessa har någon betydelse för lokal korrosion. SKI uppmanar SKB att inte nedprioritera korrosionsfrågorna, vilka fått en undanskymd roll i de planer som SKB presenterar i FUD-program 95.

SKI anser att ett kontrollprogram för hela inkapslingsprocessen från produktion av koppargöt till slutlig deponering skall tas fram av SKB under utvecklingsprocessens gång.

SKI vill poängtera att tidplanen inte får bli styrande. Tidplanen är underordnad krav på kvalitet och redovisning så att SKB och SKI kan förvissa sig om att säkerhetsaspekterna beaktas i alla led av processen. SKI vill också peka på kopplingen till såväl tekniska planer för djupförvaret som för beslutsprocessen.

6 DJUPFÖRVARING AV ANVÄNT KÄRNBRÄNSLE

6.1 Inledning

I detta kapitel kommenteras kapitel 9 Program för djupförvar ibland med kopplingar till kapitel 8 Kunskapsläge - djupförvar i SKBs FUD-program 95.

Djupförvaring av använt kärnbränsle i svenskt urberg kan utformas och utföras på flera olika sätt. SKI menar att landbaserad geologisk slutförvaring i kristallin berggrund av inkapslat bränsle är ett realistiskt huvudalternativ. I SKIs granskning av SKBs FUD-program 92 ansåg SKI att det är rimligt att KBS-3 utformningen utgör huvudalternativ och referenssystem i det fortsatta utvecklingsarbetet.

I regeringens beslut från maj 1995 angavs bl.a. att "SKB har på ett utförligt sätt redovisat sin syn på kriterier och metoder för att finna en från olika utgångspunkter lämplig lokalisering av djupförvaret. De lokaliseringsfaktorer och kriterier som SKB anger bör enligt regeringens uppfattning vara en utgångspunkt för det fortsatta lokaliseringsarbetet".

Tidpunkten för start av platsundersökningar beräknar SKB nu till tidigast under 1996 vilket innebär en försening med ett par år jämfört med den tidsplan som presenterades i FUD-program 92. Det av SKI och regeringen efterfrågade programmet för platsundersökningar kommer enligt SKB att vara klart i god tid innan dessa startar.

6.2 Etappindelning av djupförvarsprogrammet

Regeringsbeslutet 1995 medför enligt SKB att den etappindelning av djupförvarsprogrammet som ursprungligen planerades (FUD-program 92) behöver revideras. Ny reviderad etappindelning presenteras i FUD-program 95 och omfattar:

- lokalisering (etapp 1)
- detaljundersökning och bygge (etapp 2)
- inledande drift och utvärdering (etapp 3)
- reguljär drift (etapp 4)
- avveckling och förslutning (etapp 5)

ABB Atom AB ifrågasätter varför den inledande driften och utvärderingen av djupförvaret ska vara så omfattande (5-10% av det använda bränslet). ABB Atom föreslår att provdrift med en mindre mängd, ca 50 kapslar, är tillräckligt för att man ska kunna injustera och utvärdera deponeringsproceduren. Matematisk-naturvetenskapliga fakulteten vid Stockholms universitet/SU (Mörner) anser att det föreslagna deponeringsförfarandet, med ett första steg omfattande 5-10% av det använda bränslet, visar att SKB inte längre vågar lita på KBS-metodiken.

SKI finner utifrån föreslagna reviderade etappindelning att det är rimligt att SKB i detta

skede arbetar efter givna förslag och vid ett senare skede anpassar etappindelningen till ev. modifierade behov. SKI menar att SKBs översiktliga tidplan utgör ett naturligt första steg i att styra upp olika etappmål. SKI ser dock framför sig procedurer som kan komma att påverka tidplanen. Beskrivningen av de olika etapperna är dessutom fortfarande mycket schematisk och saknar viktiga delar, t.ex. hur SKB avser att genomföra val av två platser för ytbaserade platsundersökningar, vilka kunskapskrav som skall ställas på förvaret i olika skeden och vad som händer om en plats behöver överges. SKB berör i FUD-program 95 emellertid kortfattat några av dessa osäkerheter i sin tidplan vilket visar att SKB är väl medveten om problemen. SKI vill här endast understryka att tidplanen ej får styra beslutsprocessen eller påverka de krav på resultat som exempelvis behövs för att genomföra en säkerhetsanalys.

6.3 Utförda och planerade undersökningar

6.3.1 Introduktion

SKB sammanställer för närvarande erfarenheter från typområdesundersökningar. Dessa kommer att utgöra ett underlag när SKB utformar sitt platsundersökningsprogram, tillsammans med bl.a. undersökningsresultat från Stripa, Äspölaboratoriet samt erfarenheter från platsundersökningar i Finland och Kanada. I samband med FUD-program 95 ger SKB även en samlad redovisning av landsomfattande översiktsstudier och resultat av genomförda förstudier. Detta kommenteras närmare i det följande (kapitel 6.3.3 respektive 6.3.4).

6.3.2 Säkerhetsrelaterade platsegenskaper

I SKIs yttrande till regeringen (SKI, 1995) över SKBs komplettering till FUD-program 92 framhöll SKI att de lokaliseringsfaktorer och kriterier som SKB anger utgör en lämplig utgångspunkt för det fortsatta lokaliseringsarbetet men att säkerhetskraven fortlöpande behöver *preciseras och kvantifieras*. SKI menar att preciseringen gäller såväl kraven på bergets geokemiska, bergmekaniska och hydrologiska egenskaper som exempelvis avstånd till naturresurser.

SKI kan konstatera, vilket även Sveriges geologiska undersökning (SGU) och Svenska naturskyddsföreningen gör i sin remiss till SKI, att ingen förnyad precisering och kvantifiering presenterats i FUD-program 95. I det platsundersökningsprogram som planeras avser SKB däremot att redogöra för hur väsentlig information om platsvalskriterier kan erhållas. SKI anser att detta är ett mycket viktigt arbete som SKB bör ge högsta prioritet.

I det planerade programmet är det enligt SKIs uppfattning väsentligt att visa vilka viktiga säkerhetsmässiga egenskaper som faktiskt *kan mätas* och hur de *avses att mätas*. SKI vill också framhålla vikten av att de valda platsvalskriterierna skall ge en uppfattning om en viss plats uppfyller de grundläggande säkerhetskrav som härletts från säkerhetsanalyser.

SKI anser liksom Oskarshamns kommun, Lokala säkerhetsnämnderna i Oskarshamn

(LSNO) och Studvik (LSNS) m.fl. att SKB nu bör redovisa vilka egenskaper som kan beläggas i olika skeden av platsundersökningsprogrammet och hur man ämnar ta hand om informationen.

Förvarsdjupets inverkan på förvarsfunktionen

På SKIs anmodan vid granskningen av FUD-program 92 redovisas nu en genomgång av hur förvarsdjupet påverkar förvarsfunktionen. Sammanfattningsvis konstaterar SKB att de fördelar som uppnås med djupare förläggning av förvaret (> 500 m djup) inte uppväger växande svårigheter i form av t.ex. ökade bergspänningar och ökad temperaturgradient.

Av remissinstanserna anser Kungliga vetenskapsakademien (KVA) att en förvaring på ett djup av åtminstone uppåt en kilometer från geovetenskaplig synpunkt är att rekommendera, med hänvisning till risker i samband med framtida nedisning. Liknande argumentation framförs av Uppsala universitet (UU) som menar att ur teknisk och geologisk synvinkel finns det idag inga begränsningar att förlägga ett förvar på 750-1000 m djup. UU anser vidare att SKB bör utvärdera de data som nu föreligger från olika djupundersökningar för att kvantitativt bedöma den ökade säkerheten som ett djupare beläget förvar skulle medföra.

SKI menar att frågan behöver utredas vidare (delvis påbörjat av SKB), t.ex. på vilket sätt ökad temperatur är ett problem, vad följderna blir av högre bergspänningar och högre vattentryck, vad försämrade buffertverkan innebär för säkerheten till följd av ökande salthalt i grundvattnet och större svårigheter med geologisk och hydraulisk karakterisering av aktuella bergvolymmer etc.

6.3.3 Översiktsstudier i nationell skala

Översiktsstudie 95 utgör SKBs samlade redovisning av översiktsstudier i nationell skala i enlighet med regeringsbeslut i maj 1995. Redovisningen bygger enligt SKB i huvudsak på det omfattande bakgrundsmaterial som SKB löpande tagit fram som ett led i det forsknings- och utvecklingsarbete som SKB bedrivit sedan slutet av 1970-talet.

Den sammanfattande slutsats som SKB drar med utgångspunkt från studien är, såsom SKB också tidigare framfört, att det finns många områden i Sverige som synes vara lämpliga för ett djupförvar eftersom det från tillgängliga data inte är möjligt att eliminera mindre lämpliga områden. Områden som är direkt skyddade i lag skall enligt SKB undvikas medan områden av riksintresse i andra sammanhang inte utan vidare kan uteslutas. SKB understryker också att områden som i nationell skala framstår som mindre intressanta inte kan uteslutas eftersom det i den lokala skalan inom ett område kan finnas många intressanta platser som vid generaliseringen i nationell skala kan falla ifrån.

SKB konstaterar ofta i sin Översiktstudie 95 att underlaget i den nationella skalan i det stora flertalet fall är otillräckligt för att kunna dra några slutsatser om lokala förhållanden. Dessa kan enligt SKB klarläggas först i samband med förstudier och senare i samband med platsundersökningar. SKB framför å andra sidan översiktsstudiens roll som underlag för att sätta in kommande platsval i sitt nationella och regionala sammanhang, d.v.s. när

förstudierna och platsundersökningarna påbörjats. I den lokaliseringsprövning som då sker kan Översiktsstudie 95 enligt SKB möjliggöra bedömning om föreslaget platsval ur olika aspekter är acceptabelt och bygger på tillräckligt underlag.

Remissinstansernas synpunkter

Kungliga tekniska högskolan (KTH) anser att Översiktsstudie 95 utgör ett utmärkt underlag vid valet av regionalgeologiska och hydrogeologiska miljöer för s.k. förstudier medan Avfallskedjan är kritisk mot att rapporten publicerats först i december 1995, och därmed ej hunnit ingående granskas och ifrågasätter tillsammans med Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen den låga ambitionsnivån i presentationen och även SKBs trovärdighet.

Naturskyddsföreningen menar att inget nytt angående lokaliseringsfaktorer tillförts i jämförelse med vad som angavs i SKBs komplettering av FUD-program 92. Vidare hänvisar Naturskyddsföreningen och Avfallskedjan till DIALOG-projektes slutsats att "Val av plats för ett slutförvar för använt kärnbränsle måste ske på ett systematiskt sätt och enligt en i förväg redovisad metod" (SKI, 1993). Sveriges geologiska undersökning (SGU) menar att från geologisk-hydrogeologisk synpunkt finns det flera omständigheter som kan tala för att förvaret bör förläggas inom de södra delarna av landet, gärna utmed kustområdena.

KTH menar att Högsta Kustlinjen (H.K) inte kan användas som en lämplig gräns för att ange saltvattenförekomster. SGU anser att djupet till salt grundvatten i relation till markytans höjd över havet (lokala topografiska gradienten) och avståndet till havet skulle i sig kunna vara ett mått på grundvattenomsättningen i ett område. Härvid skulle ett stort djup till salt grundvatten kunna indikera relativt sett högre omsättning och litet djup lägre omsättning. Voss och Andersson, 1991 konstaterar dock att grundvatten på förvarsdjup torde i hög grad vara styrd av regionala förhållanden, förekomst av salt vatten är ingen garanti för stagnant vatten.

SKIs synpunkter

SKB konstaterar att man i nationell skala inte kan redovisa vetenskapliga, tekniska och samhällsliga faktorer med den detaljeringsgrad som är nödvändig för djupförvarets lokalisering. Detta låter sig enligt SKB göras först i samband med mer detaljerade undersökningar. Genom en ändamålsenlig översiktlig studie borde man dock enligt SKI kunna utesluta vissa områden genom att rangordna områden med avseende på gynnsamma och ogynnsamma faktorer. En djupare analys av data samt syntes av hur viktiga faktorer behöver följas upp i mer detaljerade studier bör enligt SKI öka värdet av den genomförda översiktsstudien.

SKI ställer sig också frågande inför SKBs motsägelsefulla budskap såsom det redovisats i Översiktsstudie 95. Det är uppenbart så (enligt SKB) att vald presentationskala är för grov för att vara till någon nämnvärd hjälp i att särskilja lämpliga och mindre lämpliga områden inför en förstudie eller platsundersökning. Även i det omvända fallet borde vald detaljeringsnivå ställa till problem och ej ha avsedd nytta, d.v.s. att använda studien som

underlag för att sätta in en plats i sitt nationella och regionala sammanhang. Enligt SKIs åsikt bör även själva urvalet av faktorer som SKB redovisar i studien diskuterats och motiverats bättre. SKBs studie visar att man inte funnit några viktiga faktorer som i nationell skala begränsar platsvalet. Frågan som kan ställas är om detta beror på urvalet av faktorer eller om skalan för presentationen är lämpligt vald.

I samband med diskussioner med olika kommuner om förstudier avser SKB att utnyttja regionala översikter baserade på bl.a. Översiktstudie 95. SKI stödjer detta men det innebär, som SKB själva konstaterar, att det krävs ytterligare en detaljeringsnivå. SKB bör enligt SKI utreda frågan om det inte finns ett behov av att utnyttja den underlagsinformation som översiktstudien idag baseras på för att bättre illustrera platsvalsfaktorer. Betydelsen och framförallt användbarheten av översiktstudien skulle på detta sätt öka avsevärt. Som noterats ovan är detta ändå ett steg som SKB själva ser framför sig, om än i begränsad omfattning.

SKI har svårigheter att bedöma det underlag som Översiktstudie 95 baseras på, då många av de figurer som finns med bygger på starka förenklingar av ursprunglig information. Kartsammanställningar och figurer ger på grund av detta ett skenbart homogent intryck. Formerna för exempelvis presentationer/statistisk behandling av data kan i vissa fall ifrågasättas. SKI menar att förfarandet medfört att informationsvärdet i data förlorats, genom att redovisa dessa i grovt förenklade kartor eller genom en i vissa fall svår-förståelig statistisk bearbetning. Som exempel kan nämnas flygmagnetiska data.

SKI efterlyser också en belysning av de osäkerheter och begränsningar som databaserna för t.ex. geologiska, hydrogeologiska, kemiska och geofysiska data är behäftade med. SKI anser att inga långtgående slutsatser kan dras utgående från databaserna innan osäkerheter och begränsningar i dessa och underlaget redovisas.

Avsaknaden av en djupare analys av vilken upplösning en studie i nationell skala bör ha kan enligt SKI vara en bidragande orsak till att studien i sin nuvarande form och omfattning har begränsad användbarhet. SKI bedömer att kvaliteten på dataunderlaget bör tillåta mer djupgående analyser och slutsatser än de som redovisas i översiktsstudien.

SKI anser till exempel att SKB även borde ha redovisat t.ex. fördelning av in- respektive utströmningsområden, konsekvenser av kustnära respektive inlandsförläggning av förvaret samt för- och nackdelar med lokalisering i södra respektive norra Sverige. Genom att mer sammanhållet diskutera frågor som kan ha betydelse ur ett säkerhetsanalytiskt perspektiv (eller i samband med alternativa lokaliseringar) fokuseras studien på viktiga frågor som har betydelse i beslutsprocessen, vilket enligt SKIs åsikt bör väsentligt öka värdet och intresset för studien.

SKI avser att ta upp en diskussion med SKB hur översiktsstudien kan kompletteras och uppdateras för att studien ska få det innehåll och den funktion som enligt SKI vore önskvärd. En viktig del i dessa diskussioner är målet med översiktstudien och dess roll i SKBs lokaliseringsprogram. Utfallet av diskussionerna bör vara styrande för ambitionsnivån och de krav som kan ställas på innehållet i en uppdaterad översiktsstudie.

6.3.4 Utförda och planerade förstudier

Mål med förstudier

I en förstudie utreder SKB möjligheterna till lokalisering av ett djupförvar inom en kommun som visat intresse för att få en förstudie genomförd. Studien skall enligt SKB ge ett brett faktaunderlag för inblandade parter.

Förstudierna ska ge svar på frågor som :

- Vilka är de allmänna förutsättningarna för lokalisering av ett djupförvar till kommunen ?
- Var kan det finnas lämpliga platser för ett djupförvar med hänsyn till geovetenskapliga och samhällsliga förhållanden ?
- Hur kan transporten ordnas ?
- Vilka är de viktiga miljö- och säkerhetsfrågorna ?
- Vilka kan konsekvenserna bli (positiva och negativa) för miljö, ekonomi, turism och annat näringsliv inom kommunen och regionen ?

Redovisningar som slutförts i Storuman och Malå kommun och de som pågår i Nyköpings och Östhammars kommun baseras huvudsakligen på befintligt material.

Förstudie i kommunskala

SKB anser att genomförda och pågående förstudier (Storuman, Malå, Nyköping, Östhammar) visar att en yta av storleksordningen en kommun ofta kan vara en lämplig utgångspunkt för en översiktlig genomgång av en regions förutsättningar för lokalisering av ett djupförvar. I kommunskala finns ofta heltäckande *men* ändå relativt detaljerade geologiska kartor utöver flyggeofysiska och andra geovetenskapliga kartor.

Förstudie Storuman

Den allmänna slutsatsen som SKB drar av förstudien i Storuman är att det finns goda tekniska förutsättningar att lokalisera, bygga och driva ett djupförvar i kommunen. Baserat på förhållanden i markytan har förstudien identifierat två områden, bestående av homogen sprickfattig granit, i den östra delen av kommunen som kan ha bra förutsättningar för ett djupförvar. Områdena (Joran där ca 90 km² avgränsats och Lumsen) anses dessutom inte beröras av några hinder för lokalisering med avseende på markanvändning och miljö.

Remissinstansernas synpunkter

KTH påpekar att som ytmått är kommunbegreppet irrelevant, då t.ex. Arjeplog och Varbergs kommun knappast är jämförbara i ytstorlek.

KTH ifrågasätter ur vetenskaplig synpunkt starkt SKB-metoden att välja ut områden för förstudier. Andra remissinstanser som ifrågasätter metodiken är SGU, SU (Mörner), Naturskyddsföreningen, Avfallskedjan och Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen.

SKIs synpunkter

Beträffande tillgängligt kartunderlag i en kommun vill SKI betona att detta kan vara av mycket varierande kvalitet beroende på när materialet togs fram och för vilket syfte.

SKI inser att det finns fördelar med att använda sig av den administrativa enheten kommun, framförallt vid bedömningar av konsekvenser på miljö, ekonomi, näringsliv och samhälle, men SKI vill understryka att en god förståelse för de i sammanhanget viktiga geovetenskapliga förhållanden i flera fall kräver geologiska regioner som är betydligt större än kommuner. Detta är dessutom viktigt att påpeka då det enligt SKI (se ovan) är tveksamt om den av SKB framtagna rapporten "Översiktstudie" kan ge den nödvändiga information (koppling kommun till region) som var tanken från början. Kommunerna behöver redan i samband med förstudien placeras i sitt rätta geologiska sammanhang. I fallet Storuman har SKB utfört detta nödvändiga steg (Eliasson och Lundqvist, 1994), men SKI vill understryka vikten av att genomföra detta även för övriga pågående och kommande förstudier.

Att förstudierna konkret pekar ut potentiella förvarsområden anser SKI vara bra. Detta kräver dock enligt SKI att SKB t.ex. genomför en rejäl fältkontroll vid värderingen av den befintliga geovetenskapliga informationen som utgör en viktig lokaliseringsfaktor. Nödvändig tid för denna kontroll bör inrymmas i förstudiearbetet. På detta sätt minskas risken för att ett tidigt beslut baserat på bristfälligt eller felaktigt underlag får stor genomslagskraft i platsvalsprocessen.

Den elimineringsprocess som SKB använt för att identifiera utpekade områden i Storumans kommun föranleder vissa principiella diskussioner. Man kan ifrågasätta om det t.ex. är lämpligt att försöka lokalisera djupförvaret till regioner med malmpotential där faran för mänskligt intrång är uppenbar. Det gäller även omgivande områden/provinser som har förhöjd risk för intrång i samband med prospekteringsverksamhet.

SKI anser att SKB tydligare borde ha redovisat såväl gynnsamma som diskvalificerande faktorer för att bedöma Storuman kommuns lämplighet som djupförvarsplats. Som exempel kan anföras närhet till potentiella ekonomiska fyndigheter, byggbarhet i Revsundsgranit, typiska sprickgeometrier och dess kopplingar till grundvattenflöde etc. Osäkerheterna i den insamlade informationen i studien måste tydligt redovisas, diskuteras och värderas.

6.3.5 Erfarenheter från tidigare och nuvarande planer för platsundersökningar

Tidigare undersökningar

SKB planerar att genomföra en sammanfattande utvärdering av metodik och förvärvad kunskap om förhållanden på 500 m djup i berggrunden från typområdesundersökningar utöver redan redovisade erfarenheter från Stripaprojektet, Äspölaboratoriet och platsundersökningar i Kanada och Finland.

En slutsats som SKB drar, baserat på undersökningar i Sverige, är att lämpliga, resp. mindre lämpliga områden inte kan hänföras till någon speciell landsdel eller någon

speciell geologisk miljö. I SKBs kompletterande redovisning av FUD-program 92 framförde SKB att det finns betydande frihet att finna förvarsområden med utmärkta förhållanden för att isolera det radioaktiva materialet. Det är därför rimligt att vända sig till frivilliga kommuner för att där närmare utreda förutsättningarna för lokalisering av ett djupförvar.

I ovan nämnda komplettering anger SKB en utförlig redogörelse av lokaliseringsprocessen och de generella kriterier som bör ligga till grund för val av plats. Dessutom menar SKB att det finns omfattande erfarenheter av platsundersökningar både i Sverige och utomlands som kan ligga till grund för utformningen av SKBs platsundersökningsprogram.

SKIs synpunkter

SKI håller med SKB om att de samlade erfarenheterna avseende platsundersökningsprogram i Kanada och Finland är värdefulla. Men SKB bör vara försiktig med att dra alltför långtgående slutsatser av utländska erfarenheter vilket även framhålls av Greenpeace. Undersökningarnas omfattning, undersökningsstrategi, använda metoder och utrustning samt konceptuell modellering baseras på rådande geologiska miljöer som är specifika för respektive land. Det är således enligt SKI viktigt att värdera erfarenheterna (inte alltid direkt överförbara) och sätta in dessa i deras rätta sammanhang med avseende på ursprungliga mål och syften relaterat till syftet med SKBs kommande platsundersökningar.

SKI förordar starkt att SKB gör en samlad utvärdering av tillgängliga data från Stripa, Äspö, typområdena, Laxemar etc. *utifrån säkerhetsanalysens krav* i samband med att ett program upprättas och presenteras för myndigheterna innan platsundersökningar påbörjas.

Genomförande av platsundersökningar

Som SKB framhåller innebär en geovetenskaplig platsundersökning insamling av platspecifika data för beskrivning av berggrundens egenskaper och utvärdering av dess lämplighet som slutförvarsplats.

SKB avser att driva de två planerade platsundersökningarna parallellt med ca. ett halvt års förskjutning och ta fram en samlad geovetenskaplig beskrivning av platserna och dess regionala omgivning. Resultatet kommer att presenteras i säkerhetsrapporter inför ansökan om att få påbörja en detaljundersökning. Tillståndsprövning kommer att ske enligt NRL och KTL.

SKIs synpunkter

SKI finner det klagörande att SKB nu anger att en platsundersökning (två undersökningar planeras) börjar när undersökningsborrhål påbörjas i utvalt område. Platsundersökningen skall enligt planerna genomföras i ett inledande- och ett komplett undersökningssteg. Steg ett avser initialt att bekräfta bedömningar från genomförda förstudie (i utvald kommun) och steg två syftar till att bekräfta val av plats genom kartläggning av geologiska, bergmekaniska, hydrologiska och grundvattenkemiska

parametrar.

SKI saknar idag en mer detaljerad plan för hur SKB tänkt sig att välja ut de platser som man avser genomföra platsundersökningar på. Enligt nuvarande tidplan avser SKB att påbörja platsundersökningar under innevarande programperiod, vilket innebär att val av plats för platsundersökningar enligt SKI behöver konkretiseras innan platsvalet startat.

Beträffande föreslagna undersökningssteg när två platser (kommuner) valts ut för platsundersökningar förefaller uppskalningen och planerade insatser vara väl genomtänkta. SKI anser att SKBs förslag har en vettig preliminär struktur men *ett detaljerat platsundersökningsprogram* måste tas fram i god tid innan platsundersökningar påbörjas. Det är SKIs förhoppning att SKB med samlade erfarenheter från undersökningar av typområden, samt Stripa och Äspö har fått den kunskap som krävs för att göra rätt saker på rätt sätt (ordningsföljden) och med rätt utrustning. Detta innebär att mäta, utvärdera och dokumentera det som är viktigt för den långsiktiga säkerheten, d.v.s. en anpassning till säkerhetsanalysens behov. Samordning av olika aktiviteter både tids- och innehållsmässigt behövs för att bl.a. få optimalt kunskapsutbyte, vilket även enligt SKIs uppfattning bör uppmärksammas.

Att driva två parallella platsundersökningar, visserligen med fasförskjutning, kan enligt SKI troligen orsaka problem ur resurssynpunkt för såväl SKB (genomförande) som SKI (granskning).

SKI håller med SKB om att platsundersökningsskedet måste genomföras stegvis och att de resultat som successivt tas fram kan föranleda omvärderingar av såväl intresset av fortsatta undersökningar som inriktningen av dem. I det program för geovetenskapliga platsundersökningar som SKB nu planerar bör bl.a. ingå en konkretisering av inom vilka ramar och på vilka grunder SKB kan tänkas ändra inriktning eller omfång av dessa platsundersökningar.

SKI emotser med stort intresse SKBs kommande program för platsundersökningar och kommer att följa upp detta genom en aktiv diskussion med SKB.

6.3.6 Metoder och instrument

Metodutveckling kommenteras nedan och i kapitel 7.3.1 respektive 7.3.2. SKB anser att man för närvarande har tillgång till väl beprövad teknik och kunnande inför kommande platsundersökningar, men konstaterar också att inom vissa områden pågår eller finns behov av ytterligare utvecklingsinsatser.

SKB planerar nu insatser inom områdena ytgeofysik, inmätning, borrhälsborrning, hydrologisk dokumentation och hydrauliska tester, längdkalibrering av borrhål samt borrhålsgeologi och geofysik.

SKI lämnade en rad synpunkter på metoder och instrument i föregående FUD-program. SKI påpekade bl.a. bristen i att planerad metodutveckling redovisades separat för olika mätmetoder utan att diskutera vad som är viktigt att mäta eller med vilken precision olika

parametrar måste fastställas. Viktiga utvecklingsbehov förbisågs därmed vilket t.ex. innebar att konkreta program saknades för detektion av flacka zoner och in-situ bestämning av bergstabilitet. SKI ansåg vidare att ett omfattande arbete kvarstår för att verifiera de olika mätmetodernas användbarhet. SKI framhöll även att förutom redovisad instrumentutveckling, bör SKB i högre grad satsa på att utveckla och utvärdera tolkningsmetodik för olika mätmetoder.

SKI kan konstatera att SKB i sitt nuvarande program tagit hänsyn till en hel del av SKIs synpunkter, men att vissa insatser fortfarande återstår att genomföra.

Ytgeofysik

SKI finner det tillfredställande att SKB hörsammat de synpunkter som framfördes vid granskningen av föregående FUD-program med satsning på metoder för identifiering av flacka zoner och förbättrad tolkningsmetodik.

Inmätning

I samband med SKIs säkerhetsanalys SITE-94 har vissa brister i dataunderlaget för Äspödata från förundersökningsskedet påvisats. Därför välkomnar SKI att SKB nu utvecklar bättre metoder för inmätning. Detta gäller såväl längdkalibrering av borrhål som att förbättra noggrannheten för t.ex. positionsangivelser genom utnyttjande av Global Positioning System (GPS). Betydelsen av exakt inmätning av mätpunkter är uppenbar där exakt koordinatsättning i borrhål kräver stor noggrannhet både vad gäller inmätt borrhålskrökning och inmätt djup (borrhålslängd) till mätpunkten. Följdanalyser som t.ex. multivariatanalyser kräver också stor noggrannhet för att ge ett vettigt resultat.

Borrteknik och tester under borrhning

Borrhning genom svaghetszoner kräver enligt SKB teknikförbättring eftersom stabiliserande tillsatser (cement m.m.) till spolvattnet stör/påverkar grundvattenkemin i borrhålets omgivning och därför *ej kan accepteras* vid borrhning i en platsundersökning.

Hydrauliska tester och vattenprovtagning under borrhning har provats av SKB under Äspöprojektets förundersökning. Man har då funnit ett behov av teknikförbättring särskilt vid vattenprovtagning där ostörda prover eftersträvas.

Som SKI tidigare påpekat varierar kvaliteten på tagna grundvattenprover, vilket SKI anser kan bero på bristande samplanering av grundvattenprovtagning och övriga borrhålsaktiviteter. Bl.a. har pumptester, diverse loggningar och hydrauliska tester genomförts före grundvattenprovtagningen, vilket försvårat utvärderingen av grundvattenkemin. Det är därför angeläget att SKB genomför förbättringsåtgärder för att eliminera problemen med störda prover i samband med borrhning.

Det är bra att SKB planerar metodutveckling av stabilitetsförbättrande teknik vid genomborrhning av större svaghetszoner. SKBs höga målsättning att kunna stabilisera borrhål utan att täppa igen borrhålsväggarna eller på ett avgörande sätt påverka borrhålets hydrauliska egenskaper stöds helt och fullt av SKI med tanke på det stora behovet av data från hydrauliskt viktiga zoner.

Hydrologisk dokumentation, hydrauliska tester och spår försök

SKBs planerade teknikutveckling inom detta område verkar väl motiverade och SKI stödjer SKBs ambition att förbättra undersökningsprogrammet med avseende på mätdatas representativitet.

SKI bedömer att småskaliga välkontrollerade experiment, av den typ som utvecklas av SKB inom Äspöprojektet, kommer att vara en viktig del av ett detaljundersökningsprogram. SKI vill dock uppmana SKB att i större utsträckning även planera för användning av olika typer av spår försök i ytbaseerade platsundersökningar. SKI anser att ett väl genomtänkt program för spår försök, genomförda i olika skalor, kan ge viktig information för verifiering av den geologiska och hydrologiska platsbeskrivningen t.ex. vad gäller konnektivitet och transportparametrar som behövs för säkerhetsanalysen.

Borrhålsgeologi och geofysik

SKB arbetar med att ta fram nya rutiner för borrhålsgeologisk dokumentation där kärnkartering och geofysik integreras. Den kommer i huvudsak att baseras på SKBs nya borrhåls-TV-system. Denna integrerade tolkning välkomnas, men bör enligt SKI även omfatta borrhålsradar för att i ett senare skede bidra till 3D modellering.

SKB behöver enligt SKI även ta fram bättre rutiner för kartering/klassificering av borrhålsradar och kartering av tunnlar för att få konsistens mellan olika kartörer.

SKI anser också att SKB bör klargöra hur omfattande kunskaper/information beträffande mineralogi, sprickmineral, mineralomvandling etc. som behöver tas fram i form av indata för tillämpning inom säkerhetsanalysen.

SKI är medveten om att bergets egenskaper är mycket heterogena, vilket innebär att en "fullständig" karakterisering inte låter sig göras ens vid en detaljundersökning. Det är dock ytterst angeläget att metoder utvecklas och tillämpas som så långt som möjligt kan mäta de parametrar som är av betydelse för förvarets långsiktiga säkerhet.

Andra metoder/försök

Uppsala universitet föreslår instrumentutveckling vid Äspölaboratoriet för att ta fram utrustning för mätningar i förvaret efter förslutning t.ex. temperatur, pH och konduktivitet som kan ge möjligheter till övervakning och indikeringar om läckage.

Otto Brotzen föreslår i en skrivelse till SKI olika långtidsförsök med syftet att uppnå verklig kontroll och övervakning i förvaret. Genom dessa försök skulle man enligt Brotzen kunna visa att nukliderna under långa tider stannar i kapslarna eller i deras närområde.

SKI håller med Brotzen om att SKB måste utveckla metoder (upprepade spår försök) för att karakterisera "bra berg" redan i platsundersökningsskedet, men ett stort problem är att verkligen genomföra kontrollerade spårämnesförsök i lågkonduktivt berg. SKI delar också åsikten att SKB i större utsträckning bör utvärdera mineralogi-, geokemi- och isotopdata för att bygga upp kunskap om långsiktiga kemiska förändringar av betydelse för bergets förmåga att kvarhålla radionuklider. SKI ser därför positivt på det arbete som

påbörjats inom det paleohydrologiska programmet.

6.3.7 Hantering och bearbetning-kvalitetssäkring av data

SKB har sedan flera år samlat geologiska platsdata i sin databas benämnd GEOTAB. Uppenbara brister och förändrade krav har motiverat en nyutveckling av databasen (SICADA). Centrala krav för den nya databasen är att såväl inlagring som uttag av data skall kunna göras på ett effektivt sätt samt att databasen skall uppfylla höga kvalitets- och spårbarhetskrav.

SKI har i sin säkerhetsanalys SITE-94 identifierat vissa brister i data som insamlats från förundersökningarna på Äspö (Geier et al., 1996). Några exempel som påtalats av författarna är brister beträffande: geokemiska provtagningsrutiner, dokumentation av mätprocedurer och tolkningar av mätdata, positionsangivelser samt kvalitetskontroll av dataöverföring från fält till databaser. SKI ser därför positivt på att SKB nu fortsätter sitt arbete med att ta fram förbättrade rutiner och på att kvalitetsäkra insamlade data.

SKI vill inför planerade platsundersökningar uppmana SKB att ta fram väl genomarbetade rutiner för datainsamling och tydligt definiera använd nomenklatur för olika geologiska parametrar som t.ex. bergartsomvandlingar, sprickklassificering och beskrivning av sprickfyllnader. SKI anser också att en plan borde ingå för att hantera förändringar i redan insamlade och existerande data som beror på ändrad klassificering eller övergång till ny nomenklatur.

För att effektivisera sitt modelleringsarbete utvecklar SKB nu ett datorbaserat visualiseringsverktyg som i grunden bygger på en 3D CAD-programvara för iterativ användning. SKI finner det tillfredställande att SKB utvecklar metoder för visualisering av modeller och inser fördelen med att succesivt tillföra nya data för modellrevidering, borrhålsutsättning och alternativa förvarslayouter (kommentas även i kapitel 7.3.2) Introduktionen av visualiseringssystem kommer enligt SKI att framöver ställa krav på goda CAD-kunskaper hos användarna.

6.4 Projektering, bygge, drift och förslutning av djupförvaret

6.4.1 Projektering

Projekteringen av djupförvaret syftar till att uppnå optimal funktion med hänsyn till säkerhet, miljö och teknik. Projekteringsarbetet baserar SKB på erfarenheter från kärntekniska anläggningar och undermarksprojekt, dock krävs här särskilda insatser på grund av djupförvarets speciella karaktär.

Förutsättningar

Projekteringsplanen av djupförvaret baserar SKB på ett antal förutsättningar som tekniska principer och krav på förvaringsplatsen. Beträffande tillredning med konventionella metoder avser SKB (troligen) konventionell borring/sprängning, fullortsborring, stigortsborring och omvänd stigortsborring för deponeringshål medan konventionella

byggmaterial (antagligen) åsyftar material för bergförstärkning som nät, bultar och injekteringsmedel.

SKI menar i likhet med SKB att vid projekteringen är det med hänsyn till förvarets livslängd av största vikt att välja lämpliga system/systemfunktioner och material som är av betydelse för såväl kort- som långsiktig säkerhet. I samband med drift och förslutning är det likaså viktigt att eventuellt kvarlämnade installationer inte äventyrar eller påverkar förvarets kemiska miljö.

Planerade projekteringsinsatser fram till ansökan om lokalisering och utbyggnad för detaljundersökning

I projekteringen av djupförvaret har SKB valt att utreda tekniska dellösningar i form av tio olika moduler där en principskiss bl.a. visar deponeringsområdet för annat långlivat avfall (SFL 3-5).

SKI vill här betona att placeringen av denna del inte får vara sådan att ogynnsam inverkan kan ske på SFL 2 så att dess barriärfunktion störs. SKB är medveten om detta och säger också att SFL 3-5 bör förläggas på ett sådant avstånd till förvaret för det använda kärnbränslet att de stora mängderna betong i enheterna för annat långlivat avfall inte stör de kemiska förhållanden i området för det använda kärnbränslet.

6.4.2 Anläggningsutformning och byggmetoder

Anläggningsutformning

I tre rapporter över anläggningsbeskrivningar (Pettersson m.fl. 1993) redovisar SKB krav och principer för förvarets funktioner utgående från generella förutsättningar med tre principiellt olika nerfartssystem: rak ramp, schakt och spiralramp. Hela förvaret antas byggas i ett plan med alternativa kapselplaceringar i deponeringstunnlarna; antingen horisontellt med hål åt två håll eller med två kapslar i varje vertikalt hål (Jansson, 1993).

SKI anser att teknik för horisontell deponering och relaterad maskinutveckling bör prövas i Äspölaboratoriet. Deponering av två kapslar i varje vertikalt hål kan komma att kräva andra dimensioner på bentonitblock i hålbotten och mellan kapslarna för att förhindra kapselrörelser.

Ett alternativ till förvarsutformning som SKB omnämnt tidigare är att djupförvaret byggs i två plan. SKI menar att detta alternativ borde utredas igen och ställas i relation till förvar i ett plan. Ur bergmekanisk synpunkt vore det högst intressant att få svar på om något av alternativen är att föredra i stabilitetshänseende i ett längre tidsperspektiv (framtida glaciationer).

Byggmetoder

SKB menar att bygge, drift och förslutning av djupförvaret till betydande del kan utformas utifrån känd teknik och erfarenheter som finns dels inom kärnkraftindustrin dels från arbeten med undermarksanläggningar. Tekniken behöver emellertid anpassas eller utvecklas med hänsyn till de krav och förhållanden som gäller för djupförvaret. Kunskapsluckor finns dock enligt SKB beträffande olika byggmetoders för- och nackdelar

med avseende på förvarets funktion efter förslutning.

Erfarenheter från mekaniserad brytning i kristallint berg har SKB fått från TBM-borrning och stigortsborrning på Äspö (SKB, 1995,). I Finland (Olkiluoto) har omvänd stigortsborrningsmetodik använts för borrning av deponeringshål. Erfarenheterna hittills (TVO) antyder att metodiken är långsam och således ännu inte kostnadseffektiv.

SKB menar, vilket även SKI instämmer i, att principen och tillämpad metodik för borrning av vertikala deponeringshål förefaller att fungera tekniskt och verkar därför vara värd att utveckla vidare för borrningar av såväl vertikala som horisontella deponeringshål i Äspölaboratoriet. TBM-borrning på Äspö kommenteras i kapitel 7.

Injektering

SKB framhåller att praktiska injekteringsarbeten främst baseras på erfarenheter och i mindre omfattning på teoretiska kunskaper varför kunskapen behöver fördjupas (Pusch, 1992, Stille m.fl. 1992 och 1994). Beträffande materialkrav prioriterar SKB snabb härdning och hög hållfasthet för injekteringsmedlet framför begränsad kemisk påverkan på djupförvaret.

SKIs konsult Bergab (Palmqvist, 1996) menar att med hänsyn till att kriterierna för en acceptabel modell för bruksåtgång, inträngning av injekteringsmedel och spricköppning kan ifrågasättas bör uppnådda modelleringsresultat (Stille m.fl. 1994) tolkas med största försiktighet. Palmqvist menar vidare att de presenterade modellerna f.n. kan utgöra ett underlag för att analysera betydelsen av de faktorer som bör beaktas snarare än ett tillförlitligt instrument för prediktioner.

Norska forskare (Kjörholt och Nilsen, 1994) menar att alternativa injekteringsmedel behöver testas liksom alternativa härdare. De menar vidare att ett klassificeringssystem för injektering måste vara praktiskt användbart och att teoretisk utveckling och testning i fält bör ske iterativt under varierande förhållanden.

SKI delar i stort Bergabs och norrmännens synpunkter. SKI anser det också som viktigt att SKB fördjupar kunskapen om injekteringsbrukets beständighet och långtids-egenskaper och dess eventuella påverkan på djupförvarets kemi som negativt kan inverka på förvarets långsiktiga säkerhet. SKI menar också att SKBs modelleringsintentioner och planerade verifiering avseende injektering i Äspölaboratoriet är lovvärda.

6.4.3 Utveckling av utrustning och applicering av buffert

Utveckling av maskiner och utrustningar

De flesta arbetena i djupförvaret kan enligt SKB utföras med maskiner eller utrustningar som finns på marknaden i *standardutföranden* med krav på viss modifiering och eventuell prototyputprovning. Exempel på maskinbehov under den närmaste sexårsperioden är modifierad TBM-utrustning för tunnlar och deponeringshål, truckar, spel i schakt, lyftok samt transport och deponeringsfordon för använt bränsle och bentonit.

SKI kan konstatera att ett betydande maskinutvecklingsbehov föreligger varför det nu är

angeläget att komma igång med arbetet för att kunna prova framtagna prototyper i Äspölaboratoriet.

Applicering av buffert och återfyllning

SKI rekommenderade SKB i förra granskningen att snarast komplettera sitt program med en plan för hur det teknikinriktade utvecklingsarbetet kring buffert och återfyllning skall bedrivas.

SKBs planer (och delvis påbörjade försök) redovisas nu i två underrubriker i kapitel 9 i FUD-program 95: utveckling av metod för pressning av bentonitblock och utveckling av metod för återfyllning. Blockpressningstekniken innefattar initialt enaxlig pressning av stora (ca 1 m diam.) block och fortsatt utredning av den vid Stripaförsöken använda isostatpressningstekniken.

Buffertegenskaperna hos blocken av grovkornig bentonit framställda med tillämpad metodik anser SKB vara lika goda som hos block som pressats av bentonitpulver. SKI menar att detta arbete måste utvecklas ytterligare för att ge bekräftelse på att tillräckliga buffertegenskaper ur ett långsiktigt säkerhetsperspektiv kan uppnås.

Vid planerade återfyllningsförsök i full skala på Äspö avser SKB att använda okrossade och krossade TBM-massor. De krossade massorna kommer även att uppblandas med varierande mängd bentonit. Den hydrauliska konduktiviteten för bergkrossen förväntas understiga 10^{-9} m/s, vilket motsvarar vattengenomsläppligheten i relativt sprickfattigt berg. Kompaktering med vibratorpackningsteknik skall ske av såväl horisontellt som lutande lager. På grund av svårigheter med effektiv kompaktering av återfyllnadsmaterial mot tunneltaket i Stripaförsöken är det enligt SKIs uppfattning angeläget att SKB fortsätter att utveckla denna teknik i Äspölaboratoriet (se kapitel 7.3.4 för ytterligare kommentarer).

6.4.4 Förslutning, övervakning och återtag

Metoder för pluggning av tunnlar och borrhål har provats bl.a. i Stripa, Ranstad och SFR. SKB ställer fyra olika krav på förslutning och pluggning varav tre krav berör begränsning/ förhindrande av vattenflöde/strömning i djupförvaret. Sexårsprogrammet (1996-2001) beskivs i fem underrubriker: tätning av tunnel, begränsning av det axiella flödet i den störda zonen, tätning mot sprickzoner, pluggar mot markytan och pluggning av borrhål. De två första underrubrikerna berör planerade Äspöförsök.

Under tre av ovanstående rubriker talar SKB om betydelsen av långtidsbetändighet och tätningsförmåga hos valda materialkvaliteter och dess kemiska påverkan på omgivningen. SKI tycker det är bra att SKB fäster stor vikt vid de säkerhetsmässiga aspekterna beträffande materialkvaliteter men saknar en mer detaljerad tidplan när vissa resultat behöver ha uppnåtts.

Övervakning planeras ske som vid andra kärntekniska anläggningar. Program planeras för att mäta tryck, temperatur, fukthalt, eventuell strålnivå etc. i deponeringshål och i

deponeringstunnlar med teknik som utvecklas på Äspö. SKB utarbetar nu metoder för fullständig återfyllning och förslutning av förvaret (se kapitel 7 Äspölaboratoriet för kommentarer).

Möjlighet till reversering av deponeringsprocessen ingår i SKBs planering. SKI förutsätter att SKB planerar och konstruerar maskinutrustning för eventuellt återtagande av deponerade kapslar eftersom SKBs trovärdighet annars skulle kunna ifrågasättas beträffande såväl avsikt som förmåga att vid behov återta kapslar.

6.5 Transporter till djupförvaret

6.5.1 Inledning

Transporterna från den planerade inkapslingsanläggningen vid CLAB till djupförvaret avser SKB att utföra med uteslutande konventionell teknik. En säkerhetsredovisning skall enligt planerna tas fram som en del av miljökonsekvensbeskrivningen för djupförvaret. SKB planerar ingen egentlig forskning beträffande transporter under de närmaste åren.

En utvecklingsinsats som SKB planerar är att modifiera referens-transportbehållaren, så att den anpassas till det senaste konceptet för kapslarna. SKB har för avsikt att genomföra studien under den kommande treårsperioden.

I samband med förstudierna av inlandskommunerna Storuman och Malå har SKB aktualiserat och utrett transportfrågorna. Utredningarna har inkluderat godstyper, godsmängder, transportsätt, transportvägar och säkerhetsfrågor.

6.5.2 Godstyper och godsmängder

Transportsystemet skall hantera två skilda typer av gods, tunga enheter med inkapslat bränsle och annat långlivat avfall samt massgods i form av bentonit och eventuellt sand. Totalt antal enheter till förvaret beräknar SKB till ca. 300 st per år. De största godsmängderna som skall transporteras till djupförvaret kommer emellertid att utgöras av ca. 15 000 ton bentonit per år. Beroende på val av återfyllnadsmaterial kan även 45 000 ton sand behöva transporteras till djupförvaret.

SKI menar att båda godstyperna kommer att kräva speciella täckta vagnar för att förhindra att godset påverkas/kontamineras före användning i förvaret.

6.5.3 Transportsätt och transportsäkerhet för radioaktivt material

Transporten från den planerade inkapslingsanläggningen sker med fartyg till en lämplig hamn för vidare landtransport till djupförvaret. Transporten från hamnen till djupförvaret sker med järnväg (som byggs för högre axellaster) eller på väg. För att slippa omlastningar är det enligt SKB en fördel om samma transportsätt används på hela sträckan, vilket SKI kan hålla med om.

Bränsleelementen kommer att inneslutas i kapslar som är helt täta. Transport skall ske i strålskärmda behållare för att avskärma strålning från bränslet ut genom kapseln. Transportbehållarna med kapsel (vikt 50-70 ton) ger samtidigt ett kraftigt mekaniskt skydd för kapslarna under transporten.

Transportbehållarna konstrueras i enlighet med de krav som ställts upp av IAEA. Detta innebär att de skall dels skydda den inneslutna kapseln mot skador, dels skärma av den strålning som avges från den, så att behållaren kan hanteras vid lastning och lossning. Säkerheten under transportererna mellan inkapslingsanläggning och djupförvar inriktas enligt SKB på nedanstående

- risken att det inträffar olyckor och incidenter under transporten skall minimeras,
- om en olycka av något slag trots allt inträffar, skall den inte orsaka frigörelse av radioaktivt material,
- strålningsnivåerna på transportbehållarnas utsida skall ligga under gällande gränsvärden så att de kan hanteras utan risk för personalen.

Genom att åstadkomma detta försäkrar man sig om att transportererna inte medför någon fara för omgivningen i närheten av förvaret eller längs de transportvägar som används. En del av säkerheten i transportererna utgörs av det s.k. fysiska skyddet, som syftar till att förhindra stöld och avsiktlig åverkan på behållarna.

Hantering i *förvaret* ställer andra krav jämfört med transporten från inkapslingsanläggningen till djupförvaret. Det bör vara av intresse för SKB att utröna det som kommer att bli specifikt för hantering inom djupförvaret inte minst vid eventuella framtida återtaganden av kapslarna.

6.6 Driftsäkerhet och icke spridning av kärnvapen

SKI vill betona att kontrollen för att säkerställa Sveriges icke-spridningsåtagande har i och med Sveriges EU-medlemskap inneburit att Euroatomavtalet trätt i kraft och som framgår av texten medfört kontroll från EU-kommissionens kontrollorgan Euroatom. Men det nationella ansvaret kvarstår och SKI kommer som tidigare att genomföra frekventa och ibland oanmälda kontroller/inspektioner.

Sverige har initierat arbetet med frågan rörande aspekter för icke spridning av kärnvapen vid slutförvaring av bränsle. Arbetet pågår och både SKB och SKI är involverade.

6.7 Sammanfattande bedömning

SKBs översiktliga tidplan och etappindelning utgör ett naturligt första steg i att styra upp olika etappmål, men SKI ser framför sig procedurer som kan komma att påverka tidplanen. SKI vill dock understryka att tidplanen måste vara underställd tidsbehovet för en bra beslutsprocess och ej påverka de krav som har formulerats genom exempelvis

säkerhetsanalysen.

SKI anser dock att de planer som SKB redovisar, efter vissa kompletteringar, kan utgöra en utgångspunkt för att gå vidare med planeringen för lokalisering av djupförvaret. SKB bör dock vara medveten om att mycket arbete återstår med konkretisering av planerna innan djupförvarsprojektet kan inledas. Exempelvis anger inte SKB hur man tänker genomföra val av två platser för ytbaserade platsundersökningar, vilka kunskapskrav som kommer att ställas på förvaret och vad som händer om en plats behöver överges.

SKB har valt frivilliglinjen i sin strävan att finna en lämplig plats att slutförvara det högaktiva kärnavfallet. Denna inriktning är omtvistad och har även ifrågasatts av ett stort antal remissinstanser som efterlyser en process baserad på (geo)vetenskaplig grund utgående från ett nationellt perspektiv.

6.7.1 Genomförda och planerade undersökningar

SKI anser att förvarsdjupets inverkan på förvarsfunktionen behöver utredas vidare, t.ex. varför ökad temperatur är ett problem, vad följden blir av högre bergspänningar och högre vattentryck, vad försämrade buffertverkan innebär för säkerheten till följd av ökande salthalt i grundvattnet och om det blir större svårigheter med geologisk och hydraulisk karakterisering av aktuella bergvolymmer.

Beträffande översiktsstudien anser SKI att SKB genom en ändamålsenlig studie borde ha kunnat eliminera vissa områden genom att rangordna dessa med avseende på gynnsamma och ogynnsamma faktorer ur ett vetenskapligt, tekniskt och samhällligt perspektiv.

SKI anser också att kvaliteten på dataunderlaget bör tillåta mer djupgående analyser och slutsatser än de som redovisas i översiktsstudien. Avsaknaden av en djupare analys av vilken upplösning en studie i nationell skala bör ha kan enligt SKI vara en bidragande orsak till att studien i sin nuvarande form och omfattning har begränsad användbarhet.

SKI anser att en djupare analys av data samt en synsats av hur viktiga faktorer behöver följas upp i mer detaljerade studier borde ha gett ett större utbyte av översiktsstudien. Detta är ändå ett steg som SKB själva ser framför sig, om än i begränsad omfattning.

SKI anser dessutom att SKB i studien borde ha redovisat t.ex. fördelning av in- respektive utströmningsområden, konsekvenser av kustnära respektive inlandsförläggning av förvaret samt för- och nackdelar med lokalisering i södra respektive norra Sverige. Genom att mer sammanhållet även diskutera frågor som kan ha betydelse ur ett säkerhetsanalytiskt perspektiv (eller i samband med alternativa lokaliseringar) och fokusera studien på viktiga frågor som har betydelse i beslutsprocessen skulle värdet av studien väsentligt ha ökat .

Beträffande förstudier i kommuner inser SKI att det finns fördelar med att använda sig av den administrativa enheten kommun, framförallt vid bedömningar av konsekvenser på miljö, ekonomi, näringsliv och samhälle, men SKI vill understryka att en god förståelse för de i sammanhanget viktiga geovetenskapliga förhållanden i flera fall kräver

geologiska regioner som är betydligt större än kommuner.

Beträffande förstudien i Storuman anser SKI att SKB tydligare borde ha redovisat såväl gynnsamma som diskvalificerande faktorer för att bedöma kommunens lämplighet som djupförvarsplats. Som exempel kan anföras närhet till potentiella ekonomiska fyndigheter, byggbarhet i Revsundsgranit, typiska sprickgeometrier och dess kopplingar till grundvattenflöde etc. Osäkerheterna i den insamlade informationen i studien måste tydligt redovisas, värderas och diskuteras.

SKI kan konstatera att ingen precisering och kvantifiering av kriterier och platsvalsfaktorer presenterats i FUD-program 95. I det platsundersökningsprogram som planeras avser SKB däremot att redogöra för hur väsentlig information om platsvalskriterier kan erhållas. SKI anser detta vara ett viktigt konstaterande som SKB bör ge högsta prioritet.

SKI saknar idag en mer detaljerad plan på hur SKB tänkt sig att välja ut de platser som man avser att genomföra platsundersökningar på. Enligt nuvarande tidplan skall SKB påbörja platsundersökningar under innevarande programperiod, vilket innebär att val av metodik för platsundersökningar enligt SKI behöver konkretiseras innan platsvalet startat.

Beträffande föreslagna undersökningssteg när två platser (kommuner) valts ut för ytbaseerade platsundersökningar förefaller uppskalningen och planerade insatser vara väl genomtänkta. SKI menar att SKBs förslag har en vettig preliminär struktur men *ett detaljerat platsundersökningsprogram* måste tas fram i god tid innan platsundersökningar påbörjas.

Det är SKIs förhoppning att SKB med samlade erfarenheter från undersökningar av typområden, Stripa och Äspö har skaffat den kunskap som krävs för att göra rätt saker på rätt sätt (ordningsföljden) och med rätt utrustning. Detta innebär att mäta, utvärdera och dokumentera det som är viktigt för den långsiktiga säkerheten, d.v.s. en anpassning till säkerhetsanalysens behov. Samordning av olika aktiviteter både tids- och innehållsmässigt behövs för att bl.a. få optimalt kunskapsutbyte, vilket även enligt SKIs uppfattning bör uppmärksammas i programmet.

SKI anser att aktiva välkontrollerade experiment, av den typ som utvecklas av SKB inom Äspöprojektet, är en viktig del av ett detaljundersökningsprogram. Dessutom bör SKB även planera för att använda spår försök i platsundersökningar för att verifiera hydrologiska zoner och transportparametrar samt för att verifiera konnektivitet mellan förekommande zoner.

SKI är medveten om att bergets egenskaper är mycket heterogena, vilket innebär att en "fullständig" karakterisering inte låter sig göras ens vid en detaljundersökning. Det är dock ytterst angeläget att metoder utvecklas och tillämpas som så långt som möjligt kan mäta de parametrar som är av betydelse för förvarets långsiktiga säkerhet.

6.7.2 Bygg- och driftrelaterade insatser

SKI anser att teknik för horisontell deponering och relaterad maskinutveckling bör prövas i Äspölaboratoriet. Deponering av två kapslar i varje vertikalt hål kan komma att kräva andra dimensioner på bentonitblock i hålbotten och mellan kapslarna för att förhindra kapselrörelser.

SKI anser också att principen och den tillämpade metodiken för borring (fullborring) av vertikala deponeringshål förefaller att fungera tekniskt och kan därför vara värd att utveckla vidare i Äspölaboratoriet.

Ett alternativ till förvarsutformning som SKB omnämnt tidigare är att bygga djupförvaret i två plan. SKI anser att detta alternativ borde utredas igen och ställas i relation till förvar i ett plan. Ur bergmekanisk synpunkt vore det högst intressant att få svar på om något av alternativen är att föredra i stabilitetshänseende i ett längre tidsperspektiv (framtida glaciationer).

Beträffande injektering anser SKI det angeläget att SKB fördjupar kunskapen om injekteringsbruks beständighet och långtidsegenskaper och dess eventuella påverkan på djupförvarets kemi som kan ha betydelse för förvarets långsiktiga säkerhet.

Buffertegenskaperna hos block av grovkornig bentonit framställda med tillämpad metodik (isostatpressning) anser SKB vara lika goda som hos block som pressats av bentonitpulver. SKI anser att detta arbete måste utvecklas ytterligare för att få en bekräftelse på att tillräckliga buffertegenskaper ur ett långsiktigt säkerhetsperspektiv uppnås.

Vid planerade återfyllningsförsök i full skala på Äspö avser SKB använda okrossade och krossade TBM-massor. P.g.a. svårigheter med effektiv kompaktering av återfyllnadsmaterial mot tunneltaket i Stripaförsöken är det enligt SKIs uppfattning angeläget att SKB fortsätter att utveckla denna teknik i Äspölaboratoriet.

Möjlighet till reversering av deponeringsprocessen ingår i SKBs planering. SKI förutsätter att SKB planerar och konstruerar maskinutrustning för eventuellt återtagande av deponerade kapslar eftersom SKBs trovärdighet annars skulle kunna ifrågasättas beträffande såväl avsikt som förmåga att vid behov återta kapslar.

7 ÄSPÖLABORATORIET

7.1 Bakgrund

I detta kapitel kommenterar SKI kapitel 12 och kapitel 8.2.2 i SKBs FUD-program 95.

En sammanvägning av de fakta, krav och värderingar som gjordes av SKB vid utarbetandet av FoU-program 86 ledde bl.a. till förslaget om att bygga ett underjordiskt berglaboratorium i Sverige. De flesta remissinstanser ställde sig positiva till förslaget. Statens kärnbränslenämnd (SKN) ansåg att det fanns tillfredsställande skäl att anlägga ett berglaboratorium, men saknade då tillräckligt geovetenskapligt underlag för att bedöma lokaliseringen till Simpevarp och Äspö.

7.1.1 SKBs arbeten

Arbetet med berglaboratoriet indelades i tre skeden: förundersöknings-, anläggnings- och driftsskedet. Under förundersökningsskedet, 1986-1990, lokaliserades laboratoriet. De naturliga förhållandena i berggrunden analyserades och beskrevs och vissa förutsägelser gjordes. Under anläggningssskedet, 1990-1995, genomfördes omfattande undersökningar och försök parallellt med byggnadsverksamheten. Utbyggnad av tunneln till 450 m djup och anläggning av Äspö By slutfördes. Driftsskedet inleddes under 1995.

7.1.2 SKIs yttranden - regeringens beslut 1993 över SKBs FUD-program 92

I SKIs yttrande till regeringen i mars 1993 (SKI, 1993) över SKBs dittills uppnådda resultat påtalades bl.a.

- Fastställande av metodik för för- och detaljundersökning skulle vinna på en förstärkt koppling till en brett upplagd säkerhetsanalys för att klara ut vilken information som är viktig och vilken som är mindre viktig.
- SKB behöver göra en genomgripande översyn av valideringsprocessen med en allsidig bedömning om modellen över Äspö korrekt beskriver de centrala frågeställningarna
- Integrering mellan Äspöprojektet och framför allt arbetet med säkerhetsanalyser liksom arbetet med djupförvaret behöver ses över för att nå samstämmighet i uppställda mål.

I SKIs yttrande till regeringen i mars 1993 och i regeringsbeslut i december samma år rekommenderades SKB att i det fortsatta arbetet vid Äspölaboratoriet beakta givna rekommendationer. SKI kan konstatera att flera av dessa rekommendationer fortfarande gäller, eftersom SKB inte till fullo utfört de åtgärder/utvärderingar som där påtalades.

7.2 Mål med Äspölaboratoriet

7.2.1 Huvudmål och etappmål

Ett av de grundläggande motiven bakom SKBs beslut att anlägga Äspölaboratoriet var att skapa en möjlighet till forskning, utveckling och demonstration i en realistisk och ostörd bergmiljö på framtida förvarsdjup. SKBs *huvudmål* anges nu vara att

- öka den vetenskapliga förståelsen om djupförvarets säkerhetsmarginaler
- utveckla och testa teknik som minskar kostnader och förenklar slutförvarskonceptet med bibehållen hög kvalitet och säkerhetsnivå
- demonstrera den teknik som kommer att användas vid deponering av använt kärnbränsle och annat långlivat avfall.

SKB har utifrån dessa mål preciserat fyra etappmål som kommenteras i detalj nedan.

SKI anser att de kunskapsbehov som finns inom djupförvarsprojektet rent allmänt motiverar verksamheten vid Äspö. SKI har dock synpunkter på målens omfattning, genomförbarhet och tidplan. Det måste dock framföras, att djupförvarsprojektet inte enbart kan stödja sig på men inte heller är helt beroende av, den kunskap som tas fram inom Äspöprojektet. Vissa undersökningsmetoder som t.ex. geofysiska metoder kan vara mer eller mindre tillämpliga beroende på platspecifika geologiska förutsättningar.

7.3 Uppnådda resultat, påbörjade och planerade arbeten för etappmålen

7.3.1 Verifiering av förundersökningsmetoder - etappmål 1

För att verifiera förundersökningarna använder SKB metoden att karaktärisera bergvolymer från ytan, från borrhål samt från tunnlar och schakt. Man vill visa att de bedömningar som gjorts på basis av förundersökningar (platsundersökningar) från ytan leder till samma huvudsakliga slutsatser som senare erhålles efter det att detaljundersökningar under jord genomförts.

SKB anser att etappmål 1, *Verifiering av förundersökningsmetoder*, är uppfyllt i och med slutförda anläggningarbeten under 1995 och hittills avrapporterade FoU-arbeten i samband med dessa. En slutlig redovisning av resultat och vunna erfarenheter samt en jämförelse mellan prediktion och faktiskt utfall planeras att föreligga senast under 1996. SKBs preliminära slutsatser är att *resultaten i stort* visar att de metoder som finns tillgängliga för att undersöka berg är väl ägnade att ta fram den kunskap och de data om berggrunden som behövs för att anlägga ett djupförvar och visa att detta uppfyller säkerhetskraven.

Remissinstansernas synpunkter

I sitt remissyttrande till SKI efterfrågar Greenpeace såväl operationella som långsiktiga säkerhetskrav och menar att dessa klart bör anges. Greenpeace anser vidare att arbetena på Äspö ännu ej validerats, verifierats och accepterats eftersom granskning pågår och ytterligare data behöver tolkas.

Linköpings tekniska högskola anser att avvikelser från prediktioner (t.ex. ej påvisbar flack zon, etappmål ett) kan ses som exempel på osäkerheter som är knutna till förundersökningar.

Matematisk-naturvetenskapliga fakulteten vid Stockholms universitet/SU (Pereira) framför att SKBs mål att "utveckla och testa teknik som minskar kostnader och förenklar slutförvarskonceptet med bibehållen hög kvalitet och säkerhetsnivå" inte kan förverkligas så länge som SKB inte har genomfört en fullständig platsspecifik säkerhetsanalys som definierar vad som menas med en hög säkerhetsnivå.

Kungliga vetenskapsakademien säger i sitt remissyttrande till SKI att SKBs föreslagna forskningsarbete är adekvat, där forskningsinsatsen vid Äspölaboratoriet förtjänar att särskilt apostroferas som central ur vetenskaplig synpunkt. Från rent naturvetenskapliga utgångspunkter finns knappast anledning till kritik.

SKIs bedömning

En omfattande metodutveckling, med hög vetenskaplig kompetens, har skett inom Äspöprojektet men en hel del arbete kvarstår i form av validering av enskilda metoder för tillämpning inom djupförvarsprojektet.

SKI har i föregående granskningar av SKBs forskningsprogram efterlyst en tidig redovisning av tillämpad metodik för att verifiera förundersökningsmetoder. (Benämningen *förundersökning* har använts inom Äspöprojektet och skall jämföras med begreppet *platsundersökning* i samband med lokalisering av djupförvar). SKI anser att SKB närmare måste definiera vad som åsyftas i begreppet *tillräckliga data om väsentliga säkerhetsrelaterade egenskaper* hos berget. Bedömningsgrunder för om platsundersökningsmetoderna är tillräckliga är starkt kopplade till säkerhetsanalysens behov av data. Äspöprojektet skulle sannolikt vinna på att förstärka kopplingen till en brett upplagd säkerhetsanalys (se kapitel 8 i denna PM).

SKI håller inte helt med om att de flesta metoder för platsundersökningar finns tillgängliga, t.ex. saknas tillförlitliga metoder för *detektering av flacka sprickzoner*, och dessutom saknas ett *program för mätning av bergmekaniska egenskaper*. Exempel på preliminära slutsatser som SKB drar från Äspöundersökningarna är att merparten av predikterade sprickzoner återfunnits. SKI kan dock konstatera att t.ex. zon EW-7 var såväl felaktigt predikterad som karakteriserad (Stille et al., 1992). Dessutom avviker (i flera fall) strykning, stupning och bredd på flera zoner i förhållande till vad som påvisats i tunneln. SKI anser att orsakerna till dessa avvikelser närmare borde ha kommenterats

av SKB liksom osäkerhetsuppskattningar i prediktioner.

Vidare behöver SKB utreda nyttan av olika typer av *spår försök* genomförda i olika skalor i en ytbaserad platsundersökning. Detta är viktigt för att bestämma hydrauliska egenskaper och verifiera geologisk strukturmodell m.m. Program för grundvattenkemisk provtagning behöver också tas fram; erfarenheter från Äspö har visat på uppenbara problem.

Platsundersökningsmetodik som är tillämpad på Äspö ger stora mängder data, men endast en del av dessa säger något väsentligt om bergets säkerhetsrelaterade egenskaper. För att säkerställa kvaliteten i platskaraktäriseringen och utvärderingen av en plats är det därför nödvändigt att göra en samlad utvärdering av tillämpliga metoder för att mäta säkerhetsrelaterade parametrar.

En slutsats som SKI drar från SKBs framförda synpunkter (Wikberg och Gustafsson, 1993) är att etappmål ett inte är helt uppfyllt eftersom ytterligare insatser (flödes hastighet, hydrauliska gradienter etc.) rekommenderas av SKB.

Det är nödvändigt att SKB i aviserad redovisning (av Äspöprojektet) under 1996 är helt tydliga vad gäller mätmetoders begränsningar d.v.s. vad som går att mäta, med vilken precision man kan mäta, samt vilka felkällor som kan förekomma i instrument och vid utförande av mätning. Det är också viktigt att reda ut orsaken till stora avvikelser mellan prediktion och utfall. Frågan är kopplad till utvärdering med olika modeller och validering. Vidare bör SKB redogöra för olika metoders tillämpbarhet i olika geologiska miljöer. Många av de metoder som provats på Äspö är nödvändigtvis inte tillämpbara på andra platser med andra geologiska förutsättningar.

7.3.2 Fastställa detaljundersökningsmetodik - etappmål 2

För etappmål 2, *Fastställa detaljundersökningsmetodik*, anser SKB att mycket erfarenhet vunnits om tillämpning av ett flertal olika undersökningsmetoder under jord, speciellt avseende samordning mellan detaljundersökningar och tunnelbyggande.

Utgående från preliminära erfarenheter från Äspö framhåller SKB att det finns ett behov av vidareutveckling av vissa metoder för att öka kvaliteten på insamlade data, öka effektiviteten samt förbättra tillförlitligheten i en krävande underjordisk miljö. Målet är därför för SKB att prova befintliga och nya metoder där oklarheter råder beträffande metodernas användbarhet för detaljundersökningar. SKB avser att upprätta ett program för test och vidareutveckling, när erfarenheterna från Äspölaboratoriets byggskede utvärderats.

Störda zonen experiment

I samband med byggande i berg uppstår en störd zon runt upptagna tunnlar och andra hålrum vars utbredning behöver kartläggas med olika metoder. Zonens egenskaper och utsträckning måste beaktas dels vid tolkning av mätdata från en tunneldrivning, dels vid utformning av förvaret och analysen av dess långsiktiga säkerhetsfunktion. Den störda

zonen innebär en förändring av bergets hydrauliska egenskaper och också en förändring i bergets mekaniska egenskaper, vilket kan påverka stabiliteten hos orter och bergrum och därmed påverka layouten hos ett förvar. Orsakerna till störningen har tolkats som en kombination av sprängskador, kemiska reaktioner och omfördelning av spänningar.

Under 1994 påbörjade SKB i samarbete med ANDRA och UK Nirex en studie av den störda zonen för sprängd- och borrarad tunnel (ZEDEX = Zone of Excavation Disturbance Experiment) i Äspölaboratoriet (SKB, 1995). Resultaten förväntas vara av betydelse för valet av brytningsmetod eller kombination av brytningsmetoder som SKB planerar att använda i djupförvaret.

Bergartsvisualisering

Inom området bergartsvisualisering har SKB under 1994 påbörjat framtagandet av ett interaktivt 3D CAD-verktyg (Rock Visualization System) för modellsimulering och resultatvisualisering. SKI ser flera fördelar med systemet där man successivt kan bygga alternativa strukturmodeller för att bl.a. optimera fortsatta undersökningar och även kunna anpassa layouten i djupförvaret till bergets geometriska struktur.

Remissinstansernas synpunkter

Greenpeace framhåller i sitt remissyttrande att SKB bör vidareutveckla metoder från ytundersökningar och utnyttja även dessa för att ta fram en metodik för detaljerad platskaraktärisering av djupförvarsplatsen, och inte enbart utveckla de metoder som använts för mätning i samband med underjordsarbeten i Äspölaboratoriet. Vidare gratulerar Greenpeace SKB till utveckling av ett berömvärdt koncept för modellsimulering och resultatvisualisering.

SKIs bedömning

SKI vill här upprepa vad som framfördes vid granskningen av FUD-program 92 att en fullständig karaktärisering av en bergmassa inte låter sig göras varken vid en plats- eller en detaljundersökning. Det är inte så att de mätningar som görs nere från tunneln utgör ett facit. Även detaljundersökningarnas resultat måste tolkas och är också behäftade med osäkerheter. Det är SKIs förhoppning att metodbegränsningar t.ex. precision vid mätning, felkällor i instrument och vid utförande för detaljundersökningsmetoder redovisas i de rapporter som SKB planerar publicera under 1996.

SKI anser att det är angeläget att SKB, genom ZEDEX-försöket och därmed tillämpad metodik, ökar kunskapen om skadezonens utbredning, eftersom denna kan komma att fungera som en tänkbar transportväg för eventuellt frigjorda radionuklider från skadade kapslar och därmed påverka den långsiktiga säkerheten i djupförvaret. Resultatet från utvärderingen kommer även att vara vägledande för val av brytningsmetod i djupförvaret. SKI noterar att SKB i mätprogrammet inte nämner hydrauliska tester och dess användbarhet när hydrauliska egenskaper skall beskrivas.

SKI anser också att det hade varit önskvärt om SKB i etappmålet närmare hade

definierat vad som åsyftas i begreppet *behövs* vid karakterisering av berget vid detaljundersökning av en plats. Eftersom SKB inte angett vilket underlag som åsyftas går det inte att tillfredställande bedöma om delmålet har eller kommer att kunna uppnås.

SKI vill här poängtera att använda metoder från såväl *ytbaserade undersökningar som tunnelundersökningar* på Äspö behöver utvecklas vidare utgående från vunna erfarenheter för att sedermera kunna användas i planerade plats- och detaljundersökningar. För ytterligare kommentarer beträffande vidareutveckling av undersökningsmetodik för detaljundersökning hänvisas till kapitel 6.3.6.

7.3.3 Pröva modeller för beskrivning av bergets barriärfunktion - etappmål 3

Inom ramen för etappmålet planerar SKB att genomföra projekt med syfte att utvärdera användbarhet och tillförlitlighet hos olika modeller för bestämning av bergets barriärfunktion samt att utveckla och pröva metoder för bestämning av parametrar som ingår i modellerna. I en arbetsgrupp knyts modelleringsarbetet till pågående och kommande experiment vid Äspölaboratoriet.

Klassificering och karakterisering av sprickor

SKB planerar att ta fram ett sprickklassificeringssystem för att knyta sprickors geologiska karaktär till deras förekomst och egenskaper som vattenledare och transportvägar för radionuklider (Mazurek et al., 1995). Målet med klassificeringsprojektet är enligt SKB att ta fram data (parametervärden) på sprickegenskaper för transportmodeller utgående från några relevanta sprickklasser.

Flöde och transport av lösta ämnen - TRUE

SKB har utformat ett program för spår försök i olika skalor för att fördjupa kunskaperna om radionuklidtransport och retention i sprickigt berg, utvärdera användbarhet och tillförlitlighet för olika modellansatser samt utveckla och pröva metoder och bestämma värden på viktiga transportparametrar in-situ i Äspölaboratoriet. Programmet har indelats i etapper där enligt planerna försök skall genomföras i nära samarbete med Äspölaboratoriets Task Force som löpande får ta del av försöksresultat för tillämpning i olika transportmodeller. Detta borgar för det nödvändiga samarbetet mellan experimenter och modellörer.

Redoxförsök i detaljskala

SKBs planerade redoxexperiment i Äspölaboratoriet avser att klargöra och demonstrera hur syre reduceras i kontakt med berg (återfyllnad och bentonit) och därigenom minskar den eventuella risken för korrosionsangrepp på kopparkapseln under en begränsad tid efter förslutning av förvaret.

Radionuklidretention

Vid laboratorieförsök har siffervärden på konstanta fördelningskoefficienter s.k. K_d -värden (affinitet för att fastna på olika ytor) för radionuklider erhållits. Dessa parametervärden används i säkerhetsanalyser. Naturliga grundvattenförhållanden avseende redoxstatus, kolloidhalter, lösta gaser och organiskt material i berg är svåra att efterlikna

i laboratoriet, varför erhållna värden på t.ex. upplösning eller retention av radionuklider kopplade till grundvattnets egenskaper innehåller stora osäkerheter. För att öka kunskapen om detta har SKB låtit konstruera en borrhålls sond för att göra in-situ mätningar under den närmaste femårsperioden. Avsikten är bl.a. att pröva inverkan av naturligt reducerande förhållanden på löslighet och sorption av radionuklider och även pröva grundvattnets förmåga att ta upp och transportera radionuklider med naturliga kolloider, humusämnen och fulvosyror.

Remissinstansernas synpunkter

Greenpeace framför att det arbete som utförs av Task Force borde utsättas för en granskning av oberoende forskare och andra intresseorganisationer i samhället. Detta är även förenligt med vad SKI sade i granskningen av FUD-program 92. SKI föreslog då att SKB i betydligt större omfattning publicerar forskningsresultat i vetenskaplig litteratur.

Greenpeace anser också att mycket arbete ännu återstår för att kunna klassificera och karakterisera sprickor och varnar för att generaliseringar i detta skede kan vara starkt missledande för utomstående observatörer.

Naturvetenskapliga forskningsrådet (NFR) säger i sitt remissvar till SKI att det kommer att vara mycket viktigt att förbättra kunskapsläget om sprickfrekvens och sprickstorlekens betydelse för transporten av radionuklider.

SKIs bedömning

SKI bedömer att SKBs arbete med att pröva modeller för beskrivning av bergets barriärfunktion är av hög internationell klass. SKI stöder därför helt SKB i det fortsatta arbetet inom detta område.

SKI anser att det knappast är förvånande att en god överensstämmelse föreligger mellan olika Task Force grupperns beräkningsmodeller (flöde- och transport) över Äspö eftersom utgångspunkten för modellbyggandet utgjorts av bearbetade data från LPT2 (Task 1). Det vore därför önskvärt att SKB i större utsträckning än hittills studerade alternativa tolkningar (modeller) av Äspö och diskuterade om någon tolkning verkligen kan anses ha mer stöd i data än någon annan.

SKI bedömer att om den föreslagna för sprickklassificeringen kan bekräftas, underlättas också karakteriseringen av berget vid en plats- och detaljunder-sökning och eventuellt även vid val av kapselpositioner i slutförvaret. SKI vill dock poängtera att SKB bör vara uppmärksam på att mycket arbete fortfarande återstår innan detta kan ledas i bevis.

SKI finner det tillfredställande att SKB beaktat de förslag som framfördes vid granskningen av FUD-program 92 där SKI påtalade att modellering är ett viktigt sätt att planera experiment, men där SKBs syn på modellering behövde utvecklas. Såsom SKB nu föreslår kommer modellering och experiment att vara en integrerad och iterativ

process. Med modellering av en tänkt experimentdesign, under antagande av olika konceptuella modeller för hur berget ser ut hydrauliskt och kemiskt, kan man studera om de sökta parametrarna eller effekterna verkligen kan observeras.

SKI finner det också mycket värdefullt att SKB på förvarsdjup i Äspölaboratoriet fördjupar kunskaperna om syrets mekanismer och reaktionshastighet i kontakt med berg och de mineral som finns i vattenförande sprickor. Detta är särskilt viktigt eftersom kunskapen om hur redoxfronten kan spridas från ytan och ner i berget, t.ex. i samband med istider, har ökat avsevärt sedan FUD-program 92 presenterades. Ett scenario med oxiderande betingelser ned till förvarsnivå anses numera inte vara omöjligt.

SKI anser att det är värdefullt att SKB, in-situ på förvarsnivå (450 m djup i Äspölaboratoriet) undersöker radionuklidens olika egenskaper, eftersom kunskapen är nödvändig för att validera modeller (och parametervärden) som skall användas i säkerhetsanalyser. SKB bör dock förvissa sig om att den naturliga miljön inte påverkas, så att resultaten blir användbara under den långa tid som försöken kommer att pågå.

7.3.4 Demonstrera teknik för och funktion hos viktiga delar i förvarssystemet - etappmål 4

SKB menar att anläggningen av Äspölaboratoriet givit värdefulla erfarenheter vad avser det fjärde, modifierade etappmålet, *Demonstrera bygg- och hanteringsmetoder*, framförallt genom att en tunnelborrningsmaskin (TBM) använts på ett begränsat tunnelavsnitt (de sista 408 m i tunneln).

Äspölaboratoriet ger enligt SKB en möjlighet att i full skala pröva, undersöka och demonstrera olika komponenter i djupförvarssystemet som har betydelse för långtids-säkerheten. Inom ramen för etappmålet planerar SKB att bygga en fullskaleprototyp av djupförvaret för att simulera deponeringssekvensen inkluderande provning av olika återfyllnadsmaterial och teknik för återfyllnad av tunnlar.

Planerat program för provning av återfyllnadsmaterial, som kommer att bedrivas av SKB i tre olika projekt, innebär provning av olika material för tunnelåterfyllnad, byggande av ett prototypförvar i slutet av TBM-tunneln samt provning av buffertmaterial under olika extrema (torra/våta) förhållanden.

Provning av olika återfyllnadsmaterial

Utöver försök med olika återfyllnadsmaterial (okrossat berg d.v.s. TBM-massor, blandningar av kvartssand-bentonit, krossberg-bentonit) och olika packningsteknik planerar SKB även teknikutveckling för placering, konstruktion och funktion av en tunnelplugg. Andra mål är att prova teknik för att återta tunnelfyllnad, prova återfyllnadens och närbergets samverkan i en sprängd tunnel och öka kunskapen om den störda zonen hydrauliska egenskaper.

SKB redovisar detaljerade planer för försöksutförandet (Börgesson, 1995). Diskussion förs om möjligheten att urskilja vattenflöde i återfyllnad respektive sidoberg för att

därigenom kunna bestämma den axiella vattentransporten i tunnelriktningen i såväl den störda zonen i sidoberget som i KBS-3 återfyllnaden (och inte enbart som planerat den totala axiella hydrauliska transmissiviteten).

Prototypförvar

Inför byggandet av ett djupförvar menar SKB att det är av särskild vikt att pröva samverkan mellan ingenjörbarriärerna och berget i en realistisk miljö, vilket SKB avser att genomföra i ett "prototypförvar" som förläggs till slutet på den TBM-borrade tunneln i Äspölaboratoriet på 450 m djup. De övergripande målen är att simulera stegen i deponeringssekvensen från detaljerad karakterisering av omgivande berg till att vattenmättnad erhållits i de återfyllda deponeringshålerna och tunneln.

Långtidsprov av buffertmaterialens funktion

Baserat på de tester som utförts i Stripa (under 5 år) har en del grundläggande kunskaper erhållits om bufferten och dess egenskaper i förvarsmiljö. Bl.a. konstaterar SKB att de negativa effekterna (saltanrikning, kvartsupplösning i bentoniten och cementering) på buffertfunktionen är försumbara om bufferten utformas med den täthet (ca. 2,0 g/cm³ efter vattenmättnad i laborieförsök) som är tänkt i KBS-3, där bentonitblock förkompakteras med hög vattenmättnadsgrad och temperaturen hålls på måttlig nivå (under 100°C).

För att verifiera laborieresultat t.ex. omvandling av smektit till illit, saltanrikning, inverkan av högt pH och framtagna modeller under realistiska djupförvarsförhållanden är SKBs mål att prova bentonitbuffertens funktion i djupförvarsmiljö under lång tid (eventuellt upp till 20 år).

Sprickbildning vid tunneldrivning med TBM

SKB menar att mekanisk brytning (TBM-borrning) ger mycket mindre skador på bergväggen än konventionell borrning/sprängning. Uppsprickning i tunnelperiferin och i deponeringshålens väggar har betydelse för hydrauliska egenskaper (transmissivitet) i närområdet, varför målet är att vidareutveckla en modell för sprickbildning i kristallint berg och verifiera modellen genom fortsatta laborietester och studier av prover från den TBM-borrade delen av Äspötunneln.

Lokalisering av lämpliga närområden

Metodik för prediktion av lämpliga kapselpositioner (Provisional Position Index, PPI definieras som sannolikheten att en kapselposition kan användas i en given bergvolym) prövas vid Äspölaboratoriet och förväntas ge underlag för planering, utformning och byggande av ett djupförvar.

Preliminära resultat (Rosén and Gustafson, 1994) baserade på beräkningar utförda med en geostatistisk modell utvecklad av SKB indikerar, enligt SKB, möjligheter att finna godkända kapselpositioner längs TBM-tunneln med hänsyn till litologi och bergkvalitet, vilket stämmer väl överens med observationer gjorda längs tunneln. Med hänsyn till hydraulisk konduktivitet indikerade PPI-beräkningarna däremot små möjligheter att finna godtagbara kapselpositioner längs tunneln (Rosén och Gustafson, 1995).

Test av injekteringsmetodik

I granskningen av FUD-program 92 uppmanades SKB att ägna resurser åt att förbättra den injekteringsteknik som krävs för att passera transmissiva svaghetszoner på stora djup och därför genomföra ytterligare injekteringsförsök (utöver försök vid passage av NE-1) innan driftsskedet inleds i Äspölaboratoriet. Detta har delvis genomförts och redovisats (Stille et al., 1994) där erfarenheterna från passage av NE-1 har utnyttjats.

För karakterisering av berg ur injekteringssynpunkt planeras utveckling och provning i Äspölaboratoriet av en för ändamålet anpassad hydraultestmetod under väl kontrollerade former. I början av 1997 planerar SKB att påbörja tester av injekteringsmetodik innefattande fältförsök avseende spridningsmekanismer i sprickigt berg med varierande spricköppning. En förutsättning är att teoretiskt underlag kommer att finnas framme i form av konceptuella modeller för prediktering av injekteringsresultatet.

Remissinstansernas synpunkter

Av remissinstanserna framhåller KTH att en tillämpning av beskriven återfyllningsmetodik förutsätter att materialet kan garanteras ha homogena egenskaper för att kunna ingå i en teknisk barriär. Om geologiska förhållanden uppvisar stor variation blir det svårt att uppfylla detta krav. KTH påpekar även att möjlig tillförsel av organiskt material genom byggnadsverksamheten och därmed eventuell påverkan (på förvarets kemi) i övrigt också bör uppmärksammas.

Greenpeace framhåller att det är högst troligt att SKB kommer att ställas inför många praktiska och tekniska problem under projektets gång, som kan komma att innebära modifiering av försöksutförande för prototypförvaret. Greenpeace menar också att mycket större tonvikt bör läggas på injekteringsmetodik eftersom osäkerheter i prediktion avseende sprickinjekteringseffekt/resultat kommer att innebära att det blir mycket svårt att kunna verifiera den slutliga säkerheten.

NFR anser att det är viktigt att i Äspö demonstrera teknik som skall användas i djupförvaret. NFR anser också att Äspölaboratoriet blir en viktig resurs för svensk geovetenskaplig forskning.

SKIs bedömning

SKI stöder SKBs planer på att använda Äspölaboratoriet för att praktiskt utveckla djupförvarssystemet. Trots den relativt långa projektiden (10-15 år) kan (såsom SKB också framhåller) prototypförvaret dock inte användas för att demonstrera den långsiktiga säkerheten hos ett djupförvar. SKI finner det värdefullt att SKB utför föreslagna tester i fullskala, eftersom detta kan komma att ge en bekräftelse på om deponeringstekniken fungerar såsom SKB har tänkt sig.

SKI anser att det finns frågetecken för användandet av såväl okrossade som krossade TBM-massor ur bl.a. miljösynpunkt (oljespill och andra organiska föroreningar). En stor specifik yta i bergkross, med varierande mineralogi, kan också komma att orsaka

förändrad kemi i tunnlarna och även förändring av sprickmineralens kemi i djupförvaret som i sin tur negativt kan påverka de tekniska barriärerna.

SKI finner det angeläget att SKB, baserat på erfarenheter från försök i Stripa, vidare- och nyutvecklar teknik för bl.a. inplacering, kompaktering och utgrävning av återfyllnadsmaterial i tunnlarna samt utvecklar och provar fältmätningssinstrument och provtagningsteknik för buffert och återfyllnadsmaterial.

SKI anser det också angeläget att SKB genom Äspöförsöken verifierar Striparesultat och utvidgar kunskapen om bentonitbuffertens funktion i djupförvarsmiljö. På grund av den planerade långa tiden för försöksutförande (upp till 20 år) kan det bli problem för SKB att fullt ut hinna tillgodogöra sig kunskaper för tillämpning i djupförvaret. För SKIs övriga kommentarer angående buffert hänvisas till kapitel 4.4 i denna PM.

SKI anser att SKB behöver utreda den egentliga nyttan med "PPI-beräkningarna" i planeringsskedet för prognostisering av godkända kapselpositioner i ett djupförvar. SKI anser vidare att SKB först måste utreda vilka kriterier som kan användas för att bestämma om en kapselposition skall förkastas eller accepteras i förhållande till säkerhetsanalysens krav.

SKI anser att om bestämning av axiell vattentransport i tunnelriktningen i störda zonen låter sig göras utan allför mycket praktiska och tekniska problem (instrumentering) vore det synnerligen värdefullt om SKB utnyttjar möjligheten att på detta sätt få fördjupade kunskaper om störda zonens hydrauliska egenskaper.

SKI ser fram emot en utvärdering av vunna erfarenheter från Äspölaboratoriet för att bedöma skillnaderna, för- respektive nackdelar, för tillämpade alternativa byggtekniker fullortsborrning och konventionell sprängning/borrning för tillämpning i djupförvaret. SKI anser även att det är angeläget och nödvändigt att SKB skaffar sig fördjupade kunskaper om spricksystemet i tunnelkontur och i deponeringshål vid mekanisk håltagning, eftersom utbredningen av störda zonen är av stor betydelse för djupförvarets långsiktiga säkerhet. Fortfarande återstår för SKB att verifiera påståendet att TBM-borrning ger väsentligt mindre skador på bergväggen än vad som är fallet vid skonsam sprängning (SKB-utvärdering planerad under 1996).

Beträffande test av injekteringsmetodik anser SKI att man generellt kan säga att tester med olika injekteringsmedel hittills varit allför begränsade i Äspölaboratoriet. Ett praktiskt klassifikationsystem för injektering behöver uppenbarligen också tas fram, och det är vidare viktigt att teoretisk utveckling och fälttester sker som en integrerad och iterativ process (Kjörholt och Nilsen, 1994). För övriga kommentarer angående injekteringsmetodik hänvisas till kapitel 6.4.2.

SKI anser vidare att SKB borde överväga möjligheten att försöksdeponera fullstora kapslar i Äspölaboratoriet, vilket har antytts av SKB i andra sammanhang. Möjligheten bör också övervägas att borra ett horisontellt deponeringshål i slutet av TBM-tunneln och även testa en liggande kapselplacering i bentonitomgivning direkt i tunneln.

7.4 Tidplan för genomförande av försök

7.4.1 Planerade tester

Test av modeller för bergets barriärfunktion, inkluderande TRUE och radionuklidretention, planeras enligt SKBs tidplan att pågå i första hand fram till år 2002. Enligt SKIs uppfattning behöver dessa pågå åtminstone fram till dess att ansökan om tillstånd för detaljundersökning för en slutförvarsplats inlämnas, som i och för sig kan komma att inträffa senare än 2002. Detta medför dock inte att all testning skall upphöra efter det att ansökan lämnats in, eftersom försök även behöver utföras i djupförvaret fram till dess ansökan om tillstånd för drift av steg 1 (5-10% av det använda bränslet) inlämnas och eventuellt fram till dess att deponering påbörjas. Det bör också observeras att behovet av forskning kvarstår även sedan djupförvaret tagits i drift (jfr. kap. 4.10).

Även demonstration av teknik och funktion inkluderande prototypförvar och långtidstest av buffertmaterial planeras enligt tidplan pågå fram till år 2002. SKB nämner dock att projektiden kan förväntas bli 10-15 år för prototypförvarstester och upp till maximalt 20 år för test av buffertmaterial.

SKI anser att samtliga prototypförvarstester bör vara avslutade och utvärderade senast i samband med att ansökan om tillstånd för drift av steg 1 inlämnas till myndigheterna, vilket planeras inträffa tidigast år 2006 efter att detaljundersökning och bygge av steg 1 slutförts. Tidsperspektivet maximalt 20 år för test av buffertmaterial verkar enligt SKI inte vara helt realistiskt om man utgår från SKBs redovisade tidplan.

7.4.2 Samordning med SKBs övriga verksamheter

Som påpekades i granskningen av SKBs FUD-program 92 är behovet av samordning speciellt stort under senare delen av Äspöprojektets driftskede, eftersom djupförvarsprojektet under detta skede sannolikt kommer att befinna sig i en mycket aktiv period. SKI vill särskilt peka på vikten av att prioritera den framtida verksamheten efter de behov som framkommer ur en integrerad säkerhetsanalys. Äspöprojektets roll som leverantör till andra projekt kan också behöva ses över. Det är behoven, främst inom djupförvarsprojektet, som borde vara styrande för vad som ska göras på Äspö, liksom när och hur. Äspöprojektets mål skulle då i första hand vara att leverera önskad information till övriga projekt inom SKB. De tidplaner och mål som nu har formulerats för driftskedet får därför inte tillåtas bli styrande för SKBs övriga verksamhet. Planerna måste kunna revideras betydligt när behov föreligger.

Det är också uppenbart att nödvändig kunskap och erfarenhet inte behöver hämtas enbart från Äspölaboratoriet, utan denna kan mycket väl finnas tillgänglig eller uppnås inom andra slutförvarsprogram utomlands. Hemtagning av sådan kunskap har SKB försäkrat sig om genom sitt engagemang i internationella projekt.

7.5 Sammanfattande bedömning

7.5.1 SKBs etappmål vid Äspölaboratoriet

SKBs syfte med att anlägga Äspölaboratoriet är att skapa en möjlighet till forskning, utveckling och demonstration i en realistisk och ostörd bergmiljö ned till det djup som planeras för det framtida djupförvaret. Inför valet av plats för detaljundersökningar skall man med verksamheten vid Äspö *Verifiera förundersökningsmetoder* och *Fastställa detaljundersökningsmetodik*. Som underlag för optimering av djupförvarssystemet och för en säkerhetsanalys inför lokaliseringsansökan vill man *Pröva modeller för beskrivning av bergets barriärfunktion*. Inför byggandet av djupförvaret vill man på aktuellt förvarsdjup och under representativa förhållanden *Demonstrera teknik för funktion hos viktiga delar i förvarssystemet*.

SKI anser att de behov som finns inom djupförvarsprojektet motiverar verksamheterna vid Äspö. Enligt SKIs uppfattning kommer det omfattande experimentprogrammet som nu planeras för perioden 1996 - 2001 (med en uppskattad driftsperiod på ca 15 år) troligen att ge goda möjligheter att öka förståelsen för viktiga parametrar och processer i kristallint berg och att utveckla metodik för detaljundersökningar.

SKI anser dock att SKB bör se över tidplanen för Äspölaboratoriet och tydligare redogöra för tidpunkten när vissa strategiska frågor behöver besvaras för det fortsatta arbetet med djupförvaret. Detta innebär inte att all forskning i Äspölaboratoriet behöver vara slutförd, innan detaljundersökning på djupförvarsplatsen påbörjas. SKI vill också peka på vikten av att prioritera den framtida verksamheten efter de behov som framkommer ur en integrerad säkerhetsanalys.

7.5.2 SKIs sammanfattande synpunkter på etappmålen

Verifiering av förundersökningsmetoder - etappmål 1

En omfattande metodutveckling, med hög vetenskaplig kompetens, har skett inom Äspöprojektet men en hel del arbete kvarstår i form av validering av enskilda metoder för tillämpning inom djupförvarsprojektet. Vidare kvarstår arbetet med att kombinera olika metoder till ett *sammansatt platsundersökningsprogram* som ger erforderlig information för utvärdering av en plats potential för långsiktigt säker djupförvaring. SKI vill framhålla att detta kräver en *samlad* utvärdering av tillämpliga metoder och mätstrategier med utgångspunkt från de samlade kraven på mätdata från säkerhetsanalysen och andra delar av djupförvarsprogrammet.

Bedömningsgrunder för om platsundersökningsmetoderna är tillräckliga är starkt kopplade till säkerhetsanalysens behov av data. SKI anser därför att Äspöprojektet skulle vinna på en förstärkt koppling till en brett upplagd säkerhetsanalys.

SKI vill också framhålla att utvecklingsbehov fortfarande kvarstår för enskilda metoder,

bl.a.

- detektering av flacka sprickzoner,
- program för mätning av bergmekaniska egenskaper,
- metodik för spår försök med tillämpning i en ytbaserad platsundersökning samt
- program för grundvattenkemisk provtagning.

Det är nödvändigt att SKB i aviserad redovisning under 1996 är helt tydliga vad gäller mätmetoders begränsningar d.v.s. vad går att mäta, med vilken precision kan man mäta samt vilka felkällor kan förekomma i instrument och vid utförande. Det är också viktigt att reda ut orsaken till stora avvikelser mellan prediktion och utfall. Frågan är kopplad till utvärdering med olika modeller och validering. Vidare bör SKB redogöra för olika metoders tillämpbarhet i olika geologiska miljöer. Många av de metoder som provats på Äspö är nödvändigtvis inte tillämpbara på andra platser med andra geologiska förutsättningar.

Fastställa detaljundersökningsmetodik - etappmål 2

SKI anser att det hade varit önskvärt om SKB i etappmålet närmare hade definierat vad som åsyftas i begreppet *behövs* vid karakterisering av berget vid detaljundersökning av en plats. Eftersom SKB inte har angett vilket underlag som åsyftas går det inte att tillfredställande bedöma om delmålet har eller kommer att kunna uppnås.

Det är SKIs förhoppning att SKB genom ZEDEX-studien kan få en bättre uppfattning om störda zonens utbredning och att försöket också skall vara en av flera vägledande faktorer för val av brytningsmetod i djupförvaret.

SKI vill slutligen poängtera att använda metoder från såväl *ytbaserade undersökningar som tunnelundersökningar* på Äspö behöver utvecklas vidare utgående från vunna erfarenheter för att senare kunna användas i planerade plats- och detaljundersökningar. SKI anser att SKB tydligare behöver klargöra vilka säkerhetsrelaterade faktorer som kan bestämmas i samband med en ytbaserad platsundersökning respektive en detaljundersökning från tunnlar och schakt.

Pröva modeller för beskrivning av bergets barriärfunktion - etappmål 3

Det vore önskvärt om SKB i större utsträckning än hittills studerade alternativa tolkningar (konceptuella modeller) av Äspö och diskuterade om någon tolkning verkligen kan anses ha mer stöd i data än någon annan. SKIs uppfattning är alltså att SKB inte på allvar har prövat olika konceptuella modellbeskrivningar av Äspö, och därmed inte studerat hur osäkerheter i tolkningar inverkar på osäkerheter i prediktioner av grundvattenströmning och transport av lösta ämnen.

SKI anser att det är mycket värdefullt att SKB nu utnyttjar möjligheterna att utföra långtidsförsök i Äspölaboratoriet för att bestämma hydrauliska egenskaper och bergets förmåga att fördröja transport av radionuklider. Under förutsättning att TRUE-försöken faller väl ut bör SKB kunna använda metodiken för att genomföra motsvarande

experiment på slutförvarsplatsen.

SKI finner det också mycket värdefullt att SKB på förvarsdjup i Äspölaboratoriet fördjupar kunskaperna om syrets mekanismer och reaktionshastighet i kontakt med berg och de mineral som finns i vattenförande sprickor. Detta är särskilt viktigt eftersom kunskapen om hur redoxfronten kan spridas från ytan och ner i berget, t.ex. i samband med istider, har ökat avsevärt sedan FUD-program 92 presenterades.

SKI anser vidare att det är värdefullt att SKB, in-situ på förvarsnivå undersöker radionuklidens olika egenskaper, eftersom kunskapen är nödvändig för att validera modeller och parametervärden som skall användas i säkerhetsanalyser. SKB bör dock förvissa sig om att den naturliga miljön kan hållas ostörd under den långa tid som försöken kommer att pågå.

Demonstrera teknik för, och funktion hos viktiga delar i förvarssystemet - etappmål 4

SKI stöder SKBs planer på att använda Äspölaboratoriet för att praktiskt utveckla djupförvarssystemet. För etappmål 4, *demonstrera teknik för funktion hos viktiga delar i förvarssystemet* finner SKI det angeläget att SKB, baserat på erfarenheter från försök i Stripa, vidare- och nyutvecklar teknik för bl.a. inplacering, kompaktering och utgrävning av återfyllnadsmaterial i tunnlar samt utvecklar och provar fältmätning-instrument och provtagningsteknik för buffert och återfyllnadsmaterial.

SKI anser det också angeläget att SKB genom Äspöförsöken verifierar Striparesultat och utvidgar kunskapen om bentonitbuffertens funktion i djupförvarsmiljö. På grund av den planerade långa tiden för försöksutförande (upp till 20 år) kan det bli problem för SKB att fullt ut hinna tillgodogöra sig kunskaper för tillämpning i djupförvaret.

Beträffande försök med olika återfyllnadsmaterial i Äspötunneln anser SKI att det finns frågetecken för användandet av såväl okrossade som krossade TBM-massor. Frågor som behöver utredas är bl.a. eventuell påverkan på de kemiska förhållanden i förvaret orsakade av TBM-massor samt praktiska problem vid återfyllnad.

SKI ser fram emot en utvärdering av vunna erfarenheter från Äspölaboratoriet för att bedöma skillnaderna, för- respektive nackdelar, för tillämpade alternativa byggtekniker fullortsborrning och konventionell sprängning/borrning för tillämpning i djupförvaret.

8 SÄKERHETSREDOVISNINGAR

8.1 Inledning

SKB beskriver säkerhetsanalyser under flera rubriker i FUD-program 95. Kunskapsläge och program för metodutveckling beskrivs i kapitel 5.1 respektive kapitel 11.7. I kapitel 10, Program för säkerhetsanalyser mm, beskrivs hur säkerhetsanalyserna kommer att ingå som beslutsunderlag vid de olika ansöknings/beslutstillfällena. Rapporten SR 95 presenterar ett förslag till mall för säkerhetsrapporter liksom kunskapsläge och fortsatt program för utveckling av säkerhetsanalyser.

SKI kommenterar SKBs metodik för säkerhetsanalys samt SR 95 i avsnitt 8.2. Därefter följer SKIs syn på beslutsunderlag (säkerhetsredovisningar) inför kommande ansöknings-tillfällen i avsnitt 8.3. SKIs sammanfattande bedömning redovisas i avsnitt 8.4.

8.2 Metodik för säkerhetsanalys

Ett av villkoren till regeringsbeslutet angående FUD-program 92 var att SKB skulle redovisa ett program för kommande säkerhetsanalyser. I kompletteringen till FUD-program 92 redovisade SKB ett program för kommande säkerhetsrapportering, samt planer för fortsatt utvecklingsarbete med säkerhetsanalysmetodik, bl.a. hantering av osäkerheter, validering och integration av olika delstudier.

SKI bedömde att inriktningen på det kompletterande programmet för säkerhetsanalyser har förutsättningar att ge det underlag som kommer att behövas inför kommande tillstånds-ansökningar, men konstaterade att ett flertal metodfrågor behövde vidareutvecklas och konkretiseras. Detta gällde bl.a. redovisning av förutsättningar, syfte och avgränsningar för olika säkerhetsanalyser, kopplingar mellan plats specifika data och säkerhetsanalys, scenario-metodik, hantering av osäkerheter och validering. SKI betonade att uppläggningsen av säkerhetsanalyser måste diskuteras med de olika parter som ska utnyttja säkerhetsanalyser för sitt beslutsfattande. Vidare framhöll SKI att säkerhetsanalyser kommer att behöva utnyttjas när SKB tar fram ett program för platsundersökningar och utvecklar konstruktionsförutsättningar för kapseln. Detta underströks i regeringsbeslutet till kompletteringen av FUD-program 92 (i maj 1995) där regeringen angav att "SKBskall redovisa sina planer och program för framtagning av tekniska krav på barriärer, delsystem och komponenter grundade på funktions- och säkerhetsanalyser av slutförvarssystemet samt för undersökning av tänkbara slutförvarsplatser".

8.2.1 Kunskapsläge och planerat arbete

Allmänt

I FUD-program 95 (kapitel 5.1 samt 11.7) och i SR 95 redovisar SKB kunskapsläge och program för utveckling av säkerhetsanalysmetodik inför planerade tillståndsansökningar.

SKI anser att säkerhetsanalyser också är ett viktigt verktyg som bör utnyttjas återkommande

för att styra utveckling av olika delar av slutförvarsprogrammet. Allt eftersom djupförvarsprogrammet fortskrider är det nödvändigt att med jämna mellanrum göra förnyade säkerhetsanalyser som inkorporerar nya kunskaper och tillgång till nya data, t.ex. geovetenskapliga platsdata och mer detaljerade specifikationer på kapseln och de övriga tekniska barriärerna. Dels behöver man kontrollera att kraven från säkerhetsanalysen fortfarande är relevanta i förhållande till den kontinuerliga utveckling och modifiering som sker av djupförvarssystemet, dels behöver mer generella krav successivt preciseras och kvantifieras. Slutligen behöver nyutvecklad metodik för säkerhetsanalys tillämpas och utvärderas.

Senast SKB genomförde en fullständig säkerhetsanalys för slutförvaring av använt kärnbränsle var i samband med prövningen av KBS-3-metoden 1983-84. Sedan dess har SKB genomfört säkerhetsanalysen SKB 91 (SKB, 1992), som var inriktad på bergbarriärens betydelse för den långsiktiga säkerheten för ett djupförvar. Dessutom har ett stort antal funktionsanalyser för enskilda barriärer och komponenter i djupförvarssystemet löpande redovisats i SKBs tekniska rapporter. Enligt SKBs nuvarande tidplan kommer nästa säkerhetsanalys för hela förvarssystemet att presenteras i samband med ansökan om tillstånd för inkapslingsanläggningen.

Mot ovanstående bakgrund och med hänsyn till förestående bindningar i samband med val av undersökningsplatser och lokalisering av inkapslingsanläggning anser SKI att nästa säkerhetsredovisning är en viktig avstämningspunkt i SKBs djupförvarsprogram, inte minst vad gäller tillämpning och utvärdering av SKBs metodik för genomförande av en fullständig säkerhetsanalys.

Scenarier

SKB redovisar i FUD-program 95 pågående arbete med att ta fram en systematisk metodik för val och konstruktion av scenarier. Två olika ansatser, den s.k. RES-metoden och metoden med influensdiagram, har studerats, varav den första utgör huvudalternativet. RES-metoden innebär att förvarets viktigaste systemdelar med sina egenskaper ("Features, Event and Processes, FEPs") och inbördes interaktioner/kopplingar mellan dessa beskrivs i matrisform. Matrisen utgör det s.k. Processystemet. Arbete pågår för närvarande med att sammanställa underlagsmaterial, organiserat i RES-matriser, och kommer att redovisas som en del av dokumentationen i ansökan för inkapslingsanläggningen. I SR 95 ges en illustration av hur metodiken kan användas för att välja och analysera konsekvenser av olika scenarier. SKB betonar att analyserna inte omfattar en komplett uppsättning scenarier. Några av de viktigare är normalscenario, typdefektscenario, istidsscenarioer och mänskligt orsakade scenarier.

Remissinstansernas synpunkter

Matematisk-naturvetenskapliga fakulteten vid Stockholms universitet/SU (Pereira) bedömer att RES-metoden är ett värdefullt och överskådligt instrument för konstruktion av scenarier men påpekar att varje scenario i sig inrymmer ett helt spektrum av osäkerheter som rör både experimentella data, indata till modeller och konceptuella modellosäkerheter. För varje scenario är det nödvändigt att diskutera dessa osäkerheter och hur de ska behandlas. SU pekar vidare på otydliga definitioner av scenarier i SR 95 bl.a. vad gäller relationen mellan "Referensscenario" och "Normalscenario". SU anser att det är missvisande att kalla ett scenario där inga kapslar går sönder för "Normalscenario" med tanke på att programmet för

inkapsling har som mål att högst 0.1% av alla kapslar ska vara behäftade med initiala defekter.

Forskningsrådsnämnden (FRN) och Naturvetenskapliga forskningsrådet (NFR) anser att "worst case" scenarier bör användas för att belysa övre gränser för de möjliga skadeverkningarna på förvarssystemet. Greenpeace tycker att scenariometodiken är väl beskriven men menar att valet av RES-metoden måste motiveras. Kungliga tekniska högskolan (KTH) menar att proceduren för val av scenarier behöver förtydligas.

SKIs bedömning

SKI anser att SKBs utvecklingsarbete med scenariometodik håller hög klass och att väsentliga framsteg gjorts i förhållande till FUD-program 92. Tillämpningen i SR 95 (kapitel 9) är ett bra exempel på en strukturerad beskrivning av förvarssystemet och scenarioanalys. Uppställningen i tabeller med Scenario, Initierande händelser, Konsekvenser och Analysmetod visar på ett översiktligt och spårbart sätt att härleda behov av analyser och beräkningar. SKI vill dock understryka att metodiken behöver vidareutvecklas och utvärderas innan den kan tillämpas i säkerhetsanalyser för kommande ansökningar. Dels måste en komplett systembeskrivning av förvarets olika delar byggas upp i matrisform, dels håller SKI med KTH om att proceduren för val av scenarier måste konkretiseras.

SKI vill också betona att SKB måste utarbeta en strategi för val av analysmetod och konceptuella modeller samt formulering av beräkningsfall för valda scenarier. SKI håller helt med SU om att osäkerheter inom ett scenario är minst lika viktiga som urvalet av scenarier. SKI anser att val av analysmetod måste motiveras och kunna härledas utifrån en övergripande strategi för propagering och utvärdering av parameterosäkerheter, process- och modellosäkerheter samt rumslig variabilitet.

SKB följer det internationella arbetet inom NEA när det gäller frågor om hur mänskligt handlande påverkar förvarets säkerhet, vilket SKI anser är en bra utgångspunkt. SKI anser dock att SKB måste utveckla en egen strategi för hur frågor om mänskligt intrång skall hanteras i kommande säkerhetsanalyser.

Mer detaljerade kommentarer till SKBs arbete med scenarier finns i avsnitt 4.2 i denna PM.

Osäkerheter och validering

I FUD-program 95 ges allmänna kommentarer om kunskapsläge och pågående utvecklingsarbete vad gäller osäkerheter och validering. SR 95 innehåller en principiell genomgång av förståelse och hantering av osäkerheter med hänsyn till dess roll i säkerhetsanalyserna. I kapitel 5.1.4 i FUD-program 95 konstaterar SKB att "Bedömningen av om kunskap och teknik för att hantera osäkerheter är tillräcklig - eller om de måste vidareutvecklas - är nära kopplad till hur förenklingar, pessimistiska antaganden och säkerhetsmarginaler hanteras i varje specifik analys".

Bland SKBs insatser på validering kan nämnas framtagning av "validitetsdokument" för analysmodeller samt pågående "valideringsexperiment" på Åspö, vilka syftar till att pröva de modeller och antaganden, t.ex. K_d -konceptet, som används i säkerhetsanalysen för att beräkna spridning av radionuklider i närområdet och berget.

Remissinstansernas synpunkter

SU och Greenpeace understryker att osäkerheter och hanteringen av dessa i hög grad påverkar resultaten från en säkerhetsanalys och menar att SKB behöver konkretisera metodik för hantering av..bl.a. konceptuella modellosäkerheter..Greenpeace menar att uppdelningen i tre säkerhetsnivåer (isolering, fördröjning och gynnsamma recipientförhållanden) är bra, men understryker att kopplingar måste beaktas (flerbarriärprincipen). SU anser att ett allsidigt utnyttjande av beräkningsmetoder såväl deterministiska som probabilistiska bör ske i kommande säkerhetsanalyser.

SU framhåller vidare att grad av validering eller tilltro till olika modeller är en kärnfråga för långsiktiga säkerhetsanalyser där prediktionerna inte kan verifieras mot experimentella data, och efterlyser därför mer omfattande insatser vad gäller modellvalidering och jämförelser mellan prediktioner och utfall. Greenpeace påpekar att valideringsprocessen av förundersökningsmetoder vid Äspö har tagit flera år och genomförs som en iterativ process i flera steg och anser därför att SKB bör redovisa vilka kriterier som används för att bedöma när valideringen/kunskapsunderlaget är tillräckligt i de olika stegen.

Lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk (LSNO), Oskarshamns kommun och Lokala säkerhetsnämnden vid Studsviks kärntekniska anläggningar (LSNS) efterlyser en tydlig redovisning av vad som är säkra fakta, expertbedömningar och värderingar i säkerhetsredovisningen. Instanserna anser att värderingar kan och ska diskuteras i MKB-arbetet och med allmänheten. NFR betonar att flera oberoende angrepp och metoder bör användas vid säkerhetsanalyserna för att studera resultatens känslighet för metodval, behandling av osäkerheter i ingångsdata m.m.

SKIs bedömning

SKB har i metodikkapitlet i SR 95 (kapitel 3) gjort en bra och välstrukturerad genomgång av olika aspekter på kvalitativa och kvantitativa osäkerheter och dess hantering i en säkerhetsanalys. Det är bra att SKB i FUD-program 95 diskuterar behovet av att pröva alternativa modeller och ansatser vid tolkningen av geologiska data och beskrivningen av förhållandena på en förvarsplats.

SKI håller med SKB om att ett flertal metoder idag finns tillgängliga för utvärdering av osäkerheter men vill i likhet med remissinstanserna starkt understryka att SKB behöver ta fram en transparent strategi för hur dessa metoder ska *tillämpas* i en integrerad säkerhetsanalys. Osäkerhetshandling är en integrerad del av hela säkerhetsanalysen, alltifrån analyser av data, val av konceptuella modeller och beräkningsfall till resultatolkning. Vidare är en systematisk analys av osäkerheter nödvändig för att kunna härleda resultat och slutsatser av säkerhetsanalysen till grundläggande data och antaganden i analysen av förvarssystemet och platsen. Osäkerhetsutvärdering är inte bara en känslighetsanalys med valda modeller ! SKI anser att deltagande i internationellt arbete t.ex. inom NEAs arbetsgrupp för jämförande säkerhetsanalyser (IPAG) är en viktig del av arbetet med osäkerhetshandling.

FUD-program 95 innehåller en väl genomförd genomgång av kunskapsläge och osäkerheter vad gäller enskilda processer och modeller av betydelse för förvarets långsiktiga säkerhet. I det beskrivande exemplet i SR 95 (kapitel 6) diskuteras osäkerheter i den geovetenskapliga

platsbeskrivningen i relation till platsspecifika data från bl.a. Äspö. SKI stöder SKBs arbete på detta område, men efterlyser en tydligare koppling mellan beskrivningen av osäkerheter i platsbeskrivningen och utvärderingen av långsiktig säkerhet. Bedömningar av om kunskapen om processer är tillräcklig, och om data och modeller är tillräckliga måste sättas i relation till osäkerheternas betydelse för övriga delar av säkerhetsanalysen. Det arbete som SKB inlett inom säkerhetsanalysprojektet (Hedin, 1995) och inom Äspöprojektet (Birgersson et al., 1995 och Olsson, 1995) med att beskriva osäkerheter utifrån säkerhetsanalysens behov är ett steg i rätt riktning.

SKBs arbete med att validera modeller för radionuklidtransport inom Äspöprojektet är av hög klass även i ett internationellt perspektiv. SKI ser också positivt på SKBs arbete med att ta fram "validitetsdokument" för olika beräkningsmodeller. Det är dock svårt att bilda sig en uppfattning om hur SKB planerar att *redovisa* valideringsfrågor med utgångspunkt från FUD-program 95 och SR 95. SKI vill framhålla att SKB bör utarbeta en tydlig plan för redovisning av valideringsfrågor i säkerhetsanalyser. Detta gäller alltifrån grundläggande data och antaganden i beskrivningen av en plats till de konceptuella modeller som används för att beräkna frigörelse och spridning av radionuklider i närområde och berg. SKI vill här upprepa de synpunkter som gavs på kompletteringen till FUD-program 92, nämligen att validering inte bara handlar om att verifiera att beräkningsmodellerna beräknar det vi tror att de beräknar. Den övergripande valideringsfrågan är om valda konceptuella modeller är relevanta för säkerhetsanalysens behov och hur väl modellerna beskriver de processer som ska modelleras.

Modellutveckling

SKB redovisar i FUD-program 95 omfattande modellutveckling inom ramen för arbetet med säkerhetsanalyser och inom Äspöprojektet. Detaljerade beskrivningar av tillgängliga modeller redovisas för enskilda ämnesområden bl.a. i avsnitten om kunskapsläge och stödjande FoU. SR 95 innehåller ett speciellt kapitel om de modeller som används för att beräkna radionuklidtransport, samt illustrerar tillämpningen av olika modeller i en säkerhetsanalys.

En av målsättningarna med modellutvecklingen är att ha tillgång till en praktiskt användbar kedja av beräkningsmodeller inför arbetet med kommande säkerhetsanalyser. Modellerna i säkerhetsanalysen omfattar bl.a. alternativa konceptuella modeller för beräkningar av grundvattenströmning, modeller för upplösning av bränsle och transport av radionuklider i närområdet och berget. Arbetet pågår med att utveckla ett meny-baserat användargränssnitt (MONITOR 2000) till programpaketet för kopplade probabilistiska beräkningar (PROPER).

Remissinstansernas synpunkter

Greenpeace noterar med tillfredsställelse att SKB planerar att utvärdera alternativa tolkningsmodeller inom Äspöprojektet och inom andra områden men efterlyser en tydligare diskussion om olika modellers roll i säkerhetsanalysen t.ex. vad gäller osäkerheter och grundläggande antaganden associerade med olika modeller, kvarvarande utvecklingsbehov och hur alternativa modeller kommer att användas för olika analyser. Greenpeace menar också att SKB bör göra en utvärdering av MONITOR 2000 innan den tillämpas i säkerhetsanalyser.

SU konstaterar att mycket arbete har lagts ned på att pröva olika konceptualiseringar inom hydrologiområdet, men att mindre arbete gjorts inom modellering av radionuklidtransport. SU anser att monitoringsprogrammet, PROPER, som tillåter full användning av probabilistisk behandling, är ett kraftfullt verktyg som bör utnyttjas i större utsträckning än vad som antyds i FUD-program 95 och SR 95. Vidare bör mer experimentellt arbete läggas ned på att bestämma korrelationer mellan olika parametrar samt inkorporera dessa i de deterministiska och probabilistiska modellerna. SU menar också att mer sofistikerade temperaturberäkningar med utgångspunkt från preliminär geometri och design av ett fullskaleförvar bör genomföras inför nästa säkerhetsanalys.

Lunds universitet efterlyser en analys av grundvattnets omsättningsförlopp på stora djup inför förestående arbeten med alternativa deponiområden. KTH menar att SKB saknar övergripande synsätt vad gäller kopplingar mellan modeller för grundvattenmodellering, radionuklidtransport och bergmekanisk modellering.

SKIs bedömning

SKI bedömer att SKB har tillgång till ett brett utbud av relevanta modeller för olika ändamål i en säkerhetsanalys. SKI har i tidigare FUD-granskningar betonat vikten av att SKB skiljer på grundläggande konceptuella antaganden och numeriska modeller/datorkoder och ser därför mycket positivt på den tydliga redovisningen av terminologi och användningsområden för olika modeller i FUD-program 95 (kapitel 5.1.2) och i SR 95 (kapitel 11).

Arbetet med att ta fram ett nytt monitoringsprogram (MONITOR 2000) för att kunna köra en hel kedja av olika undermodeller är lovvärt. Rätt använt är det ett kraftfullt verktyg. SKI vill dock varna för att man med en alltför hög grad av automatisering av beräkningarna riskerar att förbise de konceptuella osäkerheterna i de ingående undermodellerna. SKI håller med SU om att mer arbete behöver göras för att utreda validiteten (eller trovärdigheten) av de förenklade modeller som används för att modellera radionuklidtransport i en säkerhetsanalys.

FUD-program 95 och SR 95 ger en bra översikt av de modeller som ska utnyttjas i en säkerhetsanalys. SKI konstaterar dock, i likhet med Greenpeace och SU, att SKB behöver utarbeta en strategi för hur dessa modeller ska tillämpas. Viktiga frågor är användning och utvärdering av alternativa konceptuella modeller, systematik i överföring av data mellan olika modeller och beräkningar, formulering av beräkningsfall och spårbarhet i hantering av osäkerheter. SKI efterlyser också en bredare diskussion om tillämpbarheten av olika konceptuella modeller, t.ex. om platsundersökningarna ger tillräckliga indata för en viss modell, och på vilket sätt val av modell påverkar uppläggningsprogrammet.

Det är tillfredsställande att SKB utvecklat ett program för utnyttjande av paleohydrogeologiska data för att öka förståelsen av bl.a. grundvattenflöde och geokemiska förhållanden i ett regionalt perspektiv. SKI vill dock upprepa tidigare kritik mot SKBs slutsats att förekomst av "gammalt" grundvatten med hög salthalt är entydigt med stagnanta grundvattenförhållanden. Det kustnära området kring Äspö är t.ex. ett utströmningsområde för djupt grundvatten som infiltrerats i de centrala delarna av småländska höglandet. Med en enkel överslagsberäkning kan man förvissa sig om att man i själva verket bör förvänta sig en grundvattenålder på runt en miljon år för det vatten som transporterats i berget ca. 100

km från småländska höglandet till kusten. Frågan är principiellt mycket viktig, eftersom den påverkar behovet av att utveckla modeller för grundvattentransport och geokemisk utveckling i regional skala i samband med utvärderingen av en förvarsplats.

Kvalitetssäkring

SKB redovisar i FUD-program 95 att arbete pågår för att ta fram kvalitetsrutiner för kommande säkerhetsanalyser. Som exempel på viktiga frågor anger SKB valideringsdokument för modeller, versionshantering av datormodeller och ingångsdata samt dokumentation och spårbarhet av genomförda beräkningar. Vidare nämns att en ny databas (SICADA) och ett datorbaserat visualiseringsverktyg håller på att utarbetas. Arbete pågår också för att öka förståelsen av representativitet av olika geologiska data.

SKIs bedömning

Erfarenheterna från SKIs egna analyser av förundersökningsdata från Äspö har visat på brister i den grundläggande dokumentationen av platsundersökningsdata. Bristerna gäller rutiner för överföring av data från fält till databaser och dokumentation och spårbarhet av mätningar och tolkningar av data. SKI ser därför positivt på det utvecklingsarbete som SKB har inlett. Med utgångspunkt från redovisningen i SR 95 vill SKI också påminna SKB om att även uppläggningsen av själva analysen, t.ex. propagering av osäkerheter, informationsöverföring mellan olika analyser och dokumentation av antaganden och förenklingar är viktiga delar av kvalitetssäkringen av en säkerhetsanalys. Sammanfattningsvis anser SKI att SKB bör presentera ett komplett kvalitetssystem för säkerhetsanalyser som kan granskas av säkerhetsmyndigheter och andra berörda parter innan säkerhetsanalysen för inkapslingsanläggningen genomförs.

8.2.2 Mall för uppläggning av fortsatta säkerhetsredovisningar (SR 95)

Den stora nyheten vad gäller redovisning av säkerhetsanalyser i FUD-program 95 är att SKB tagit fram en mall för planerade säkerhetsredovisningar. Mallen presenteras i en speciell rapport (SR 95) som innehåller en synopsis som beskriver den allmänna uppläggningsen av en säkerhetsredovisning. SR 95 innehåller också ett beskrivande exempel på vad som kan ingå i de olika kapitlen med utgångspunkt från kunskapsläget idag samt några illustrativa beräkningar baserade på Äspödata. Mallen syftar bl.a. till att förenkla framtida framställning av säkerhetsrapporter och till att underlätta uppföljning av hur säkerhetsanalyser och bedömningar successivt kompletteras och detaljeras i olika arbetskedan.

Remissinstansernas synpunkter

SU anser att SR 95 mallen är värdefull och välstrukturerad. Greenpeace menar att SR 95 representerar ett nytt utvecklingsarbete och därför behöver genomgå granskning innan den tillämpas. LSNO och Oskarshamns kommun efterlyser klagörande i ett tidigt skede om tillämpning av olika platsvals faktorer i kommande platsspecifika säkerhetsanalyser i olika faser av programmet.

Ett flertal remissinstanser anser att vad som är helt avgörande för om djupförvarsfrågan ska kunna lösas är att det övertygande går att visa att ett djupförvar kan bedömas som säkert och att detta ställer höga krav på den säkerhetsredovisning som SKB tar fram. Remiss-

instanserna menar att det är helt nödvändigt att säkerhetsanalysen redovisas så att den kan förstås av allmänhet, deltagare i MKB-arbetet och beslutsfattare.

LSNO, Oskarshams kommun och LSNS betonar att SKB måste klargöra vad som är säkra fakta, expertbedömningar och värderingar i säkerhetsredovisningen. Dessa remissinstanser anser att SKB i FUD-program 95 inte redovisar sin syn på hur värderingsfrågorna ska hanteras. Remissinstanserna menar att dessa värderingar dels måste redovisas tydligt, dels måste bli föremål för diskussion i MKB-arbetet.

SKIs bedömning

SKI bedömer att SKBs mall för säkerhetsanalyser (SR 95) utgör ett logiskt och flexibelt ramverk för presentation av kommande säkerhetsredovisningar, även om den detaljerade strukturen behöver preciseras för att bättre belysa osäkerhetshantering, målsättning och kopplingar mellan olika analyser. SKI vill dock understryka att myndigheter och experter inte är de enda användarna av det viktiga underlag som utgörs av en samlad säkerhetsanalys. Remissinstansernas synpunkter visar tydligt att det finns behov av mer lättfattliga versioner av säkerhetsredovisningar. Det kan ställas kompletterande krav på sådan redovisning från t.ex. kommuner och andra MKB-aktörer. SKI förutsätter att SKB, i god tid inför ansökan om inkapslingsanläggningen, måste föra en dialog med både myndigheter och andra parter om uppläggningsen av säkerhetsredovisningar, för att försäkra sig om att de ger ett tillräckligt och allsidigt beslutsunderlag.

SKI ser mycket positivt på att SKB lägger stor vikt vid att göra en tydlig beskrivning av säkerhetsanalysens *syfte och förutsättningar*. SKI konstaterar att de inledande kapitlen i dispositionen, i allt väsentligt, belyser grundläggande behov av nödvändig bakgrundsinformation till en säkerhetsredovisning, t.ex. vad gäller syfte och avgränsningar, redovisning av säkerhetsmål och kriterier och dess tillämpning samt metodikbeskrivning.

I kapitel 3 redovisar SKB den valda *metodiken* för säkerhetsvärderingen. Redovisningen omfattar bl.a:

- krav på säkerhetsmässigt underlag i förhållande till aktuella beslut
- omfattning och avgränsningar och dess inverkan på säkerhetsanalysen
- scenariometodik
- osäkerhetshantering
- kvalitetsrutiner.

De följande två huvudavdelningarna i SKBs mall beskriver *förvarssystemet* och *förvarssystemets utveckling med tiden*. Beskrivningen av förvarssystemet omfattar det använda bränslet, förvarssystemets uppbyggnad, platsens egenskaper, inplacering av förvaret och biosfären. I den andra avdelningen redovisas modeller och analyser av förvarssystemet och dess framtida utveckling. SKI vill betona att kopplingarna mellan dessa två huvudavdelningar måste tydliggöras. Det måste t.ex. vara möjligt att kunna härleda val av konceptuella modeller och beräkningsfall som presenteras i beräkningsavsnitten från beskrivningen av platsen och förvarssystemet. Beskrivningen av platsens egenskaper (så som den är tänkt att presenteras i kapitel 6) utgör t.ex. ett första steg i utvecklingen av konceptuella modeller för analys av förvarssystemets utveckling och beräkningar av radionuklidtransport. Vidare är många av de modeller (t.ex. för beräkningar av grundvatten-

strömning) som introduceras i analysavdelningen (kapitel 11) verktyg som också används för att bygga upp en förståelse av platsens egenskaper. Frågor om modellvalidering och osäkerhetsbeskrivning måste kopplas till båda avsnitten.

SKI stöder tanken på att dataunderlaget och en beskrivning av dess användning, både platsspecifik information och annan relevant kunskap, bör presenteras i ett separat avsnitt. Eftersom dataunderlaget successivt kommer att öka efter hand som försvarssystemets utvecklas och nya mätningar genomförs på en plats, kommer dataunderlaget att variera för olika säkerhetsredovisningar. SKI anser att resultat och osäkerheter i varje enskild säkerhetsredovisning måste ställas i relation till aktuell kunskapsbas och tillgängliga data.

8.3 Beslutsunderlag vid ansökningar

SKB anger i kapitel 10 i FUD-program 95 de ansöknings- och beslutstillfällena till vilka SKB avser att ta fram underlag. Det innebär i korthet ansökan om tillstånd för inkapslingsanläggningen (lokalisering och bygge), ansökan om tillstånd för djupförvaret (lokalisering, uppförande, inkl. viss utbyggnad), ansökan om tillstånd för drift - steg 1 (start inkapsling, start av deponering), ansökan om tillstånd för reguljär drift - steg 2, samt avveckling. I kapitel 10 i FUD-program 95 anger SKB också de säkerhetsanalyser och säkerhetsrapporter som ska tas fram vid de olika ansöknings/beslutstillfällena.

Figur 1 (se sid. 111) illustrerar översiktligt SKIs tolkning av viktiga steg i beslutsprocessen för slutförvarsprogrammet fram till och med ansökan om tillstånd att få inleda driften av ett fullstort djupförvar. Tidsmarkeringarna är ungefärliga och baserar sig på SKBs redovisning i FUD-program 95. De lagprövningar enligt kärntekniklagen (KTL) och naturresurslagen (NRL) som anges för olika ansökningstillfällena i figuren ska ses som *en* möjlig modell. Den slutliga utformningen av beslutsprocessen och omfattning av olika tillstånd bestäms av regeringen. Syftet med figuren är att ge ett underlag för diskussionen om krav på säkerhetsredovisningar nedan, samt att visa på samband mellan olika ansöknings- och prövningstillfällena. Utöver det som redovisas i figur 1 tillkommer andra krav på redovisning med koppling till miljökonsekvensbeskrivningar, andra lagprövningar samt förnyade granskningar av SKBs FUD-program.

8.3.1 Säkerhetsrapportering vid ansökan om tillstånd för inkapslingsanläggningen

Syfte och omfattning

I regeringsbeslutet angående SKBs kompletterande redovisning till FUD-program 92 angav regeringen att SKB bör genomföra en samlad säkerhetsvärdering av hela slutförvarssystemet (systemprövning) inför ansökan om tillstånd för lokalisering och bygge av inkapslingsanläggningen. I FUD-program 95 anger SKB att den samlade och ingående analysen för inkapslingsanläggningen kommer att omfatta fem separata säkerhetsrapporter: (1) inkapslingsanläggning, (2) transportsystem, (3) djupförvarets långsiktiga säkerhet, (4) nollalternativ samt (5) anläggning för torrlagring av eventuellt återtaget kärnbränsle.

Syftet med ansökan är enligt SKIs mening, förutom att lokalisera inkapslingsanläggningen, att pröva KBS-3 metoden och visa att kapslar som uppfyller de långsiktiga funktionskraven

i djupförvaret kan tillverkas på ett säkert sätt i inkapslingsanläggningen, samt att visa på rimligheten att det går att finna en lämplig plats för ett slutförvar enligt KBS-3-metoden.

Remissinstansernas synpunkter

Flertalet remissinstanser framhåller behovet av att i en samlad analys knyta ihop inkapslingsanläggning, kapsel, transporter och djupförvar. Viktiga frågor som diskuteras är t.ex:

- redovisning av övergripande systemavgränsning i tid och rum för systemanalysen
- behovet av utförligt redovisade alternativ inklusive nollalternativ
- redovisning av hur transportsystem, inkapslingsanläggning och slutförvar påverkar och binder upp varandra
- redovisning av säkerhetsmässiga kopplingar mellan SFL-2 och SFL 3-5
- redovisning av de säkerhetsmässiga förlopp som kan gå fel både i hanteringen av kärnbränslet samt vid själva djupförvaret.

Boverket m.fl. menar att den föreslagna slutförvarsmetoden bör prövas och utvärderas innan SKB kan gå vidare med slutförvarsprogrammet. KTH anser att preliminära säkerhetsanalyser behöver göras redan vid det första valet av möjliga djupförvarsplatser.

Lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk och Oskarshamns kommun framför i sitt remissvar att kommunen inte kan ta ställning till en inkapslingsanläggning förrän en ansökan om detaljundersökning av en plats för djupförvaret föreligger. Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen är av samma åsikt och menar att projekteringen av inkapslingsanläggningen bör anstå till dess att SKB kunnat dokumentera att man funnit en plats som garanterar ett säkert slutförvar.

Oskarshamns kommun och lokala säkerhetsnämnden vid Studsviks kärntekniska anläggningar konstaterar att SKB delar upp säkerhetsredovisningen i sina olika delar, d.v.s. inkapslingsanläggning, transporter och djupförvar, utan att redovisa hur hela systemet ska värderas med avseende på säkerhet och strålskydd. Remissinstanserna menar att om en samlad säkerhetsanalys ska kunna genomföras måste grunderna för arbetet klargöras tidigt. Det är också viktigt att myndigheterna tidigt i MKB-arbetet dels klargör sina krav på systemanalysen, dels anger normer och kriterier för att bedöma denna.

Statens strålskyddsinstitut (SSI) menar att SKB bör betrakta hela förvarssystemet, d.v.s. inkapsling, transporter till och inom förvaret och sena doser, som en enhet ur strålskyddssynpunkt, och försöka minimera summan av samtliga doser i stället för att optimera enskilda undersystem.

SKIs bedömning

SKI anser att eftersom ansökan om tillstånd för inkapslingsanläggningen är en prövning av hela systemet, bör SKB översiktligt redovisa placering och utformning även av förvaret för annat långlivat avfall (SFL 3-5), inte minst av acceptansskäl i MKB-processen. SKB bör också kunna visa att det inte finns någon säkerhetsmässig koppling mellan de olika förvaren som påverkar funktionskraven på kapseln.

SKI ser positivt på att SKB redovisar ett konkret program för genomförande av säkerhetsanalyser inför kommande tillståndsansökningar. SKI anser dock, i likhet med remissinstanserna, att SKB måste klargöra sin strategi för hur olika delanalyser ska vägas samman. SKI anser att säkerhetsredovisningen inför ansökan tillstånd för om inkapslingsanläggningen bör *kompletteras med en övergripande systemrapport* som på ett lättillgängligt sätt sammanfattar de detaljerade säkerhetsrapporterna för inkapslinganläggningen, transporter, djupförvar och deras inbördes kopplingar, samt redovisar alternativ inklusive nollalternativ. SKI vill också understryka att omfattning och avgränsningar i säkerhetsrapporterna behöver diskuteras med säkerhetsmyndigheter och med parterna i MKB-arbetet.

SKI anser att tyngdpunkten i ansökan om tillstånd för inkapslingsanläggningen ska ligga på en samlad säkerhetsvärdering, för att belysa kopplingar mellan olika delar av slutförvarssystemet tillsammans med beskrivningen av driften av inkapslingsanläggningen. Kravet på systemredovisning innebär att SKB ska visa att systemlösningen är realistisk, d.v.s. att SKB kan tillverka kapslar av verifierbar kvalitet som uppfyller kraven på långsiktig säkerhet och att det är möjligt att finna platser som ger tillräcklig säkerhet tillsammans med dessa kapslar.

Utöver detta underlag finns ett antal aspekter med stark koppling till säkerhetsanalys för djupförvaret som är av central betydelse för SKBs fortsatta program, t.ex. står SKB i begrepp att utveckla ett program för ytbaserade platsundersökningar. SKI anser att säkerhetsanalysen för djupförvaret bör utformas så att den kan användas som stöd och motivation för den platsundersökningsmetodik som SKB planerar att använda vid platsundersökningarna. Den övergripande målsättningen är att se till att generella säkerhetskrav kan kvantifieras med mätbara platsegenskaper. SKB behöver också precisera och kvantifiera de allmänna platsvalsfaktorer som presenterats i kompletteringen till FUD-program 92 inför val av två förstudieplatser för ytbaserade platsundersökningar. Slutligen anser SKI att SKB bör demonstrera sin metodik för säkerhetsanalys. Flertalet av de metoder och koncept, t.ex. metodik för scenarier och osäkerhetshantering, som beskrivs i FUD-program 95 och SR 95 är under utveckling och har tidigare inte tillämpats i en fullständig säkerhetsanalys.

Säkerhetsrapport för inkapslingsanläggningen

SKB anger att rapporten till sin uppläggning kommer att likna de preliminära säkerhetsrapporter som sammanställts inför byggande av kärnkraftanläggningar och CLAB. SKI har inget att invända mot att den preliminära säkerhetsrapporten för CLAB är utgångspunkt vid uppläggningen av säkerhetsrapporten för inkapslingsanläggningen.

Vad som tillkommer är en beskrivning av de krav som ställs på kapseln med hänsyn till strålskydd och säkerhet (även långsiktig), den kvalitet i inkapsling som kan erhållas, den prövning som ska göras för att visa att kraven uppnåtts samt hur eventuellt defekta kapslar ska hanteras. Detta innebär bl.a. att SKB ska visa att kapslar av erforderlig och verifierbar kvalitet enligt konstruktionsförutsättningarna kan tillverkas och förslutas i serieproduktion inom angiven felfrekvens. SKB ska också redovisa avvägningar mellan säkerhets- och strålskydds krav.

SKI anser att säkerhetsredovisningen för inkapslingsanläggningen ska beskriva:

- anläggningen, processerna och kvalitetssäkringen
- säkerhets- och strålskyddsanalyser för drift av anläggningen inklusive hantering av

- defekta kapslar
- hantering av frågor om icke spridning av kärnvapen.

Det sistnämnda innebär t.ex. att Euratom ska komma med i projekteringen av inkapslingsanläggningen på ett tidigt stadium.

Vidare ska en *egen rapport för kapseln* finnas, som omfattar:

- en härledning av konstruktionsförutsättningar för kapseln (från säkerhets- och strålskydds krav på kapseln i djupförvaret, samt från säkerhets- och strålskydds krav vid hantering och drift)
- beskrivningar av teknik för serietillverkning av kapslar inklusive tillverkning, förslutning och kvalitetskontroll.

Säkerhetsrapport för djupförvar, ingående i ansökan om tillstånd för inkapslingsanläggningen

I enlighet med regeringsbeslutet efter kompletteringsrapporten till FUD-program 92 avser SKB att ta fram en rapport för djupförvarets långsiktiga säkerhet. Rapporten kommer att ingå som en del av underlaget till ansökan om att lokalisera och bygga inkapslingsanläggningen. Med den nu aktuella tidplanen för platsundersökningar kommer inte data från kandidatplatser att kunna användas, utan analysen kommer att baseras på data som speglar typiska förhållanden i svensk kristallin berggrund.

Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen och Oskarshamns kommun menar att en sådan säkerhetsanalys inte ger ett tillräckligt underlag för att kunna ta ställning till en ansökan om tillstånd att uppföra inkapslingsanläggningen.

SKI bedömer att det är en rimlig ansats att säkerhetsanalysen för djupförvarets långsiktiga säkerhet som ingår som en del i ansökan för inkapslingsanläggningen, baseras på existerande data från SKBs undersökningsplatser (Äspö, Stripa och tidigare typområden). Med hänsyn till ovan redovisade krav och de samlade kraven på systemredovisningen anser SKI att SKB bör genomföra en fullständig säkerhetsanalys baserad på data från en verklig plats. Platsen bör väljas så att dess egenskaper ligger inom ramarna för vad som kan förväntas på en verklig förvarsplats.

SKI anser att SKB, med utgångspunkt från en sådan platsspecifik säkerhetsanalys, ska:

- redovisa funktionskrav för kapseln (såväl för driftskedet som långsiktig säkerhet)
- precisera de generella platsvalsfaktorer som presenterats i kompletteringen till FUD-program 92, inför val av två platser för platsundersökningar
- härleda vilka parametrar som behöver mätas i en platsundersökning
- redovisa ett platsundersökningsprogram med relevanta metoder för att mäta dessa parametrar.

Vad gäller kapselns funktion i djupförvaret och möjligheterna att finna en plats som uppfyller kraven på långtidssäkerhet krävs också att SKB visar på betydelsen av variationer mellan olika platser. Detta kan göras genom kompletterande känslighetsanalyser med hänsyn till konceptuella osäkerheter i olika processmodeller och den allmänna kunskapen om

variabilitet hos kemiska, hydrologiska och bergmekaniska parametrar i kristallint berg. SKB anger att rapporten kommer att behandla förståelsen av kapselns långsiktiga säkerhetsfunktion under både förväntade och rimligt ogynnsamma förhållanden i förvaret. SKI anser att detta inte får begränsas till t.ex. typdefektscenariet (som det är skisserat i SR 95), utan måste omfatta scenarier som väsentligen påverkar kapseln och dess funktion.

I regeringsbeslutet angående SKBs komplettering av FUD-program 92 kopplades kravet om systemprovning till ansökan om inkapslingsanläggningen, vilken enligt SKBs tidsplan kommer att inlämnas under 1997/1998. SKI anser dock att en förnyad säkerhetsanalys för djupförvaret också behövs inför lokalisering av två platser för platsundersökningar och genomförande av ytbaserade platsundersökningar, eftersom säkerhetsanalysen ger underlag för preciseringar av platsvalsfaktorer och ställer krav på program för platsundersökningar. Med hänsyn till osäkerheterna i SKBs tidsplan finns en risk att ansökan om tillstånd för inkapslingsanläggningen kommer att inges först efter det att platsundersökningarna påbörjats. *SKI föreslår därför att regeringen fastställer kravet på en förnyad säkerhetsanalys som ett villkor för att få påbörja platsundersökningar alternativt som ett redovisningskrav i samband med FUD-program 98.*

Övrig redovisning vid ansökan om tillstånd för inkapslingsanläggningen

SKB anger i FUD-program 95 att underlaget vid ansökan om tillstånd för inkapslingsanläggningen även kommer att innefatta en redovisning av transportsystemet, säkerhetsvärdering av nollalternativ enligt MKB-krav samt säkerhetsvärdering av anläggning för torrlagring av eventuellt återtaget bränsle.

Av det ökande systemtänkandet när det gäller sambanden mellan inkapslingsanläggningen och djupförvaret, följer att även transporterna bör ingå i analysen av hela systemet. SKI, liksom många remissinstanser, ser dessa samband som viktiga och har påtalat behovet av en systemredovisning.

SKBs redovisning av alternativ har omfattat bl.a. olika utformning av tunnelsystem och djupa borrhål för deponering av kapslar. Ytterligare en metod som redovisas i FUD-program 95 är s.k. transmutation genom vilken långlivade radionuklider bestrålas med neutroner så att dessa omvandlas till mer stabila eller mer kortlivade radionuklider. Som alternativ kan också i viss utsträckning olika varianter av KBS-3 metoden ses. SKI, liksom några remissinstanser, bl.a. SSI, vill se att det s.k. nollalternativet redovisas bättre än vad som hittills skett. Nollalternativet är vad som sker om inte det planerade programmet kan genomföras. Då måste det använda bränslet för en längre tid förvaras i CLAB. Eventuellt kan då också en övergång till torrlagringsmetoder komma att övervägas. I detta sammanhang bör även den planerade lagringen av bränsle i förslutna kapslar studeras.

SKI anser därför att systemredovisningen skall innehålla:

- En samlad utvärdering av hela systemet. SKI anser att regeringens krav på systemredovisning medför att förvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall (SFL 3-5) behöver beskrivas översiktligt. Framförallt måste SKB visa att lokaliseringen av SFL 3-5 i anslutning till förvaret för använt bränsle inte påverkar funktionskraven på kapseln.
- En redovisning av alternativ, inklusive nollalternativ (förlängd mellanlagring) och

detaljutförningar av det sökta alternativet, samt återtagning och torrlagring av deponerat bränsle.

- En beskrivning av kopplingar och avvägningar mellan olika systemlösningar, med fokus på kapselns funktion, samt motiveringar för valda alternativ.

8.3.2 Säkerhetsrapportering för ansökan om tillstånd för djupförvaret

Syfte och omfattning

I regeringsbeslutet angående SKBs kompletterande redovisning till FUD-program 92 angav regeringen att ansökan om tillstånd för detaljundersökningar utgör ett första steg i uppförandet av en kärnteknisk anläggning och därför ska prövas enligt KTL. SKB tolkar i FUD-program 95 detta som att ansökan omfattar tillstånd att lokalisera och påbörja bygge av ett djupförvar på platsen.

Enligt FUD-program 95 avser ansökan tillstånd enligt NRL och KTL att få lokalisera djupförvaret och att genomföra detaljerade geovetenskapliga undersökningar för att bekräfta bergets lämplighet för förläggning av ett djupförvar för långlivat radioaktivt avfall. Vid ansökan, som inlämnas efter det att ytbaserade undersökningar genomförts, avser SKB att ta fram följande underlag: (1) säkerhetsrapport för transport av inkapslat bränsle från inkapslingsanläggningen till djupförvaret, (2) säkerhetsrapport för drift av djupförvaret, inklusive eventuellt återtagande av inkapslat bränsle, (3) jämförelse mellan de undersökta platserna m.a.p. säkerhet och byggbarhet, samt (4) säkerhetsrapport för djupförvaring av långlivat avfall.

Remissinstansernas synpunkter

Lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk och Oskarshamns kommun, liksom Lokala säkerhetsnämnden vid Studsviks kärntekniska anläggningar anser att det är oklart om SKB avser att presentera platsspecifika säkerhetsanalyser för de båda platserna. Nämnderna och kommunen förutsätter dock att platsundersökningar genomförs på en sådan nivå att platsspecifika säkerhetsanalyser kan genomföras och att dessa redovisas i en ansökan om tillstånd inför detaljundersökning av en plats.

Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen menar att det vore ytterst märkligt om tillstånd för att genomföra detaljstudier och att bygga slutförvaret gavs vid ett och samma tillfälle, d.v.s. att tillstånd ges för att börja bygga djupförvaret innan SKB undersökt en av de grundläggande förutsättningarna (att visa att platsen är lämplig) för att bygga djupförvaret. Greenpeace framför att en granskning behövs mellan detaljundersökning och start av bygget av slutförvaret, för att undvika att SKB satsar så mycket på platsen att det blir mycket svårt att avbryta. ABB Atom AB ställer frågan hur det kan komma sig att det krävs tillstånd enligt KTL för att påbörja detaljundersökningen, och undrar om tolkningen av regeringens beslut är rätt.

SKIs bedömning

SKI ansåg i sin granskning av kompletteringen till FUD-program 92 att detaljundersökningen ska ses som att inleda arbete på en kärnteknisk anläggning, eftersom schakt och tunnlar kommer att utgöra delar i slutförvaret om detaljundersökningen leder vidare till att

bygga förvar. Prövning ska då även ske enligt KTL. SKI delar SKBs tolkning av regeringsbeslutet efter kompletteringen av FUD-program 92 att det krävs tillstånd enligt KTL för att påbörja detaljundersökningen.

SKI anser dock att informationen från detaljundersökningen bör integreras i säkerhetsanalysen för djupförvaret och genomgå en förnyad granskning, innan byggandet av själva förvarsdelarna fortsätter. SKI vill dock inte med en sådan mellanliggande granskning omöjliggöra för SKB att göra en mindre mängd deponeringstunnlar och -hål inom ramen för detaljundersökningen, eftersom det kan ge värdefull information till karakteriseringen av platsen. Enligt SKIs uppfattning bör kravet på en uppdaterad säkerhetsanalys inför utbyggnad av förvarsdelarna för steg 1 (5-10% av det använda bränslet) formuleras som ett villkor till tillstånd att få påbörja detaljundersökningar.

SKI förutser en stegvis beslutsprocess med regerings- och myndighetsprövningar inför de olika stegen av utbyggnad och drifttagande av steg 1 (se vidare avsnitt 8.4.2)

SKIs synpunkter angående en samlad analys gäller även ansökan om tillstånd för djupförvaret, dvs att SKI ser positivt på att SKB redovisar ett konkret program för hur säkerhetsanalyser inför kommande tillståndsansökningar ska genomföras. SKI anser dock, i likhet med remissinstanserna, att SKB måste klargöra sin strategi för hur olika delanalyser ska vägas samman. SKI anser att säkerhetsredovisningen inför ansökan tillstånd för om djupförvaret bör *kompletteras med en övergripande systemrapport* som på ett lättillgängligt sätt sammanfattar de detaljerade säkerhetsrapporterna för drift, transporter, djupförvarets långsiktiga säkerhet och jämförelsen mellan de två platserna, samt den inbördes kopplingen mellan rapporterna. SKI vill också understryka att omfattning och avgränsningar i säkerhetsrapporterna behöver diskuteras med säkerhetsmyndigheter och med parterna i MKB-arbetet.

Rapport om djupförvarets långsiktiga säkerhet och Jämförelsen mellan de undersökta platserna

SKB avser att redovisa en platsspecifik analys av säkerheten för ett djupförvar placerat på den kandidatplats som väljs för detaljundersökningar. Jämförelsen mellan de två kandidatplatserna kommer att redovisas i en separat rapport. Utvärderingen kommer att göras till likvärdig nivå för båda kandidatplatserna med avseende på geologisk strukturmodell, modelleringen av grundvattenrörelserna och identifiering av områden där djupt grundvatten når biosfären. SKB anger att en viktig del i jämförelsen mellan de två platserna kommer att vara platsernas potential att kunna ge en säker slutförvaring med hänsyn tagen till kvarstående osäkerheter.

Som framförts ovan menar Lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk och Oskarshamns kommun, liksom Lokala säkerhetsnämnden vid Studsviks kärntekniska anläggningar att det är oklart om SKB avser att presentera platsspecifika säkerhetsanalyser för de båda platserna.

SKI håller med remissinstanserna om att det är oklart hur omfattande analyserna kommer att vara för de två platserna. Det framgår t.ex. inte tydligt om radionuklidtransport kommer att analyseras för båda platserna. SKI anser att för att kunna jämföra platsernas lämplighet måste analyserna för de båda platserna innehålla hela kedjan av analyser som ingår i en

integrerad säkerhetsanalys. Detta innebär t.ex. att analys av radionuklidtransport ingår. Eftersom delar av förutsättningarna för de integrerade säkerhetsanalyserna är lika (t.ex. bränsle, kapsel, delar av scenariearbetet) för de bägge platserna, kan en del material tas fram gemensamt. Likaså kan känslighetsanalyser och kännedom om parametervärden eventuellt göra att en del beräkningar av radionuklidtransport kan användas för bägge platserna.

SKI anser att de geovetenskapliga platsundersökningarna på de två kandidatplatserna bör vara likvärdiga och vara tillräckligt omfattande för att ge underlag för utvärdering av säkerheten av ett fullstort förvar. SKI anser att detta är en förutsättning för att man skall kunna göra en meningsfull jämförelse mellan de olika kandidatplatsernas potential till säker slutförvaring.

SKI anser vidare att specifikationerna i den preliminära säkerhetsrapporten för inkapslingsanläggningen är en naturlig utgångspunkt för att hämta kapseldata till rapporten om djupförvarets långsiktiga säkerhet, men att erfarenheterna från fortsatt forskning och utveckling inom områdena kapsel och inkapsling måste integreras i den analys av djupförvaret som lämnas vid ansökan om tillstånd för djupförvaret.

SKB skriver i FUD-program 95 att vid en tillräcklig och väsentligen likvärdig säkerhetspotential på de båda platserna kommer jämte säkerhetsaspekterna även andra förläggningsfaktorer att vägas in. SKI vill understryka att motiven för val av prioriterad plats måste redovisas tydligt, såväl säkerhetsaspekter som andra förläggningsfaktorer.

Övrig redovisning vid ansökan om tillstånd för djupförvaret

SKB anger i FUD-program 95 att underlaget vid ansökan om tillstånd för djupförvaret även kommer att innefatta en redovisning av transportsystemet och en säkerhetsrapport för driften av djupförvaret.

På samma sätt som vid ansökan om inkapslingsanläggningen ger det ökande systemtänkandet när det gäller sambanden mellan inkapslingsanläggningen och djupförvaret att även transporterna bör ingå i analysen av hela systemet. SKI, liksom många remissinstanser, ser dessa samband som viktiga och har påtalat behovet av en systemredovisning.

SKB skriver i FUD-program 95 under rubriken "Säkerhetsrapporten för driften av djupförvaret" att analyserna av djupförvarets långsiktiga säkerhet kan föranleda krav på metoderna för att bygga ut förvaret eller för att tillverka barriärkomponenterna. SKI vill poängtera att analyserna av djupförvarets långsiktiga säkerhet inte bara kan, utan ska, användas som underlag när kraven på metoderna att bygga ut förvaret och att tillverka barriärkomponenter tas fram. Detta är ett typexempel på kopplingar som behöver tas upp i den samlade analysen.

Den samlade bedömningen av djupförvarsanläggningen bör redovisas i en separat systemrapport som belyser säkerhets- och strålskyddsfrågor för de olika delarna i förvarssystemet. Systemrapporten ska bygga på detaljerade säkerhetsredovisningar för inkapslingsanläggningen, jämförelse mellan platserna, djupförvarets långsiktiga säkerhet, transportsystem, förvar för långlivat medelaktivt avfall, strålskyddsfrågor, alternativ, säkerhet under drift, icke spridning av kärnavapen etc.

8.3.3 Säkerhetsrapportering för ansökan om tillstånd för drift - steg 1

Vid ansökan om tillstånd att kapsla in bränsle och tillstånd att ta i drift djupförvarets steg 1 planerar SKB att lämna följande underlag:

- Säkerhetsrapport för drift av inkapslingsanläggningen
- Säkerhetsrapport för transporter av inkapslat kärnbränsle
- Säkerhetsrapport för drift av djupförvarets steg 1
- Säkerhetsrapport för djupförvaret efter förslutning, steg 1.

Mängden kapslar som ska deponeras i steg 1 anges av SKB som 5-10% av den slutliga mängden.

SKI kommer i ett senare skede att precisera villkor och krav på redovisning för prövningen av drift av anläggningen (KTL-prövning). Ett viktigt krav är t.ex. att SKB med utgångspunkt från provdrift i inkapslingsanläggning måste visa att kapslar med verifierbar kvalitet som uppfyller krav på långtidssäkerhet kan tillverkas. En annan fråga är hur mycket av förvarsdelarna för steg 1 som måste färdigställas innan ansökan om drift kan lämnas in.

Från FUD-program 95 framgår inte klart hur SKB avser att samordna ansökan om tillstånd till drift av steg 1 av djupförvaret och ansökan om tillstånd till aktiv provdrift av inkapslingsanläggningen. SKI anser att djupförvaret bör vara godkänt av myndigheterna, innan SKB påbörjar förslutning av kapslar med använt kärnbränsle. Enligt SKIs uppfattning bör därför prövningen enligt KTL av dessa ansökningar samordnas.

8.3.4 Övriga tillståndsansökningar

Ansökan som omfattar utbyggnad och drift av ett fullstort förvar (ej förslutning) innebär, enligt SKIs uppfattning, en förnyad regeringsprövning enligt KTL. Inför ansökan ska SKB göra en utvärdering av driften under steg 1 (5-10% av det använda bränslet).

Greenpeace framhåller att utvärderingen av driftfasen under steg 1, kommer att försvåras på grund av de störningar som orsakas av den successiva utbyggnaden av förvaret under denna period.

SKI förutsätter att utbyggnaden av det fullstora förvaret prövas i steg av myndigheterna: ytterligare detaljundersökningar, utbyggnad av förvarsdelar och idrifttagande. Exakta former för dessa prövningar är svåra att förutsäga i detta skede, eftersom SKB ännu inte redovisat detaljerade planer för utbyggnaden av det fullstora förvaret. SKI anser att i likhet med de principer som gäller för tillståndet för SFR bör frågan om förslutningen av djupförvaret prövas enligt KTL av regeringen i ett senare skede.

8.4 Sammanfattande bedömning

SKI bedömer att SKBs program för samlad säkerhetsrapportering av förvarssystemet har förutsättningar att ge det underlag som krävs för att kunna ta ställning till planerade

tillståndsansökningar, men att det finns strategiska frågor angående innehåll och beslutsprocess, och som SKI vill lyfta fram. I flera fall behöver dessa klargöras av regeringen. SKI vill också understryka att den detaljerade uppläggningsen av säkerhetsrapporterna behöver diskuteras med säkerhetsmyndigheter och med parterna i MKB-arbetet. SKI anser vidare att SKB, inför ansökan om inkapslingsanläggning och senare även inför prövning av djupförvar, bör ta fram en separat systemrapport som på ett överskådligt sätt sammanfattar de detaljerade säkerhetsrapporterna och deras inbördes kopplingar.

I följande sammanfattning beskrivs först de tekniska synpunkterna på frågor om metodik för säkerhetsanalys (avsnitt 8.4.1), och därefter frågor om beslutsunderlag och beslutsprocess (avsnitt 8.4.2).

8.4.1 SKIs bedömning av metodfrågor

SKI bedömer att SKBs utveckling av metoder för säkerhetsanalys håller hög klass. I förhållande till FUD-program 92 har väsentliga framsteg gjorts på ett flertal områden, bl.a. scenariometodik och uppläggning av säkerhetsredovisningar. SKI bedömer att SKBs mall för säkerhetsanalyser (SR 95) utgör ett bra och flexibelt ramverk för framtida säkerhetsredovisningar, men konstaterar att delar av den metodik som redovisas behöver vidareutvecklas och konkretiseras.

SKB har påbörjat arbetet med att klassificera och beskriva osäkerheter kopplade till den geovetenskapliga beskrivningen av en plats. SKI vill dock framhålla att SKB också behöver utveckla metoder för systematisk propagering och utvärdering av osäkerheter, samt utarbeta en plan för redovisning av valideringsfrågor i säkerhetsanalyser.

SKI anser att SKB har tillgång till relevanta modeller men vill betona att man bör ta fram en strategi för *tillämpningen* av dessa modeller, bl.a. vad gäller användning och utvärdering av alternativa konceptuella modeller, systematik i överföring av data mellan olika modeller och beräkningar, formulering av beräkningsfall och valideringsfrågor.

SKBs program för utveckling av kvalitetssäkring av säkerhetsanalyser, som bl.a. omfattar att ta fram en mall för säkerhetsredovisningar, bedöms som ändamålsenlig. SKI förutsätter att SKB presenterar en plan för kvalitetssäkring i god tid inför nästa fullständiga säkerhetsanalys.

SKB anger att syftet med SR 95 har varit att ta fram en mall för *presentation* av säkerhetsanalyser. SKI vill dock framhålla att den övergripande målsättningen med det arbete som SKB nu inlett också är att utveckla en strategi och metodik för *genomförande* av fullständiga säkerhetsanalyser. Enligt SKIs egna erfarenheter innebär steget från en teoretisk ansats till praktiskt tillämpning i en fullständig säkerhetsanalys ett tidskrävande utvecklingsarbete. SKI är medveten om att det är ett kontinuerligt arbete att utveckla metodik för säkerhetsanalys men vill framhålla att nästa fullständiga säkerhetsanalys, antingen den ingår i ansökan för inkapslingsanläggningen eller krävs genom andra villkor, kommer att vara en viktig avstämningsspunkt vad gäller att tillämpa och utvärdera de komponenter och metoder som ingår i en fullständig säkerhetsanalys.

8.4.2 SKIs förslag till riktlinjer för beslutsunderlag vid ansökningar

Tillståndsansökningar för inkapslingsanläggningen

Ansökan omfattande tillstånd för lokalisering och uppförande av inkapslingsanläggningen ska genomgå en samlad prövning enligt KTL, NRL och andra lagar. I enlighet med regeringsbeslutet angående kompletteringen till FUD-program 92 skall SKB också visa att systemlösningen är realistisk. Prövningen enligt NRL ställer krav på en allsidig miljökonsekvensbeskrivning (MKB). Tillstånd för lokalisering kräver regeringsbeslut.

Innan aktiv provdrift kan påbörjas ska en förnyad myndighetsgranskning och prövning ske enligt KTL. SKI anser att djupförvaret bör vara godkänt av myndigheterna, innan SKB påbörjar förslutning av kapslar med använt kärnbränsle. Enligt SKIs uppfattning bör därför prövningen av tillstånd om aktiv provdrift samordnas med prövningen enligt KTL av ansökan om tillstånd för drift av steg 1 av djupförvaret (d.v.s. för deponering av 5-10% av det använda bränslet). Regeringen bör klargöra om regeringsbeslut krävs eller om myndighetsmedgivande är tillräckligt.

Ansökan om tillstånd för fortsatt drift av inkapslingsanläggningen för ett fullstort förvar bör enligt SKIs uppfattning genomgå en förnyad myndighetsgranskning i samband med ansökan om utbyggnad och drift av ett fullstort djupförvar. SKI förutsätter att ansökan om tillstånd till utbyggnad och drift av ett fullstort förvar prövas av regeringen.

Redovisning i samband med ansökan om tillstånd för lokalisering och bygge av inkapslingsanläggning

SKI anser att tyngdpunkten i ansökan för inkapslingsanläggningen ska ligga på en samlad säkerhetsvärdering, systemredovisning, för att belysa kopplingar mellan olika delar av slutförvarssystemet tillsammans med beskrivningen av driften av inkapslingsanläggningen. SKI föreslår att följande krav på redovisning bör fastställas inför ansökan om lokalisering och bygge av inkapslingsanläggningen:

Säkerhetsredovisningen för inkapslingsanläggningen skall beskriva:

- anläggningen, processerna och kvalitetssäkringen
- säkerhets- och strålskyddsanalyser för drift av anläggningen inklusive hantering av defekta kapslar
- hantering av frågor om icke spridning av kärnvapen.

En egen rapport för kapseln ska finnas, som omfattar:

- en härledning av konstruktionsförutsättningar för kapseln (från säkerhets- och strålskyddskrav på kapseln i djupförvaret, samt från säkerhets- och strålskyddskrav vid hantering och drift)
- beskrivningar av teknik för serietillverkning av kapslar inklusive tillverkning, förslutning och kvalitetskontroll.

Redovisningen av säkerheten för djupförvaret skall:

- vara en fullständig säkerhetsanalys baserad på data från en riktig plats (referensplats), samt innehålla känslighetsanalyser för att täcka in variationer mellan platser
- inkludera driftskedet
- redovisa funktionskrav på kapseln
- ge underlag för preciseringar av platsvalsfaktorer
- ge underlag för krav på program för platsundersökningar
- visa på möjligheten att finna en plats som uppfyller säkerhetskraven.

Förutom att ge underlag till systemredovisningen i samband med ansökan om inkapslingsanläggningen anser SKI att en fullständig, platsspecifik säkerhetsanalys för djupförvaret är nödvändig inför förestående steg i lokaliseringen av djupförvaret, d.v.s. val av två platser och genomförande av ytbaserade platsundersökningar (se vidare under rubriken "SKIs förslag till krav på fullständig säkerhetsanalys"). Med SKBs nuvarande tidplan sammanfaller i stort sett ansökan om tillstånd för inkapslingsanläggningen med påbörjandet av platsundersökningar.

Transportsystemet skall redovisas.

Systemredovisningen skall innehålla:

- En samlad utvärdering av hela systemet. SKI anser att regeringens krav på systemredovisning medför att förvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall (SFL 3-5) behöver beskrivas översiktligt. Framförallt måste SKB visa att lokaliseringen av SFL 3-5 i anslutning till förvaret för använt bränsle inte påverkar funktionskraven på kapseln.
- En redovisning av alternativ, inklusive nollalternativ (förlängd mellanlagring) och detaljutformningar av det sökta alternativet, samt återtagning och torrlagring av deponerat bränsle.
- En beskrivning av kopplingar och avvägningar mellan olika systemlösningar, med fokus på kapselns funktion, samt motiveringar för valda alternativ.

SKIs förslag till krav på fullständig säkerhetsanalys

SKI bedömer att det är en rimlig ansats att säkerhetsanalysen för djupförvaret som ingår som en del i ansökan för inkapslingsanläggningen, är baserad på existerande data från SKBs undersökningsplatser (Äspö, Stripa och tidigare typområden). Med hänsyn till regeringens krav på systemprovning och förestående bindningar i samband med bygge av inkapslingsanläggning och val av två platser för ytbaserade platsundersökningar anser SKI, att SKB bör genomföra en fullständig säkerhetsanalys baserad på data från en verklig plats. Platsen bör väljas så att dess egenskaper ligger inom ramarna för vad som kan förväntas på en verklig förvarsplats.

SKI anser att SKB, med utgångspunkt från en sådan platspecifik säkerhetsanalys, ska:

- redovisa funktionskrav för kapseln (såväl för driftskedet som långsiktig säkerhet)
- precisera de generella platsvalsfaktorer som presenterats i kompletteringen till FUD-program 92, inför val av två platser för platsundersökningar

- härleda vilka parametrar som behöver mätas i en platsundersökning
- redovisa ett platsundersökningsprogram med relevanta metoder för att mäta dessa parametrar.

Utöver denna redovisning behöver SKB genomföra kompletterande känslighetsanalyser baserade på data från tidigare undersökningsområden samt Stripa och Äspö för att kunna belysa variationer mellan platser och dess betydelse för funktionskrav på kapsel och för möjligheten att finna en plats som uppfyller säkerhetskraven.

SKI ser sammanfattningsvis det som mycket angeläget att SKB nu demonstrerar sin metodik för genomförande av säkerhetsanalys. Dels är det 13 år sedan SKB senast genomförde en fullständig säkerhetsanalys, dels behöver SKB redovisa vad som behöver mätas på en plats och på vilket sätt detta kommer att göras. Dessutom är mycket av den metodik för säkerhetsanalyser som redovisas i FUD-program 95 under utveckling, t.ex. scenariometodik och metodik för osäkerhetshantering.

I regeringsbeslutet (i maj 1995) angående SKBs komplettering av FUD-program 92 kopplades kravet om systemprövning till ansökan om inkapslingsanläggningen, vilken enligt SKBs tidsplan kommer att inlämnas under 1997/1998. SKI anser dock att en förnyad säkerhetsanalys för djupförvaret också behövs inför lokalisering av två platser för platsundersökningar och genomförande av ytbaserade platsundersökningar, eftersom säkerhetsanalysen ger underlag för preciseringar av platsvals faktorer och ställer krav på program för platsundersökningar. Med hänsyn till osäkerheterna i SKBs tidsplan finns en risk att ansökan om tillstånd för inkapslingsanläggningen kommer att inges först efter det att platsundersökningarna påbörjats. SKI föreslår därför att regeringen fastställer kravet på en förnyad säkerhetsanalys som ett villkor för att få påbörja platsundersökningar alternativt som ett redovisningskrav i samband med FUD-program 98.

Oskarshamns kommun har framfört att man inte är beredd att ta ställning till en ansökan om tillstånd för inkapslingsanläggningen innan en ansökan om detaljundersökning av en plats för djupförvaret föreligger, för att på så sätt få en tydlig indikation på att djupförvaret verkligen skulle kunna lokaliseras och kapslar från inkapslingsanläggningen därmed skulle kunna deponeras. Regeringen bör klargöra om SKBs ansats med en säkerhetsanalys byggd på data från en referensplats är rimlig, eller om det skall krävas data från den prioriterade platsen (för djupförvaret) som underlag vid ansökan om tillstånd för inkapslingsanläggningen.

Ansökan om tillstånd för djupförvar och stegvis beslutsprocess

Enligt SKI skall en samlad prövning göras enligt NRL, KTL och andra lagar. Prövning enligt NRL skall omfatta lokalisering av djupförvaret (val av en plats från två undersökningsplatser) och omfattar därför hela förvarssystemet (fullstort förvar).

SKBs ansökan enligt KTL bör omfatta tillstånd att genomföra detaljundersökningar (från schakt och undersökningstunnlar), samt utbyggnad och drift av steg 1 för 5-10% av det använda bränslet. SKI förutser en stegvis beslutsprocess med regerings- och myndighetsprövningar inför de olika stegen av utbyggnad och drifttagande av steg 1.

** Förslag till villkor för tillstånd till detaljundersökningar*

Det första steget i beslutsprocessen för djupförvaret omfattar tillstånd för att genomföra detaljundersökningar på en plats. Ansökan ska prövas enligt KTL, NRL och andra lagar. Beslut tas av regeringen. Tillståndet enligt KTL innebär att SKB får bygga de schakt och undersökningstunnlar som krävs för detaljundersökningen av den bergvolym som skall inhysa steg 1 av förvaret. Det är enligt SKIs uppfattning rimligt att det kommunala vetot gäller oinskränkt vid denna prövning.

** Förslag till villkor för tillstånd att bygga ut förvarsdelar för steg 1*

SKI anser att en ny prövning enligt KTL bör ske inför utbyggnad av förvarsdelar för steg 1. En uppdaterad säkerhetsanalys baserad på detaljundersökningsdata skall upprättas. Ett klagörande behövs om regeringsbeslut krävs eller om ett myndighetsbeslut är tillräckligt.

** Förslag till villkor för tillstånd till drifttagande av steg 1*

Inför idrifttagande av steg 1 bör en ytterligare prövning enligt KTL ske, anser SKI. Denna prövning bör vara samordnad med prövningen av tillstånd om aktiv provdrift av inkapslingsanläggningen. SKB måste t.ex. visa att kapslar med verifierbar kvalitet som uppfyller kraven på långtidssäkerhet kan tillverkas. Ett klagörande behövs om regeringsbeslut krävs eller om ett myndighetsbeslut är tillräckligt.

** Ansökan om bygge och drift av fullstort förvar*

Nästa ansökan omfattar tillstånd för utbyggnad och drift av ett fullstort förvar (men inte förslutningen) och innebär, enligt SKIs uppfattning, en förnyad regeringsprövning enligt KTL. Inför denna ansökan ska SKB göra en utvärdering av driften under steg 1 (5-10% av det använda bränslet). SKI förutsätter att utbyggnaden av det fullstora förvaret prövas i steg av myndigheterna; ytterligare detaljundersökningar, utbyggnad av förvarsdelar och drifttagande. Exakta former för dessa prövningar är svåra att förutsäga i detta skede, eftersom SKB ännu inte redovisat detaljerade planer för utbyggnaden av det fullstora förvaret.

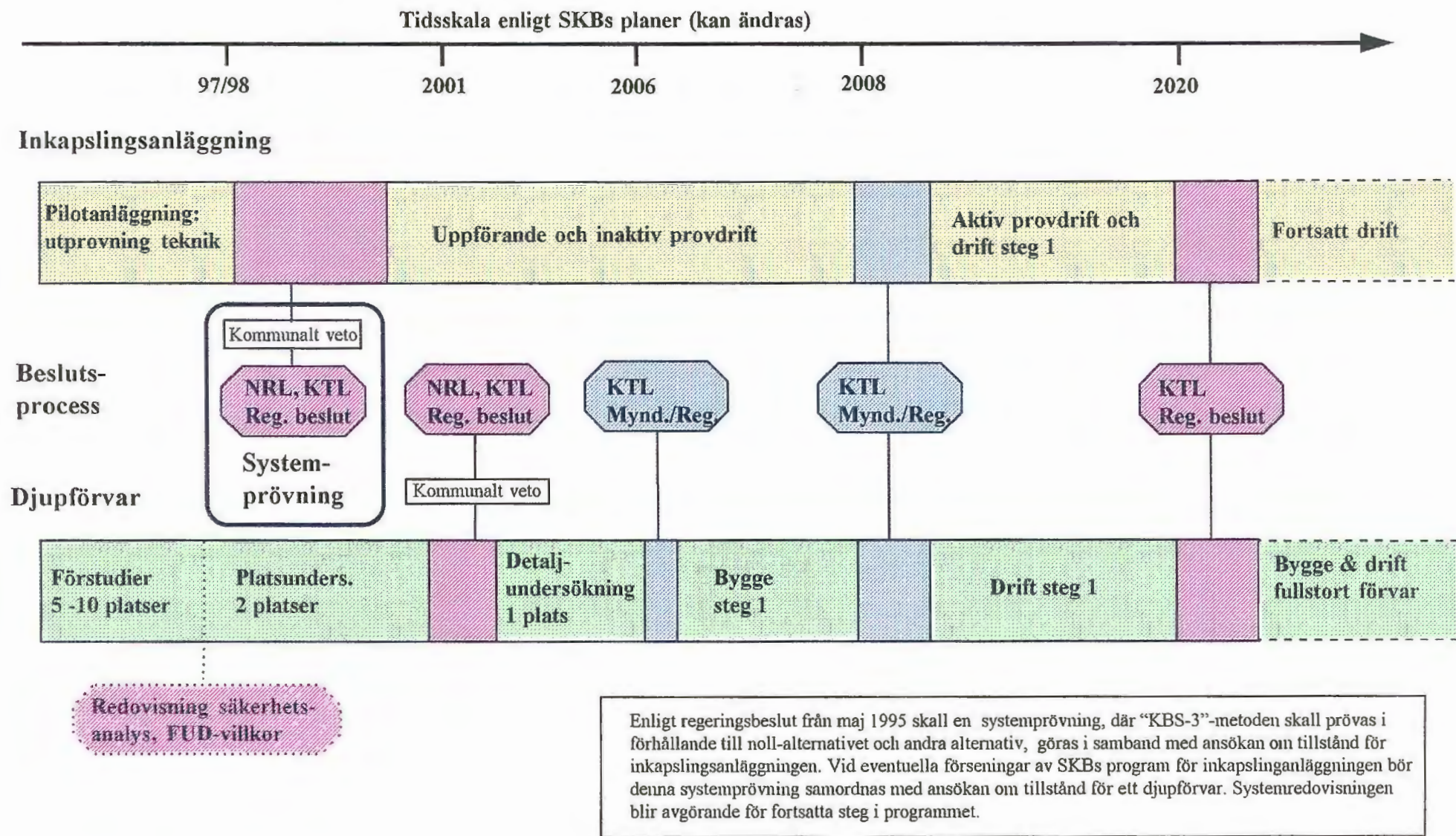
I likhet med de principer som gäller för tillståndet för SFR bör frågan om förslutningen av förvaret prövas i ett senare skede av regeringen enligt KTL.

Redovisning i samband med ansökan om detaljundersökningar

Ansökan enligt NRL om att få lokalisera ett djupförvar ställer krav på en samlad redovisning av hela förvarssystemet. Kravet på alternativredovisning i NRL medför, enligt SKI, att SKB måste göra likvärdiga geovetenskapliga platsundersökningar på två platser. Platsundersökningarna ska vara tillräckligt omfattande för att ge underlag för utvärdering av säkerheten för ett fullstort förvar. Vidare krävs en fullständig säkerhetsanalys för båda platserna för att man skall kunna motivera val av en plats för detaljundersökningar från schakt och undersökningstunnlar. Det är dock fullt möjligt att vissa delar av säkerhetsredovisningen är gemensam för de båda analyserna. Det viktiga är att de två analyserna skall vara likvärdiga.

Krav på redovisningen för KTL-prövning vid ansökan om detaljundersökningar omfattar en detaljerad säkerhets- och strålskyddsutvärdering för utbyggnad och drift av djupförvarets första steg.

Den samlade bedömningen av djupförvarsanläggningen bör redovisas i en separat systemrapport som belyser säkerhets- och strålskyddsfrågor för de olika delarna i förvarssystemet. Systemrapporten ska bygga på detaljerade säkerhetsredovisningar för inkapslingsanläggningen, jämförelse mellan platserna, djupförvarets långsiktiga säkerhet, transportsystem, förvar för långlivat medelaktivt avfall, strålskyddsfrågor, alternativ, säkerhet under drift, icke spridning av kärnvapen etc.



Figur 1. Schematisk illustration av beslutsprocessen vid prövning av inkapslingsanläggning och djupförvar. NRL = naturresurslagen, KTL = kärntekniklagen.

9 RIVNING AV KÄRNTEKNISKA ANLÄGGNINGAR

9.1 Allmänt

SKB hänvisar bl.a. till att den erfarenhet av rivning av kärntekniska anläggningar som finns i Sverige och internationellt är begränsad. Genomförda rivningar visar dock enligt SKBs uppfattning att metoderna finns tillgängliga redan idag. OECD/NEA har i en studie konstaterat att vidareutveckling av metoderna är ett nästa steg. Det största hindret för rivning tycks vara att slutförvar ännu inte finns tillgängliga i länder som har anläggningar som skulle kunna rivas. SKB har god insyn i vad som sker internationellt.

SKB planerar nedläggning och rivning av de kärntekniska anläggningarna i flera steg

- I steg 1 avlägsnas bränsle och vätskeformigt avfall från anläggningen. Övervakning sker.
- I steg 2 koncentreras huvuddelen av de komponenter som innehåller radioaktiva ämnen till en begränsad volym som övervakas.
- I steg 3 avlägsnas det radioaktiva avfallet och platsen återställs.

Tillvägagångssättet har beskrivit i SKB-rapporten "Teknik och kostnader för rivning av svenska kärnkraftverk". SKI har låtit NAC International, ett internationellt konsultföretag, granska SKBs studie. I sin granskning gjorde NAC jämförelser med andra rivningsstudier. Viss skillnader i kostnadsuppskattningar, framför allt avseende lönekostnader, kunde konstateras. SKI fortsätter att följa SKBs verksamhet inom området.

SKB planerar fortsatta studier av rivningsfrågor och följer även vad som händer internationellt. Framför allt har en pågående studie inom OECD/NEA givit värdefulla erfarenheter. Enligt SKBs uppfattning har dock inte något område identifierats där direkt grundläggande insatser behövs. Även inom EUs forskningsprogram bedrivs vissa projekt av intresse för rivningsfrågorna. Inom IAEA pågår arbete med att sammanställa kunskapsläge och ta fram råd och rekommendationer om rivning.

SKB avser att fortsätta sina insatser inom rivningsområdet. Den första rivningen kommer att ske först efter år 2010. Några år före denna tidpunkt avser SKB att närmare planera arbete i projektform. SKB har identifierat vissa frågor där insatser behöver göras, bl.a. frågan om möjligheten att ta hand om en hel reaktortank, teknik för sönderdelning av interna delar etc. Inför rivningen av kärnkraftverken skall slutförvaret för rivningsavfall vara klart. Arbetet med att bygga detta slutförvar kommer att påbörjas en bit in på 2000-talet.

9.2 Remissinstansernas synpunkter

Endast SSI ger synpunkter på nedläggning. SSI menar att SKBs redovisning av nedlägningsfrågorna är otillräcklig och att SKB bör lägga fram en kompletterande rapport där hela nedlägningsproblematiken diskuteras.

9.3 SKIs bedömning

I huvudsak instämmer SKI med vad SKB framför. Inga grundläggande utvecklingsinsatser behövs men ett antal frågor behöver utredas. SKI stöder SSIs förslag att SKB bör komplettera sin redovisning så att en mer fullständig redovisning sker i vilken olika aspekter på nedläggningsfrågorna diskuteras.

SKI, och SSI, förbereder utgivandet av föreskrifter för frågor om rivning. I dessa föreskrifter kommer bl.a. frågor om avfallskategorisering, mätningar och dokumentation av rivningsavfallet att tas upp.

10 PROGRAMMETS GENOMFÖRANDE, TIDPLAN OCH KOSTNADER

10.1 Allmänt

SKB framhåller att man har organiserat sig för att kunna genomföra programmet. Behov finns av externa insatser och av internationellt samarbete. SKB anger att osäkerheterna i genomförandet i första hand avser platsvalsprocessen och är av politisk och samhällelig karaktär. En annan aspekt är att vissa resultat från FoU måste vara klara i samband med platsundersökningar och när anläggningar projekteras.

Framför allt kommer lokaliseringsprocessen för djupförvaret att kräva tid. Frågan är kontroversiell och stora risker för förseningar finns. Platsundersökningarna planeras, enligt FUD-program 95, att starta vid årsskiftet 1996/97. SKB framhåller dock att om förstudierna försenas kan en försening av platsundersökningarna komma att ske. Även myndighetsprövningen kommer att ta tid. Detaljstudierna måste prövas enligt både naturresurslagen och kärntekniklagen.

SKI håller med om att tidplanen är mycket känslig för olika frågor, inte minst de samhällliga och politiska. Även svårigheter i tekniska frågor om tillverkningsteknik för kapslar m.m. kan innebära förseningar. Kopplingen mellan inkapslingsanläggning och djupförvar (systemredovisning) kan också den ge upphov till förseningar i programmet.

SKB framhåller att när regering och kommun givit sitt godkännande till lokaliseringen av djupförvaret så kommer tidplanen att i första hand att styras av tekniska faktorer.

De av SKB angivna kostnaderna för programmet överensstämmer med vad SKB redovisat i de s.k. PLAN-rapporterna, som är underlag för fastställande av avgifter till kärnbränslefonden. De kostnadsavvikelser som redovisats kan förklaras av ändringar i arbets- och tidplaner.

Med regeringsbeslut den 18 maj 1995 och genom den ändring av finansieringslagen som skedde från och med årsskiftet 1995/96 har s.k. förstudiekommuner fått möjlighet att erhålla medel ur kärnavfallsfonden. Ersättningen skall avse "de kostnader som reaktorinnehavarna, staten och kommunerna har för information till allmänheten i frågor som rör hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall". Kompletteringen av lagen har också föranlett SKI och SSI att i en gemensam framställan till regeringen ansöka om medel ur fonden för ett informationsprojekt under tre år i syfte att stödja förstudiekommunerna. Även länsstyrelserna i de län där förstudier bedrivs har förklarat att man avser att söka medel ur fonderna. SKI anser att detta är rimligt med tanke på länsstyrelsens roll som regional samordnare av MKB-processen.

10.2 SKIs bedömning

SKI ser stora svårigheter att hålla den tidplan som SKB har satt upp. Många olika frågor av

teknisk, samhällelig och politisk natur kan komma att medföra förseningar i tidplanen. SKI har den uppfattningen att tidplanen inte får bli styrande i frågor om slutförvarsprogrammet. Det är viktigt att processen för stegvis utveckling och beslut om slutförvarssystemet baseras på kunskap och kvalitet, inte primärt på att tidplaner skall hållas. Detta innebär att förseningar i programmets genomförande under vissa omständigheter inte bara måste accepteras utan kan komma att behövas för att nå det uppsatta målet, en säker slutförvaring som accepteras av berörda parter.

Från kostnadssynpunkt förefaller SKBs program vara i överensstämmelse med de redovisningar som SKB ingivit som underlag för beslut om avgifter till kärnavfallsfonden.

REFERENSER

Benjamin, L.A., Hardie, D., and Parkins, R.N., Stress corrosion resistance of pure coppers in ground waters and sodium nitrite solutions, *British Corrosion Journal*, Vol. 23, p. 89, 1988.

Birgersson, L., Boghammar, A., Grundfelt, B., Lindbom, B., Lundström, P., and Widén, H., SR 95 - Hydrogeological modeling of Äspö. Comparison of pre-investigation phase data and construction phase data, SKB Arbetsrapport AR 95-33, 1995.

Bowyer, B., and Hermansson, H-P., Comments on "SKB FUD-program 95" focused on canister integrity and corrosion, SKI Report 96:42, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1996.

Börgesson, L., Test plan for backfill and plug test in Zedex drift, Release 1.1., SKB PR 25-95-16, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1995.

Eliasson, T. och Lundqvist, T., Storumans kommun i ett regionalgeologiskt sammanhang, SKB Djupförvar PR 44-94-003, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1994.

Eriksson, J., Provtillverkning av kopparkapslar för slutförvaring av använt kärnbränsle, SKB INKAPSLING PR 95-12, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1995.

Geier, J.E., Tirén, S., Dverstorp, B., and Glynn, P., Site-specific base data for the performance assessment (SITE-94), SKI Report 96:10, Swedish Nuclear Power Inspectorate, Stockholm, 1996.

Hedin, A., Osäkerheter i säkerhetsanalysen - metodikbeskrivning, SKB Arbetsrapport AR 95-29, November 1995.

Jansson, L., Beträffande idéstudie av utrustning för deponering av två kapslar i samma vertikala deponeringshål, SKB Arbetsrapport AR 93-01, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1993.

Kjørholt, H. and Nilsen, B., Grouting and rock reinforcement, Norwegian experience and practice (comments to SKB PR 25-92-19), STF36 F94020, SINTEF Rock and Mineral Engineering, Trondheim, Norway, 1994.

Mazurek, M., Bossart, P., and Eliasson, T., Classification and characterization of waterconducting features at Äspö, Results of phase I investigations, SKB PR 25-95-03, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1995.

Olsson, O., Äspö Task Force on Modelling of Groundwater Flow and transport of Solutes: Issue Evaluation table, SKB International Cooperation Report ICR 95-06, December 1995.

Palmqvist, K., Examination and validation of the content of SKB Progress Reports 25-92-19 and 25-94-13, SKI Report 96:43, Statens Kärnkraftinspektion, Stockholm, 1996.

Pettersson, S., Svemar, C., samt Vattenfall Energisystem AB, Lange Art AB, Anläggningsbeskrivning. Nedfart endast via schakt, SKB Djupförvar Arbetsrapport AR 44-93-003, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1993.

Pettersson, S., Svemar, C., samt Vattenfall Energisystem AB, Lange Art AB, Anläggningsbeskrivning. Nedfart endast via spiralramp och serviceschakt, SKB Djupförvar Arbetsrapport AR 44-93-004, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1993.

Pettersson, S., Svemar, C., samt Vattenfall Energisystem AB, Lange Art AB, Anläggningsbeskrivning. Nedfart endast via rak ramp, SKB Djupförvar Arbetsrapport AR 44-93-005, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1993.

Pusch, R., Executive summary and general conclusions of the rock sealing project, Stripa Technical Report TR 92-27, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1992.

Rosén, L., and Gustafson, G., Suitable nearfield design, Stage 1. Application of a Markov-Bayes geostatistical model, SKB PR 25-94-33, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1994.

Rosén, L., och Gustafson, G., Suitable nearfield design, Stage 2. PPI predictions with respect to lithology, hydraulic conductivity and rock designation index along the TBM-tunnel, SKB PR 25-95-19, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1994.

SKB 91, Slutlig förvarig av använt kärnbränsle. Berggrundens betydelse för säkerheten, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1992.

SKB Technical Report, Feasibility study for siting of a deep repository within the Storuman municipality, SKB TR 95-08, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1995.

SKB Technical Report, SKB Annual Report. Including summaries of Technical Reports issued during 1994, SKB TR 94-33, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1995.

SKB Technical Report: Äspö Hard Rock Laboratory, Annual Report 1994, SKB TR 95-07, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1995.

Kärnkraftinspektion, Stockholm, 1993.

SKI, SKIs utvärdering av SKBs FUD-program 92 Gransknings-PM, SKI TR 93:14, Statens Kärnkraftinspektion, Stockholm, 1993.

SKI, SKIs yttrande över SKBs kompletterande redovisning till FUD-program 92 Gransknings-PM, SKI TR 95:1, Statens Kärnkraftinspektion, Stockholm, 1995.

SKIs utvärdering av FUD-program 92, Sammanfattning och slutsatser, SKI TR 93:14, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1993.

Stille, H., Jansson, T. and Olsson, P., Experience from the grouting of the section 1340-2565 m of the tunnel, SKB PR 25-94-13, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1994.

Stille, H., Gustafson, G., Håkansson, U., and Olsson, P., Passage of waterbearing fracture zones, Experiences from the grouting of the section 1-1400 m of the tunnel, SKB PR 25-92-19, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1993.

Stille, H., Gustafson, G., Håkansson, U. and Olsson, P., Passage of waterbearing fracture zones. Experiences from the grouting of the section 1-1400 m of the tunnel, SKB Äspö HRL PR 25-92-19, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1993.

Stille, H., Jansson, T. and Olsson, P., Experience from the grouting of the section 1340-2565 m of the tunnel, SKB Äspö HRL PR 25-94-13, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1994.

Voss, C., and Andersson, J., Some aspects of regional flow of variable-density groundwater in crystalline basement rock of Sweden, SKI TR 91:9, Statens Kärnkraftinspektion, Stockholm, 1991.

Wikberg, P., och Gustafsson, E., Groundwater chemistry and transport of solutes, Evaluation of the data from the tunnel section 700-1475 m, SKB PR 25-93-07, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1993.

FÖRKORTNINGAR

SKI	-	Statens kärnkraftinspektion
SKN	-	Statens kärnbränslenämnd
SSI	-	Statens strålskyddsinstitut
KASAM	-	Statens Råd för Kärnavfallsfrågor
SKB	-	Svensk Kärnbränslehantering AB
TVO	-	Teollisuuden Voima Oy
MKB	-	Miljökonsekvensbeskrivning
KTL	-	Kärntekniklagen
NRL	-	Naturresurslagen
SSL	-	Strålskyddslagen

REMISSINSTANSER

ABB Atom AB
Arbetskyddsstyrelsen
Avfallskedjan
Boverket
Chalmers tekniska högskola (CTH)
Folksampanjen mot kärnkraft-kärnvapen
Forskningsrådsnämnden (FRN)
Föreningen Rädda Fjällveden
Greenpeace
Göteborgs universitet (GU)
Kemikalieinspektionen
Kungliga tekniska högskolan (KTH)
Kungliga vetenskapsakademien (KVA)
Lokala säkerhetsnämnden vid Forsmarks kärnkraftverk (LSNF)
Lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk (LSNO)
Lokala säkerhetsnämnden vid Studsviks kärntekniska anläggningar (LSNS)
Lunds universitet (LU)
Länstyrelsen i Hallands län
Länstyrelsen i Södermanlands län
Länstyrelsen i Uppsala län
Länstyrelsen i Västerbottens län
Malå kommun
Naturvetenskapliga forskningsrådet (NFR)
NUTEK
Oskarshamns kommun
Riksantikvarieämbetet
Statens strålskyddsinstitut (SSI)
Stockholm universitet (SU)
Svenska kommunförbundet
Svenska Naturskyddsföreningen
Sveriges geologiska undersökning (SGU)
Sveriges lantbruksuniversitet (SLU)
Tekniska högskolan i Linköping
Uppsala universitet (UU)
Östhammars kommun

Dessutom har inkommit ett yttrande från Otto Brotzen

SKIs KONSULTER

Kjell Andersson, Karinta-Konsult

SKI Rapport 96:41

SKIs utvärdering av SKBs FUD-program 95, Sammanställning av remissvar

William Bowyer, Meadow End Farm, Surrey, England

Hans-Peter Hermansson, Studsvik Material AB, Nyköping

SKI Report 96:42

Comments on "SKB FUD-Program 95" focused on canister integrity and corrosion

Kai Palmqvist, Bergggeologiska Undersökningar AB, Göteborg

SKI Report 96:43

Examination and validation of the content of SKB Progress Reports 25-92-19 and 25-94-13

Elin Roaldset, NTH, Norge

Göran Sällfors, CTH, Sverige

Randy Arthur, QuantiSci, Denver, USA

SKI Rapport 96:44

Förstudie beträffande bentonitens roll i ett slutförvar för radioaktivt avfall



STATENS KAPITALFÖRSÄKTION
Swedish Capital Inspection

Postadress/Postal address

SKI
S-106 58 STOCKHOLM

Telefon/Telephone

Nat 08-698 84 00
Int +46 8 698 84 00

Telefax

Nat 08-661 90 86
Int +46 8 661 90 86

Telex

11961 SWEATOM S